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

ZBORNIK RADOVA

VIII SIMPOZIJUMA JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

HERCEG NOVI
20—23 maj 1975.

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

ZBORNIK RADOVA

VIII SIMPOZIJUMA JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

HERCEG NOVI
20-23 MAJ 1975.

POČASNI PREDSEDNIK:

Prim.dr Branko Poček
Sekretar Republičkog sekretarijata za zdravlje i socijalnu politiku SR Crne Gore

ORGANIZACIONI ODBOR:

Dr sci Dušan Panov, predsednik odbora
Dr sci Petar Marković,
Dipl. fiz. Miodrag Šmelcerović,
Dr Dragan Stojanović,
Dr sci Radoslav Radovanović,
Dr Jovan Djurović,
Dipl. inž. Srdjan Mitrović,
Dipl. fiz. Zoran Kalendarov,
Dipl. fiz. Bora Simić,
Dipl. inž. Velimir Popović,
Prof. Marjan Sterle,
Dipl. inž. Verdan Terček,
Prim.dr Miodrag Jeremić

SEKRETARIJAT:

Dr sci Radoslav Radovanović
Prim. dr Miodrag Jeremić
Dr sci Petar Marković

TEHNIČKA ORGANIZACIJA: Institut za medicini rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović",Beograd i Medicinski zavod Titograd

SADRŽAJ

DOZIMETRIJA I RADIJACIONI RIZIK

Strana

1. RADIJACIONI RIZIK
Marković P. 1

2. EKVIVALENTNA REZIDUALNA DOZA U POLJU LOKALNIH RADIOAKTIVNIH PADAVINA
Vojvodić V. i Bonevski R. 9

3. LIČNA NEUTRONSKA I GAMA DOZIMETRIJA U VANREDNIM USLOVIMA
Živadinović M. i Dvornik I. 17

4. MERENJE ABSORBOVANE DOZE ZA POTREBE ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Mirić P. i Mirić I. 25

5. LIČNI KEMIJSKI DOZIMETAR NEUTRONA I GAMA ZRAČENJA ZA VANREDNE USLOVE
Dvornik I., Zec U., Živadinović M. i Mišević S. 31

6. SPEKTAR I DOZA NEUTRONA REGISTROVANIH LIČNIM DOZIMETRIJSKIM SREDSTVOM I DOZIMETROM POLJA
Mirić I., Ubović Ž., Mirić P. 37

7. REZULTATI ISPITIVANJA AKCIDENTALNIH DOZIMETARA "STEPHEN"
Ćirić V. 47

8. IZBOLJŠAVE NA MERILNIKU ZA ODČITAVANJE TERMOLUMINISCENTNIH DOZIMETROV
Dometrij U. 53

Strana

9. MEDJUNARODNA INTERKOMPARACIJA NEUTRONSKIH DOZA U ORGANIZACIJI IAEA
Srdoč D. 59

10. PROBLEMI UVODJENJA SI JEDINICA RA RADIJACIONA MERENJA
Muždeka S.; Mirić P.; Šmelcerović M. 69

11. GENETSKI ZNAČAJNA DOZA STANOVNIKA BEOGRADA USLED PRIMENE X ZRAČENJA U MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI
Križanović D. 73

12. NEKI PROBLEMI U KONTROLI JONIZUJUĆIH ZRAČENJA
Milićević S.; Nikolić O. 79

13. DISTRIBUCIJA MJESEČNIH DOZA PO OSOBI OD 1962. do 1974.
Cesar D. i Branko F. 85

14. DOZE ZRAČENJA U OČNOJ REGIJI PRI STOMATOLOŠKOJ RENTGEN DIJAGNOSTICI
Ignjatović S. 95

15. GENETSKI ZNAČAJNA DOZA ZA STANOVNIŠTVO BEOGRADA USLED PRIMENE X ZRAČENJA U STOMATOLOŠKOJ PRAKSI
Tomašević M. 103

16. KRETANJE STOPE RENDGENSKIH SNIMANJA U STOMATOLOŠKOJ PRAKSI
Popović P. 107

17. IZRADA UZORAKA OD BARITNOG BETONA I REZULTATI ISPITIVANJA NJEGOVOG KVALITETA
Ristić Dj. i Vuković S. 117

18. TEORISKO I EKSPERIMENTALNO ODREDJIVANJE KOEFICIJENTA SLABLJENJA ZA BARITNI BETON
Ristić Dj.; Ninković M. 125

Strana

19. AKTIVACIJA TELESNOG SADRŽAJA NATRIJUMA U ZAVISNOSTI OD DIMENZIJE OZRAČENOG FANTOMA
Ubović Ž.; Mirić I. i Trajković M. 137

RADIOPATOLOGIJA I RADIOTOKSIKOLOGIJA

1. RADIOOŠTEĆENJA NEKIH VITALNIH ORGANA IZA RADIOTERAPIJE
Voskresensky I.; Kubović M. 145

2. ISPITIVANJE POJAVE BINUKLEARNIH LIMFOCITA KOD RADNIKA EKSPONOVANIH RADONU I PRODUKTIMA NJEGOVOG RASPADA
Panov D.; Jeremić M.; Kilibarda M. i Hajduković D. 149

3. RIZIK IZLAGANJA,NAROČITO NEPOŽELJNE POSLJEDICE NAKON MEDICINSKE PRIMJENE ZRAČENJA
Petrovčić F. 155

4. PERZISTENCIJA HROMOZOMSKIH ABERACIJA U PACIJENATA SA HIPERTIREOZOM LEČENIH RADIOAKTIVNIM JODOM
Pendić B. i Barjaktarević N. 173

5. UPOREDNA ISPITIVANJA HROMOZOMSKIH ABERACIJA IZAZVANIH GAMA ZRACIMA KOD SVINJA I ČOVJEKA
Gačević M. 181

6. DEJSTVO PRAŠINE RUDE URANA,RADONA I PRODUKATA RASPADA NA PLUĆA PACOVA
Višnjić V.; Panov D. i Novak Lj. 191

7. STUDIJ FAKTORA KOJI UTJEČU NA VISOKU APSORPCIJU OLOVA U ŠTAKORA NA MLIJEČNOJ DIJETI
Kello D. i Kostijal K. 199

Strana

13. MERJENJE KONCENTRACIJE RADONA IN RADIJA V REKAH NA PODROČJU SR SLOVENIJE
Kobal I., Vončina E., Škofljanec M. i Kristan J. 339

14. DISTRIBUCIJA ^{226}Ra, ^{210}Pb i ^{90}Sr U CRNOM BORU SA ZLATIBORA
Džambasević M., Radovanović R. 347

15. PROBLEM RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJALA I RAZVOJ NUKLEARNE ENERGETIKE U SFRJ
Vuković Ž., Matijašić A., Zarić M. 355

16. PRIMENA SPEKTRALNE ANALIZE NA METEOROLOŠKE USLOVE KOJI DEFINIŠU STEPEN ZAGADJENJA ATMOSFERE
Smiljanić R., Patić D. 359

17. IZDVAJANJE ^{137}Cs NA AMONIJUM FOSFORMOLIBDATU U UZORCIMA IZ ŽIVOTNE SREDINE
Brnović R., Radovanović R. 367

18. OLOVO-210 U ATMOSFERSKOM VAZDUHU I PADAVINAMA
Mijatović Lj. 369

19. DOPRINOS RAZVOJU MODELA ZA OCENU RADIJACIONIH EFEKATA NUKLEARNO-ENERGETSKIH POSTROJENJA NA STANOVNIŠTVO
Ninković M. 375

2o. METEOROLOŠKA MERENJA PRI NUKLEARNIM POSTROJENJIMA
Stojanović D. 385

RADIOMETRIJA

1. MJERENJE TRICIJA I ^{14}C POMOĆU PROPORCIONALNOG BROJAČA S VIŠESTRUKIM KOINCIDENCIJAMA
Srdoč D. 391

Strana

2. ODREDJIVANJE RADIOAKTIVNOSTI U BIOLOŠKOM MATERIJALU POMOĆU TEKUĆEG SCINTILATORA
Blanuša M. 399

3. MERENJE NISKIH SPECIFIČNIH BETA AKTIVNOSTI RADIOMETRIJSKOM LABORATORIJOM TIPA LARA - 10
Šmelcerović M., Muždeka S., Ilić R. 401

4. NASA ISKUSTVA U RADU SA RADIOLOŠKOM LABORATORIJOM LARA-10 U TERENSKIM USLOVIMA
Pejušković B., Bojović T., Mihajlović R., Nikolić O. i Milovanović M. 409

5. PREPOZNAVANJE I ODREDJIVANJE SPECIFIČNE AKTIVNOSTI BETA AKTIVNIH IZOTOPA MERENJEM NA DEBELOM UZORKU
Bojović T., Šmelcerović M., Muždeka S., Pejušković B. i Vučić S. 415

DEKONTAMINACIJA

1. PROBLEMI ODREDJIVANJA EFIKASNOSTI APSOLUTNIH AEROSOLNIH FILTERA IN SITU
Vidmar M. 423

2. EKSPERIMENTALNA ISKUSTVA VEZANA ZA ODREDJIVANJE EFIKASNOSTI VISOKOEFIKASNIH FILTERA
Jovanović-Kovačević O., Vidmar M.,Tubić M,Patić D., Radosavljević B. i Smiljanić R. 427

3. ISTRAŽIVANJE SISTEMA ZA FIKSACIJU RADIOIZOTOPA
Despotović R., 431

4. SORPCIJA ^{60}Co NA KOLUBARSKOM LIGNITU
Knežević Lj. 451

Strana

5. UTICAJ PRISUSTVA AKTIVNOG HLORA I ALUMINIJUM SULFATA NA EFIKASNOST DEKONTAMINACIJE VODE KONTAMINIRANE RADIOAKTIVNIM JODOM
Janićijević P. 455

6. DINAMIKA SORPCIJE JODA NA AKTIVNOM UGLJU
VUković Ž., Mandić M., Janković O., Knežević Lj. 465

7. DEKONTAMINACIJA EFLUENTA KOJI SADRŽI ^{89}Sr TALOŽENJEM U KLARIFLOKULATORU
Knežević Lj. Švabić A., Plećaš I.i Jeremić M. 471

8. SEPARACIJA IN KONCENTRACIJA PLUTONIJA S SOLVENTNO EKSTRAKCIJO
Južnič K. i Fedina Š. 477

9. UTICAJ EFIKASNOSTI VENTILACIJE NA KONCENTRACIJE RADONA I NJEGOVIH POTOMAKA U RUDNICIMA
Hajduković D. 483

10. EFEKTI PRANJA POVRĆA I TRAVE U CILJU DEKONTAMINACIJE BILJAKA U ODNOSU NA Sr 90
Brnović R. 491

11. DEKONTAMINACIJA PODA OD SINTETIKE SA VISOKOEKSPANZIVNOM PENOM
Petrović D. 497

12. DEKONTAMINACIJA VAZDUHA POMOĆU VISOKO-EKSPANZIVNE PENE
Petrović D. 503

13. UTICAJ TEMPERATURE NA KONTAMINACIJU ALUMINIJUMA, NERDJAJUĆEG ČELIKA I SPREGA ALUMINIJUM-NERDJAJUĆI ČELIK
Zarić A., Matijašić A., Radosavljević R., Tasovac T. 511

Strana

14. UTICAJ ADITIVA NA POJAVE KONTAMINACIJE METALNIH POVRŠINA
Zarić M., Matijašić A., Tasovac T., Radosavljević R. 521

15. STANJE I KOLIČINE ČVRSTIH RADIOAKTIVNIH OTPADAKA NA PRIVREMENOM SKLADIŠTU U INSTITUTU "BORIS KIDRIČ"
Matijašić A., Zarić M. 527

16. FIZIČKO-HEMIJSKE METODE UKLANJANJA VOLATILNIH I GASOVITIH RADIOAKTIVNIH ZAGADJIVAČA NUKLEARNE INDUSTRIJE**
Vukmirović Z. 531

17. DEKONTAMINACIJA KOŽE OŠTEĆENE HEMIJSKIM AGENSIMA I KONTAMINIRANE RADIOCEZIJUMOM
Milivojević K. i Stojanović D. 533

INSTRUMENTACIJA- OPREMA

1. PROBLEMI VEZANI ZA KORIŠĆENJE OPREME I OBUKU KADROVA U VEZI SA PRIMENOM ZAKONA IZ OBLASTI ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Muždeka S., Ilić R. 541

2. PRILAZ PROBLEMU ODRŽAVANJA ELEKTRONSKE OPREME U RADIOMETRIJSKOJ LABORATORIJI
Muždeka S., Danilović D. 549

3. UREDJAJ ZA MERENJE RADIOAKTIVNIH AEROSOLA ACA - 5
Damljanović D. 555

4. VELIKA INTEGRISANA KOLA U INSTRUMENTACIJI ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Koturović M.A., Damljanović D., Kosić P. 563

Strana

5. MERNI AKVIZICIONI KOMPLET SA 8 KOMBINOVANIH KANALA MAK - 8C
Stamenković B., Koturović A., Damljanović D. i Kosić P. 573

6. MERENJE JEDNOSMERNIH STRUJA SA SIMULTANO LINEARNOM I LOGARITAMSKOM INDIKACIJOM
Šobajić M. 583

7. OPREMA SKLONIŠTA ZA MERENJE I SIGNALIZACIJU OPASNOSTI OD RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE I POLJA ZRAČENJA
Ilić R., Muždeka S., Šmelcerović M. 591

NEJONIZUJUĆA ZRAČENJA I ZAKONSKI PROPISI

1. METODE I SREDSTVA ZAŠTITE OD MIKROTALASNOG ZRAČENJA
Djordjević Z. 597

2. STUDIJA OPASNOSTI ZASTOJA TOKA KRVNIH STANICA FETUSA U SNOPU ULTRAZVUKA
Čeluk Sašenko., Breyer B. i Kurjak A. 605

3. PROBLEMATIKA MEDICINSKIH KONTRAINDIKACIJA ZA RAD SA IZVORIMA IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA
Čanić Z. 611

4. O UPUTSTVU ZA POSTUPAK U SLUČAJU AKCIDENATA KOJI BI MOGLI NASTATI KOD PRIMENE IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA
Ristić Dj., Gnjatović S. 619

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUSTVA ZA ZASTITU OD ZRAČENJA

Herceg-Novi 20-23. maj 1975.

P.D.Marković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča-Beograd

RADIJACIONI RIZIK[*]

U radu je diskutovan radijacioni rizik kao radijaciona veličina. Dat je jedan operatorski prilaz koji, po mišljenju autora, baca nešto više svetlosti na prirodu veze rizika, R, sa jedne strane i ekvivalenta doze, H, i apsorbovane doze, D, sa druge strane. Diskutovane su definicije MKRZ za rizik i štetnost, G, i izvedene matematičke relacije koje daju vezi R i G sa D i H.

1. U V O D

Osnovni zadatak zaštite od jonizujućih zračenja je, prema MKRZ[1], "da spreči akutne radijacione efekte i da r i z i k kasnijih efekata svede na prihvatljiv nivo". Svodjenje rizika na prihvatljiv nivo potrebuje, pored ostalog, kako njegovo precizno definisanje, tako i posedovanje relacije koja bi povezala rizik sa radijacionim veličinama kao što su ekvivalent doze i apsorbovana doza. Rizik je po svojoj suštini statistička veličina. Najfundamentalnije uzev moglo bi se uzeti da je rizik povezan sa veličinom verovatnoće da će stvaranje jednog jonskog para u ćeliji date osobe rezultirati u pojavi efekta koji se klinički može opaziti. U svojim ranijim preporukama MKRJ(ICRU), je preporučila veličinu ekvivalenat doze, H, koja bi "na jednoj opštoj skali za sva zračenja bila direktna mera o p a s n o s t i ozračivanja"[2].

---

* Rad je finansiran od strane Republičke zajednice za naučni rad SR Srbije.

Ova veličina je, po svojoj definiciji, aditivna i kumulativna[3]. Iako je H po svojoj suštini neposredno povezana sa opasnošću ozračivanja, ipak se ne može uzeti da je i direktna mera rizika, mada je sa njim povezana.

U daljem izlaganju pokušaćemo da bacimo nešto više svetlosti na samu definiciju radijacionog rizika kao i da izvedemo odredjene matematičke izraze koji bi rizik, R, i njemu srodnu veličinu štetnost, G, povezali sa H i D.

2. RIZIK - JEDAN OPŠTI PRILAZ

Zgodno je, u najopštijem slučaju, definisati jedan operator $\hat{k}$, koji bi dejstvom na ekvivalenat doze, H, koja je i funkcija položaja, dao veličinu, koju ćemo nazvati r i z i k, R. Dakle,

$$R = \hat{k}H \tag{1}$$

u jednom od naših ranijih radova[4] pokazano je da je ekvivalenat doze, H, povezan, u najopštijem slučaju, sa apsorbovanom dozom D relacijom

$$H^{(i)} = \hat{O}^{(i)}D^{(i)} \tag{2}$$

indeks i - se odnosi na datu vrstu zračenja, a operator $\hat{O}^{(i)}$ je operator koji svojim dejstvom na D daje veličinu H. Takodje je pokazano da se može uzeti da je

$$\hat{O}^{(i)} = \prod_s \hat{O}_s^{(i)} \tag{3}$$

gde operator $\hat{O}_s$, svojim dejstvom na veličinu D uzima u obzir doprinos s - og parametra na ukupan biološki efekat.

S obzirom da je H aditivna veličina, to za smešano polje zračenja možemo da pišemo

$$H = \sum_i H_i \tag{4}$$

Kombinujući izraze (2), (3) i (4) dobijamo za H

$$H = \sum_i (\prod_s \hat{O}^{(i)})D^{(i)} \qquad (5)$$

Konačno sada možemo da napišemo izraz koji, za slučaj smešanog polja zračenja, povezuje rizik, R, sa apsorbovanom dozom, D, tj.

$$R = \hat{k}\sum_i (\prod_s \hat{O}^{(i)})D^{(i)} \qquad (6)$$

Poznavanje operatora $\hat{k}$ i $\hat{O}$ i njihovih operatorskih svojstava je povezano sa poznavanjem procesa, i korelacija izmedju njih, kompleksne biološke drame koja počinje stvaranjem jednog jonskog para a završava se pojavom, na primer, jednog klinički opažljivog tumora. Izloženi prilaz je jedan relativno jednostavan matematički model koji ne daje definitivan odgovor na postavljeno pitanje već ga, možda, pre formuliše kao takvo. Nepoznavanje $\hat{k}$ i $\hat{O}$ upućuje, trenutno bar, na druge prilaze.

3. RIZIK (R) I ŠTETNOST (G) U SVETLOSTI ZVANIČNIH PREPORUKA MKRZ

3.1. Preporuke MKRZ

U zadnje vreme u svetu postaje sve aktuelniji problem procene rizika ozračivanja kako pojedinaca tako i stanovništva kao celine ili njegovih pojedinih delova. To je posledica, u prvom redu, sve većeg korišćenja nuklearne energije u nuklearnim elektranama. Pri tome vlada prilična neodredjenost kako u pogledu same definicije rizika, tako i njegove veze sa odgovarajućim radijacionim veličinama od kojih neke, za sada bar, nisu ni preporučene od strane MKRZ. Ovde ćemo se osvrnuti na zvanične preporuke MKRZ - idući i jedan korak dalje time što ćemo dati matematičke relacije koje povezuju veličine koje ulaze u igru. U preporukama MKRZ br.22 definisane su dve veličine koje se odnose na opasnost ozračivanja[5] i to:

- rizik, R, - koji je definisan kao verovatnoća da će neka osoba pretrpeti odredjen štetan efekat usled ozra-

čivanja. Ta verovatnoća je, uopšte uzev, u prvoj aproksimaciji jednaka zbiru parcijalnih verovatnoća, koje odgovaraju različitim mogućim efektima.

- Štetnost, G, - veličina koja uzima u obzir ne samo verovatnoću svakog od mogućih štetnih efekata već isto tako i stepen njihove ozbiljnosti.

Opravdanost uvodjenja koncepta štetnost (Detriment) je očigledna ako se ima u vidu da pojava jednog dobroćudnog tumora ne pred - stavlja u pogledu opasnosti isto što i pojava jednog zloćudnog tumora, pa čak i za zloćudne tumore njihova ozbiljnost u znatnoj meri zavisi od efikasnosti terapije.

3.2. Matematički izrazi za R i G

Za potrebe kvantitativne procene rizika R i štetnosti G, za konkretne slučajeve, potrebno je imati izraze koji povezuju R i G sa H i D. MKRZ - ne daje te relacije eksplicitno. Izvodjenja koja će biti data ovde imaju za cilj da u izvesnoj meri podvuku suštinu definicija MKRZ za R i G sa jedne strane, a sa druge strane da se dobiju relacije pogodne za procene R i G, dajući ih kao konačne brojne vrednosti.

Zbog nepoznavanja kako oblika tako ni operatorskih svojstava operatora u relaciji (G) uzima se da je rizik R dat izrazom

$$R(H) = rH \tag{7}$$

gde je H - ekvivalenat doze a r - faktor rizika. Po definiciji $r = \sum_p r_p$, gde je r_p - faktor rizika za p-ti efekat

Od interesa je procena rizika za veće grupe osoba ili stanovništva kao celine. Ako posmatramo veće grupe stanovništva izložene zračenju, onda je jasno da sve osobe neće primiti istu dozu. Definišemo jednu funkciju P(H) raspodele primljene doze, definisane tako da

$$P(H)dH \tag{8}$$

predstavlja broj ljudi koji su primili dozu u intervalu doza H, H+dH. Sa tako definisanom funkcijom P(H) možemo da definišemo

rizik izlaganja stanovništva, koji ćemo zvati kolektivni rizik, R_k, kao

$$R_k = \int R(H)P(H)dH \tag{9}$$

S obzirom na relaciju (7) možemo za R_k da pišemo

$$R_k = rH_k \tag{10}$$

gde je veličina H_k data izrazom

$$H_k = \int P(H)HdH \tag{11}$$

i naziva se kolektivna doza. U izvodjenju relacije (10) i postavljanju relacije (7) pretpostavljeno je da je $r \neq r(H)$, što je ekvivalentno pretpostavci da je veza izmedju efekta i doze linearna.

Iz same definicije štetnosti, G, proizilazi da je za jednu osobu izloženu dozi H i za dati efekat p

$$G^{(p)}(H) = g^{(p)}R^{(p)}(H) \tag{12}$$

gde je $g^{(p)}$ - faktor štetnosti za p-ti efekat. Analogno kolektivnom riziku može se, za dati efekat, definisati i kolektivna štetnost $G_k^{(p)}$

$$G_k^{(p)} = \int G^{(p)}(H)P(H)dH \tag{13}$$

Kombinujući relacije (13), (12) i (7) dobijamo

$$G_k^{(p)} = g^{(p)}r^{(p)}H_k \tag{14}$$

Pretpostavljajući aditivnost veličine G_k, konačno dobijamo za ukupnu kolektivnu štetnost

$$G_k = H_k \sum_p g^{(p)}r^{(p)} \tag{15}$$

Relacije (7-15) sadrže u sebi pretpostavku o linearnosti veze efekta i doze. To je i razumljivo, jer gornje relacije ne predstavljaju ništa da matematičko ujašnjavanje preporuke MKRZ koje su sa svoje strane zasnovane na pretpostavci linearnosti. Iako je to radna pretpostavka MKRZ- može se smatrati da još nije dat zadovoljavajući odgovor na pitanje veze izmedju efekta i doze i mnogi smatraju da je linearna pretpostavka konzervativna. Predlagane su druge veze, kao na primer, da je efekat proporcionalan sa H^n, gde je n-jedna konstanta[6]. Za linearnu pretpostavku n=1. U nekim slučajevima n>1, ukazujući na manju verovatnoću efekta pri manjim dozama. Za mnoge slučajeve najbolje slaganje sa eksperimentalnim rezultatima je za n<1. Tako je, na primer, nadjeno da za izazivanje raka najbolje slaganje sa eksperimentalnim podacima je za n=1/2. U tom slučaju linearna hipoteza ne bi bila konzervativna[7]. Često se uzima da pojava efekta može da se predstavi stepenim redom oblika $a+bH+cH^2+...$, gde su a, b i c podobno odabrane konstante[8]. Neki autori ukazuju i na to da ne da samo imamo pojavu praga za male doze nego da u izvesnim slučajevima štetnost G, može da poprimi i negativne vrednosti[9]. Ovo pitanje veze efekat-doza ostaje za sada otvoreno, a u praksi se u svakom slučaju valja pridržavati preporuka MKRZ zasnovanih na linearnoj hipotezi.

In this paper radiation risk as a radiation quantity is discussed. An opperationel aproach is given, which, in the oppinion of the authors, is throwing more light on the nature of the relation ship of the risk with absorbed dose and dose equivalent. Definitions of the risk and detriment given by ICRP are discussed, and corresponding mathematical expressions are derived.

Literatura

1. ICRP-Publication 9, Pergamon Press, London (1965)

2. Radiation Quantities and Units, ICRU Report 11 International Commision on Radiation Units and Measurements, Washington D.C. (1968).

3. P.D.Marković, Radijacione veličine i jedinice, IBK-1093 (1972).

4. P.D.Marković, M.M.Ninković: "Faktor kakvoće (Quality Factor)- rasprava o njegovom značenju i korišćenju, VI Jugoslovenski simpozijum - zaštita od jonizujućih zračenja, Ohrid, 25-28, april, 1972.

5. ICRP- Publication 22, Pergamon Press (1972).

6. K.Z.Morgan, "Health Physics - Past, Present and Future", lecture presented at the First Asian Regional Congress of the International Radiation Protection Association, Bombay, India, December 15-20. (1974).

7. I.Baum "Population Heterogeneity Hypothesis on Radiation Induced Cancer", Ann. Health Physics Soc. Meeting, Houston, July, (1974).

8. W.V. Mayneord, Br. J. Radiol 41, 241,(1968).

9. M.Delpla, "Mathematical Health Models and their misuse", the First Asian Regional Congress of the International Radiation Protection Association, Bombay, India, December 15-20, (1974).

VIII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

Vlaho Vojvodić i Risto Bonevski
Vojnotehnički institut i Tehnička vojna akademija

EKVIVALENTNA REZIDUALNA DOZA U POLJU LOKALNIH RADIOAKTIVNIH PADAVINA

U ovom radu razradjeni su matematički modeli za izračunavanje ekvivalentnih rezidualnih doza u polju lokalnih radioaktivnih padavina posle nuklearnih eksplozija. Ispravnost postavljenih modela je proverena na dva konkretna primera.

Uvod

Kao što je poznato ljudski organizam poseduje odgovarajucu moć oporavljanja od oštećenja jonizirajućeg zračenja. Praćenjem kinetike tog fenomena na ljudima i ekstrapolacijom eksperimentalnih rezultata na sisarima, H.A.Blair-u /1,2/ je predložio matematički model oporavljanja organizma u funkciji vremena posle ozračenja. U početku je ovaj model bio interesantan samo za radiobiologiju, ali kasnije /3,4,9/ analizom verovatne radijacione situacije u nuklearnom ratu je "otkriveno" da se taj model može koristiti za planiranje sanacije posledica nuklearnog rata. Prvi korak, u tom smislu učinio je G.V.Leroy /3/, koji je dao niz korisnih formula, a posebna mu je zasluga u tome što je uveo pojam ekvivalentne rezidualne doze. On je u svom izlaganju, na naučnoj konferenciji NATO-pakta /3/ analizirao idealiziranu situaciju, u kojoj je pretpostavljeno da je jačina doze iznad kontaminiranog zemljišta /KonZ/, četiri dana posle nuklearne eksplozije /NE/, konstantna. Tretman tog problema je uprošćen na račun preciznosti, jer jačina doze u posmatranoj situaciji opada po zakonu $t^{-1,2}$ /6,7/.

Cilj ovog rada je da problem ekvivalentne rezidualne doze na KonZ-u rešimo korektno, korišćenjem jedne generalnije jednačine za kinetiku oporavljanja i zakona $t^{-1,2}$, pomoću koje će se moći analizirati veliki broj situacija nakon NE.

Matematički model oporavljanja organizma

Blair-ova formulacija matematičkog modela oporavljanja ljudskog organizma glasi /1/:

$$\frac{dI}{dt} = A.P_o - B/I - \alpha P_o . t/, \quad t < \tau$$

$$= - B/I - \alpha P_o t/, \quad t > \tau \qquad /I/$$

gde je: I - oštećenje organizma, odnosno ekvivalentna rezidualna doza /ERD/,

t - vreme od početka ozračenja,

τ - trajanje ozračenja,

P_o - konstantna jačina doze i

A,B i α - konstante.

Ova formula /I/ vredi isključivo za P_o = konstanta. To ograničenje se može izbeći ako se umesto proizvoda $P_o t$ uvede

$$D/t/ = \int_{-\infty}^{t} P/\tau/d\tau \qquad /II/$$

čime jednačina /I/ postaje

$$\frac{dI}{dt} = A . P/t/ - B/I - \alpha D/t/] \qquad /III/$$

Jednačina /III/ je specijalan slučaj jednačine kinetičkih procesa, čije je opšte rešenje dato u obliku /2,8/:

$$I/t/ = \int_{-\infty}^{t} P/\tau/ . G/t - \tau/.d\tau \qquad /IV/$$

Napominjemo da je to izvedeno pod pretpostavkom da brzina oporavljanja ne zavisi od historije ozračivanja.

Jedinična funkcija ERD na KonZ-u

Jačina doze gama zračenja u polju lokalnih radioaktivnih padavina opada sa vremenom po zakonu

$$P/\tau/ = P_1 . \tau^{-1,2} \qquad /V/$$

S druge strane, funkcija težine $G/t - \tau/$, za gama zračenje, ima oblik /2,8/

$$G/t - \tau/ = 0,1 + 0,9e^{-0,001/t - \tau/}, \quad t > \tau \qquad /VI/$$

Kombinujući /IV/, /V/ i /VI/ nalazimo da je

$$I/t/ = P_1 \int_{\tau_1}^{\tau_2} \tau^{-1,2} [0,1 + 0,9e^{-0,001/t - \tau/}] d\tau \qquad /VII/$$

Usvajanjem $P_1 = P/\tau_1 = 1h/ = 1$, $\tau_1 = 1h$ i $\tau_2 = \tau = t$ dobijamo jediničnu funkciju ERD na KonZ-u

$$Y/\tau/ = 0,5[1 - \frac{1}{\tau^{0,2}}] + 0,226e^{\frac{\tau}{1000}} \cdot \mathcal{H}/\tau/ = A/\tau/ + B/\tau/ \qquad /VIII/$$

gde je

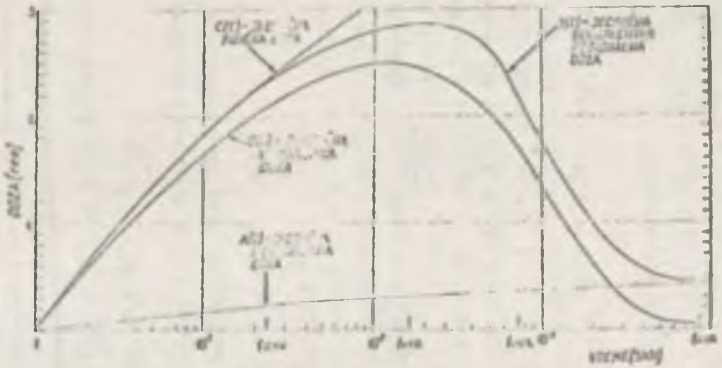
$$\mathcal{H}/\tau/ = \int_1^{\tau} x^{-1,2} e^{-0,001x} dx \qquad /IX/$$

Rezultati naših proračuna dati su u tabeli I. Radi diskusije i ilustracije, neki od njih su prikazani na slici 1.

TAB.br. 1.

Zavisnost jedinične ERD i njenih komponenata od vremena

τ(h)	$\mathcal{H}(\tau)$	$A(\tau)$	$B(\tau)$	$Y(\tau)$	$C(\tau)$
2	2,58	0,065	0,582	0,647	0,647
5	5,49	0,138	1,234	1,372	1,380
10	7,37	0,185	1,653	1,838	1,850
20	9,02	0,225	2,000	2,225	2,250
50	10,90	0,271	2,340	2,611	2,710
100	12,20	0,301	2,495	2,796	3,010
200	13,40	0,327	2,480	2,807	3,270
500	15,00	0,356	2,054	2,410	3,560
1000	16,50	0,374	1,372	1,746	3,740
2000	19,30	0,391	0,589	0,980	3,910
5000	46,20	0,409	0,070	0,479	4,090
10000	1632,00	0,421	0,017	0,438	4,210
20000	$1,42.10^7$	0,431	0,006	0,437	4,310



Diskusija i upotreba rezultata

Jedinična /P_1 = 1/ fizička doza data je izrazom

$$C/\tau/ = 5/1 - \frac{1}{\tau^{0,2}}/ \qquad /X/$$

$A/\tau/$ 0,1.$C/\tau/$ i predstavlja deo akumulirane doze koji ostaje "ugradjen" u organizmu, u limesu, kada $\tau = \infty$, $A/\infty/ = 0,5$.

Varijabilna jedinična doza $B/\tau/$ ima maksimum na oko 5 dana, i u limesu, kada $\tau = \infty$, $B/\infty/ = 0$, zajedno sa jačinom jedinične doze /$1/\infty^{1,2} = 0$/.

Brzina ERD, tj. $dI/dt = P_1 \cdot dY/dt$ je negativna 10 dana posle NE. To znači da ERD nije kumulativna veličina u strogom smislu, osim njen ireverzibilni deo $P_1 \cdot A/\tau/$.

Prema tome ERD se odredjuje po relaciji

$$I/t/ = P_1 \cdot Y/t/ \qquad /XI/$$

Upotrebu dobijenih rezultata ilustrovaćemo sa dva primera.

Prvi primer: Jedan dan posle NE posada idealnog skloništa /u kojem je jačina doze = 0/, morala je napustiti sklonište. U trenutku izlaska iz skloništa registrovala je jačinu doze od 15 rad/h. U okolini skloništa zadržali su se 15h. Odrediti ERD u trenutku povratka u sklonište i 28 dana posle NE.

Za ovaj slučaj vredi formula

$$I/t/ = P/\tau_1/ \cdot \tau_1^{1,2}\left\{\left[A/\tau_2/ + B/\tau_2/.e^{\frac{\tau_2 - t}{1000}}\right] - \left[A/\tau_1/ + B/\tau_1/e^{\frac{\tau_1 - t}{1000}}\right]\right\} \qquad /XII/$$

gde je: τ_1 - vreme /h/ ulaska na KonZ, /posle NE/,
τ_2 - vreme /h/ izlaska sa KonZ-a, /posle NE/ i
t - vreme posle NE,

Zbog ograničenog prostora ovu formulu nismo ovdje postupno izveli, ali napominjemo da smo za njeno izvodjenje koristili prethodne rezultate i relaciju.

$$P_1 = P/\tau_1/ \cdot \tau_1 1,2 \qquad /XIII/$$

gde je P_1 jačina doze svedena na 1h posle NE, sa kojom treba pomnožiti jedinične funkcije da bi se dobila veličina realne, a ne samo jedinične ERD /X/.

U našem primeru je $\tau_1 = 24$, $\tau_2 = 39$, $t_1 = 39$, $t_2 = 672$, $A/\tau_1/ = 0,235$, $A/\tau_2/ = 0,261$, $B/\tau_1/ = 2,100$ i $B = /\tau_2/ = 2,32$. Koristeći ove podatke i formulu /XII/ nalazimo da je ERD u $\tau_2 = 39$ iznosi 168 rem, a 28 dana posle NE 98 rem.

Ako pretpostavimo da se posada može "opteretiti" sa 150 rem, onda je ona posle izlaska sa KonZ-a neupotrebljiva za rad u polju gama zračenja lokalnih RP, ali 28 dana posle NE, ova se posada može upotrebiti i "opteretiti" sa dodatnih 52 rem.

<u>Drugi primer:</u> U toku prva dva dana posle NE grupa ljudi kretala se po nehomogenom KonZ-u i akumulirala 100 rad. Posle toga smeštena je u jednu prostoriju, gde je na početku registrovana jačina doze od 0,5 rad/h. Odrediti ERD 30 dana posle NE.

Za ovaj slučaj možemo napisati

$$I/t/ \cong D\left[0,1 + 0,9e^{-\frac{t-\tau_1}{1000}}\right] + P/\tau_1/\tau_1 1,2\left\{Y/\tau_2/ - \left[A/\tau_1/ + B/\tau_1/e^{-\frac{t-\tau_1}{1000}}\right]\right\} \qquad /XIV/$$

gde je: $D = 100$ rad, $\tau_1 = 48h$, $\tau_2 = t = 720h$. Sa ovim podacima dobijamo $I/720/ = 158$ rem.

Analiza izraza /VIII/, a za tu svrhu može poslužiti i dijagram na slici 1, pokazuje da je bitna zaštita prvih 5-10 dana posle NE. Sa greškom manjom od 8% /vidi sl.1./, možemo reći da je svako izlaganje gama zračenju na KonZ-u akutno, ako traje kraće od 4 dana.

Osnovni principi u rešavanju složenih situacija na KonZ-u su:

a/ Ako je doza D akumulirana u intervalu vremena kraćem od 4 dana, onda se ERD može odrediti po definiciji:

$$I/t/ = D/0,1 + 0,9e^{-\frac{t-96}{1000}}/, \; t > 96 \qquad /XV/$$

b/ Ako je interval akumuliranja doze duži od 4 dana a zakon opadanja doze nije poznat /ne može se integraliti /IV//, onda se $I/\tau/$ može odrediti po približnoj formuli:

$$I/t/ = \sum_{i=1}^{k} D_i \left[0,1 + 0,9e^{-\frac{t-\tau_{i+1}}{1000}}\right], \quad t > \tau_i \qquad /XVI/$$

gde je D_i - fizička doza koja je akumulirana od trenutka $\tau_i/h/$ do trenutka $\tau_{i+1}/h/$.

c/ Kada je poznat zakon jačine doze $P/\tau/$, funkciju /IV/ treba integraliti.

Proračun ERD relativno je složen, ali to danas nije problem jer se raspolaže računskim mašinama.

Zaključak

U ovom radu razrađeni su matematički modeli za izračunavanje ekvivalentnih rezidualnih doza u polju lokalnih radioaktivnih padavina posle nuklearnih eksplozija. Posebna pažnja je posvećena razrešavanju složenih situacija na radioaktivnom KonZ-u kod akumuliranih doza u prvim danima od nuklearne eksplozije. Ispravnost postavljenih modela je proverena na dva konkretna primera.

Summary

In this article the mathematicals models for calculation of equivalent residual doses in the field of local radioactive fallouts after nuclear explosion has been worked out in detail. The correctness of the set up models on two concrete examples has been examined.

Literatura

1. Blair H.A., Proceedings of the First International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Vol.11, pp.118, United Nations, Geneva, 1955, New York, 1956.

2. Fitzgerald J.J., Brownell G.W., Mahoney F.J., MATHEMATICAL THEORY OF RADIATION DOSIMETRY, Gordon and Breach Science Publishers, Inc., New York, 1967.

3. Leroy G., Emergency Exposures in Exposure of Man to Radiation in Nuclear Warfare, - A series of lectures held at the conference of the NATO civil Defence Committee, Scietific Warking Party June 20 and 21, 1961. At the permanent Headquartes of NATO, Paris, Edited by J.H.Rust, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1963.

4. Akoev J.G., Maksirov G.K., Maliśev V.M., LUČEVOE PORAŽENIJE MLEKOPITAJUŠČIH I STATISTIČESKOJE MODELIROVANIJE, Atomizdat, Moskva, 1967.

5. Morgan K.Z., Turner J.E., PRINCIPLES OF RADIATION PROTECTION, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1967.

6. Glasstone S., THE EFFECTS OF NUCLEAR WEAPONS, USAEC, Revised Edition, Washington, 1964.

7. Radioactive Fallout from Nuclear Weapon Test, Editor A.W. Clement, Proceedings of the Second Conference Germantoun, Maryland, Nov. 3-6, 1964, New York, 1965.

8. Devison G.O., BIOLOGIČESKOJE POSLEDSTVIJE OBŠČEGO GAMMA-OBLUČENIJA ČELOVJEKA, Atomizdat, Moskva, 1960.

9. Spalding J.F., Holland L.M. and Johnson O.S., Health Physics, Vol.17, pp.11-17, 1970.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23 maj 1975.

M.Živadinović i I.Dvornik
Institut "Rudjer Bošković"
Zagreb

LIČNA NEUTRONSKA I GAMA DOZIMETRIJA U VANREDNIM USLOVIMA

S obzirom na specifičnu svrhu i zahteve za radiacionu dozimetriju u vanrednim uslovima selektuju se dozimetrijski sistemi za dozimetriju na licu mesta i dobijanje ličnih dozimetrijskih informacija dovoljno tačnih i za što kraći interval vremena. Izvesni problemi o tome i povoljne mogućnosti lične dozimetrije mešanog zračenja: neutroni+gama zračenje, razmatraju se u ovome saopštenju.

1 Uvod

Polje samo neutronskog zračenja praktično ne postoji.Gde je neutronsko zračenje tu je uvek polje mešanog zračenje neutrona i gama zračenja. Izvori takvog polja zračenja, koje nastaje trenutno i iznenadno a osobe zatečene u njemu bivaju neizbežno prekomerno ozračene, u miru su nuklearni akcidenti a u ratu eksplozije nuklearnog oružja i to naročito malog taktičkog nuklearnog oružja. Budući da je to situacija "kada ljudi mogu da prime ekspozicionu dozu 25 R i više za period od jedne nedelje dana", to je radiaciona opasnost u vanrednim uslovima (1,2).

Lična dozimetrija kao komponenta sistema zaštite od zračenja u vanrednim uslovima, svojim pravovremenim i dovoljno tačnim i pouzdanim ličnim dozimetrijskim informacijama, značajno dopirosi stvaranju uslova za spasavanje i preživljavanje radiaciono ozledjenih ljudi. Lična dozimetrijska informacija je izmerena fizička doza D_n i D_γ ili $D_{n+\gamma}$ sa ličnim dozimetrima koje je osoba nosila za vreme boravka u polju zračenja.

Lična dozimetrija gama zračenja tehnički i dozimetrijski se relativno lako ostvaruje. Lična neutronska dozimetrija,naročito u vanrednim radiacionim uslovima, još uvek je prilično

složena. Osvajanje ličnog neutronskog dozimetra sa kojim bi se poput ličnog dozimetra za gama zračenje neposredno i relativno brzo dobijale dozimetrijske informacije, danas je, može se reći u završnoj fazi razvojnog rada. Izvesni problemi o tome i povoljne mogućnosti lične dozimetrije mešanog zračenja: neutroni+ gama zračenje, su predmet ovoga saopštenja.

2 Svrha i zahtevi

Lične dozimetrijske informacije koje se dobijaju ubrzo posle radiacionog dogadjaja, služe za trijažu ozledjenih po stepenu ozračenosti i za procenu fizičke odnosno radne sposobnosti ljudi, što je značajno naročito za ratne uslove. Efikasnost i valjanost toga posla zavise od intervala vremena koji treba da je što manji za koji se dobijaju informacije i od greške sa kojom se informacije daju. Za biomedicinsko procenjivanje radiacionih ozleda to su, razume se, prve informacije koje se posle sa vremenom poboljšavaju i dopunjavaju i drugim informacijama. Za ovu svrhu stoga prva lična dozimetrijska informacija je totalna doza $D_{n+\gamma}$ u rad-ima.

Elementarni zahtevi za razvoj ličnog dozimetra i za kvalitet dozimetrijske informacije koji se danas postavljaju su izvestan kompromis toga šta je tehnički i dozimetrijski realno mogućno i toga kakva informacija je potrebna i dovoljna za napred navedenu svrhu dozimetrije.

Za lični akcidentalni dozimetar za neutrone i gama zračenje zahteva se:

a. Opseg doza za mešano zračenje je od 10 do 1000 rad-a za komponente: gama zračenje energija od 0,1 do nekoliko MeV i za brze neutrone od oko 0,5 do nekoliko MeV uz nastojanje zajedno sa intermedijernim neutronima od 5 keV do 0,5 MeV.

b. Cena, veličina. težina, jednostavnost upotrebe i održavanja i neposredno dobijanje dozimetrijskih informacija su što je mogućno povoljniji.

c. To što je mogućno i danas prihvatljivo sa postojećim dozimetrijskim sistemima za akcidentalne i uopšte vanredne uslove, ugledni dozimetristi su nedavno konstatovali (3): Lična dozimetrijska informacija 1-2 časa posle radiacionog dogadjaja dobija se sa greškom za faktor 2, za vreme od 48 časova sa gre-

škom ± 50 % a za 4 dana sa greškom do ±25 % posebno za neutrone i posebno za gama zračenje.

Za akcidentalnu mirnodopsku dozimetriju ne insistira se mnogo na zahtevu pod b. Verovatnoća da se akcident danas desi veoma je mala. A ako se i pored svih mera obezbedjenja ipak desi, onda je broj žrtava pri tome obično mali. Ima vremena i uslova da se navedene faze obrade podataka pod c za odredjivanje doze, sprovedu do kraja i da se i u kliničkim uslovima primene i biološke i medicinske metode dozimetrije.

Za ratne radiacione uslove koje karakterišu masovnost radiaciono ozledjenih i teški uslovi za sprovodjenje mera spasavanja, od velikog značaja su tzv. dozimetrija na licu mesta i dobijanje ličnih dozimetrijskih informacija za kratko vreme posle radiacionog dogadjaja. Stoga dozimetrijske informacije koje se dobiju u toku 1-2 časa sa greškom za faktor 2, kako je navedeno pod c, svakako ne zadovoljavaju. A zahtevu pod b daje se veliki značaj iz praktičnih razloga.

3 Dozimetri na bazi merenja fluensa i spektra neutrona

Skoro svi danas poznati lični akcidentalni neutronski dozimetri su na bazi aktivacionih prag-detektora, fisionih prag-detektora i stvaranja oštećenja-tragova u materijalu fragmentima fisionih prag-detektora ili alfa česticama. Na III medjunarodnoj interkomparaciji akcidentalnih dozimetara 1973. u Vinči (4), učesnici eksperimenta koristili su samo takve dozimetre.

Navedenim detektorima kojih u ličnom dozimetru ima po nekoliko u vidu folija, odabrani su da [illegible]ivaju spektar neutrona koji se sreće pri akcidentu ili nuklearnoj eksploziji a od značaja je za zaštitu od zračenja. Ovi lični dozimetri su u stvari spektrometri neutrona.

Posle ozračivanja dozimetara meri se aktivnost svakoga detektora, izračuna fluks i fluens neutrona i zatim, pomoću konverzionog faktora fluens-absorbovana doza izračuna doza neutrona. U opsegu energija brzih neutrona, na primer, od 0,85-10 MeV, konverzioni faktori su od 2,4 do 6,1 x 10^{-9} rad $n^{-1}cm^{2}$(5). A za spektar neutrona nuklearne eksplozije konverzioni faktor je 1,8 x 10^{-9} rad $n^{-1}cm^{2}$(6). Doza neutrona bilo merena u vazduhu

ili na fantomu ili čoveku dobija se racunskim putem sa podacima: izmerene aktivnosti detektora, efektivni preseci za date izotope detektore i odgovarajući faktori korekcije. Merenja se vrše u laboratorijskim uslovima. Aktivnost se meri sa odgovarajućim brojačima beta čestica i gama fotona. Gustina tragova ili brojanje tragova vrši se optičkom tehnikom - mikroskopom ili drugim automatiziranim elektronskim sredstvom.

Napred navedene mogućnosti o potrebnom vremenu za dobijanje lične dozimetrijske informacije sa odgovarajućom greškom (2 pod c), očigledno su konstatovane na osnovu iskustva primene ličnih akcidentalnih neutronskih dozimetara na bazi merenja fluensa i spektra neutrona.

4 Dozimetri bez merenja spektra neutrona

Lični neutronski dozimetri sa kojima se neposredno meri absorbovana doza u rad-ima su: Poluprovodnički dozimetar Si-dioda (7,8), dozimetar elektrometar sa kvarcnim vlaknom na bazi emisije sekundarnih elektrona u vakumu, nalik na džepnu jonizacionu komoru (9) i hemijski lični dozimetar sa hemijskim sistemom TMP /trimetilpentan-hlorbenzol-etilalkohol/(10,11).

Lični dozimetar Si-dioda je za brze neutrone. Neosetljiv je na gama zračenje. Merenjem definisane struje pri padu napona diode usled defekata u kristalnoj rešetki pod dejstvom neutrona, meri se doza neutrona energija od 0,2 do 15 MeV u opsegu 10-1000 rad-a sa greškom oko ±10 %.

Lični ili "taktički" dozimetar sa kvarcnim vlaknom je za merenje doze mešanog zračenja neutrona i gamazračenja. Opseg doze je do 600 rad-a. Odnos odziva na brze neutrone prema odzivu na gama zračenje u jedinicama tkivo-rad, za ovaj dozimetar je oko 1. Lična dozimetrijska informacija je $D_{n+\gamma}$ (rad). Za gama zracenje iznad 80 keV i neutrone iznad 0,6 MeV navodi se da je energetski nezavistan.

Lični hemijski dozimetar sa hemijskim sistemom TMP (Instituta "Rudjer Bošković") je takodje za merenje doze mešanog zračenja neutrona i gama zračenja. Opseg doza $D_{n+\gamma}$ je od 10-1000 tkivo-rad-a. Odnos odziva na fisioni spektar neutrona prema odzivu na gama zračenje u jedinicama tkivo-rad je 0,96 ± 0,10 (11).

Merenje (čitanje) doza na dozimetru Si-dioda vrši se sa

čitačem elektronskim instrumentom a na hemijskim dozimetrima sa vizuelnim kolorimetrijskim ručnim čitačem. Za ličnu dozimetriju na licu mesta u poljskim uslovima ova tri tipa dozimetara su pogodni. Sa hemijskim dozimetrom na primer, lične dozimetrijske informacije kao $D_{n+\gamma}$ (rad) dobijaju se neposredno i sa greškom koja nije veća od ±30 %(11).

5 Problemi relacije izmedju izmerene doze i stepena radiacione ozlede čoveka

Izvesna jednoznačna relacija izmedju izmerene (pročitane) doze ličnim dozimetrom i stepena radiacione ozlede čoveka, vlasnika dozimetra, do danas još nije formulisana. To je idealni cilj lične radiacione dozimetrije i radiobiologije. Ali ipak, interpretiranjem izmerenih ličnih doza može da se načini nepotpuna ali za prvo vreme zadovoljavajuća procena stepena radiacione ozlede ozračenog čoveka. Faktori koji se kao najvažniji pri tome uzimaju u obzir su: RBE (relativna biološka efektivnost) zračenja, dubinska raspodela doze u telu čoveka, orijentacija čoveka prema izvoru zračenja naročito neutrona i efektivna zaostala doza u funkciji vremena posle ozračenja kao posledica oporavljanja organizma.

Ličnim dozimetrima se meri absorbovana doza u rad-ima. Uzima se da je najpogodnije da se meri doza neutrona i gama zračenja na telu čoveka kao površinska absorbovana doza (AD). Još dakle nemamo lične dozimetre za vanredne uslove sa kojima se meri tzv. biološka doza, ekvivalenat doze (DE) u rem-ima, u kojoj je implicitno i RBE faktor zračenja, jer je poznato da je DE(rem) = AD(rad) x RBE.

Faktor RBE za neutrone varira sa energijom neutrona. Za neutrone u opsegu energija do 10 MeV RBE iznosi od 1 - 10. Medjutim za spektar neutrona nuklearne eksplozije koji je od značaja za zaštitu od zračenja, za uslov kratkotrajnog (pulsnog) ozračenja po celom telu, danas se uzima da je oko 1. Eksperimentalna potpora tome su eksperimenti sa većim životinjama, ozračivanim u uslovima simuliranja zračenja nuklearne eksplozije (12, 13,14). Znači za vreme dok se ne promeni ta vrednost RBE, ličnim dozimetrom za neutrone i uopšte početno zračenje nuklearne eksplozije, u stvari se meri ekvivalenat doze u rem-ima.

Što se tiče raspodele doze sa dubinom u telo čoveka, na-

ročito na dubinu gde su kritični organi, za interpretiranje izmerenih doza gama zračenja nema nekih teškoća. Za početno gama zračenje nuklearne eksplozije na dubini od 5 cm u telu absorbovana doza je 97 % od doze na površini tela (15). Za zaostalo gama zračenje nuklearne eksplozije na dubini od 5 cm u telu je oko 80 % od doze na površini tela (16). Za neutrone je to znatno teži problem. Za fisione neutrone, na primer, doza uzmačnih protona na dubini od 5 cm u telu može da bude 30-40 % od absorbovane doze na površini tela (17). Poslednjih godina raspodela neutronske doze sa dubinom u telu istražuje se intenzivno na fantomima većih životinja ili čoveka eksperimentalno i računski metodom Monte Carlo.

U vanrednim uslovima na kontaminiranom radioaktivnom zemljištu ozračivanje čoveka gama zračenjem je uglavnom izotropno. Ali ozračenje čoveka početnim gama zračenjem i neutronima obično je s jedne strane tela, okrenute centru nuklearne eksplozije.Pri tome, razume se, zbog procesa rasejanja od okolnog materijala, dešava se ozračenje čoveka gama fotonima i neutronima i sa svih strana. Dok se za dozimetriju gama zračenja u praksi ne postavlja pitanje orijentacije čovekovog tela prema izvoru zračenja, za dozimetriju neutrona to je veoma značajno. Atenuacija gama zračenja kroz telo čoveka obično je za faktor 2-3 ali atenuacija neutrona može da bude za 2-3 reda veličine. Neutronski dozimetar na strani tela čoveka koja nije okrenuta izvoru zračenja, meri mnogo manju absorbovanu dozu od one na neposredno ozračenoj strani tela.

Dva neutronska dozimetra, jedan nošen na grudima a drugi na ledjima, u vanrednim uslovima obezbedjuju ličnu dozimetriju neutrona dajući dovoljno podataka za ocenu utucaja orijentacije ozračenog čoveka prema izvoru zračenja na rezultat merenja doze.

Lična dozimetrijska informacija stoga nije ona površinska absorbovana doza $D_{n+\gamma}$ (rad) koja je izmerena dozimetrom,nego druga vrednost koja se dobije korigovanjem vrednosti izmerene doze prvo, na raspodelu doze sa dubinom u telu kao "midline" doza ili doza kritičnih organa i drugo, na orijentaciju tela čoveka prema izvoru zračenja, koja se odredjuje sa dva lična dozimetra. Za tu svrhu dozimetrista treba da ima odgovarajuće tabele i nomograme za brzo interpretiranje rezultata izmerenih doza sa dozimetrima. Na taj način dobijene lične dozimetrijske informacije približno dobro odgovaraju prosečnom radiološkom efektu odnosno stepenu ra-

diacione ozlede nastale ozračenjem u polju mešanog zračenja u vanrednim uslovima.

6 Zaključak

Lična iks i gama dozimetrija u metodskom i tehničkom pogledu nema tako složene probleme kao lična dozimetrija neutrona i posebno dozimetrija mešanog zračenja neutrona i gama zračenja. Razlozi tome su svakako fizička priroda neutrona i složeni nuklearni procesi pri interakciji neutrona sa materijom.

Za dozimetriju u vanrednim uslovima značajna je lična dozimetrija na licu mesta koja dovoljno brzo i pouzdano sa odgovarajućom tačnošću daje lične dozimetrijske informacije. U ratnim uslovima kada se ima posla sa većim brojem radiaciono ozledjenih ljudi i sa teškim uslovima za preduzimanje mera spasavanja, očigledno da dozimetri sa direktnim merenjem absorbovane doze imaju preimućstvo, naročito oni za merenje doze mešanog zračenja. Totalna površinska doza $D_{n+\gamma}$ (rad) može da se dobije ili sa dva dozimetrijska sistema: dozimetrom Si-dioda i TLD ili dozimetrom fosfatno staklo ili samo sa hemijskim dozimetrom na bazi TMP hemijskog sistema (11).

Za elementarno interpretiranje izmerenih doza da bi se dobile lične dozimetrijske informacije koje približno dobro odgovaraju prosečnom stepenu radiacione ozlede, potrebno je da se načine tabele i nomogrami za korigovanje izmerenih doza.

PERSONNEL NEUTRON AND GAMMA DOSIMETRY IN AN EMERGENCY

M.Zivadinovic and I.Dvornik
Rudjer Bošković Institute, Zagreb

At accidental critical excursions and under the small tactical nuclear weapon explosions conditions there are mixed neutron-gamma radiation fields, which are of radiation risk to people. The personnel dosimetry in such a situation is of great importance for medical management and to assess the health and working capability of exposed persons. The dosimetric data should be as soon as possible and with a proper accuracy obtained. A few dosimetric systems could be used. Some problems and a possibility with a chemical personnel dosimeter in favour of emergency personnel dosimetry of mixed neutron-gamma radiation are discussed.

Literatura

1 NCRP Report No 29. Exposure to Radiation in an Emergency, p.8, 1962. University of Chicago.

2 RUST,J.H. and MEWISSEN,D.J.(Ed.). Exposure of Man to Radiation in Nuclear Warfare, p.9, 1963. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.

3 IAEA Proc.Panel. Nuclear Accident Dosimetry Systems, p.179, 1970., Vienna.

4 MIRIĆ,I. and UBOVIĆ,Ž. Third IAEA Nuclear Accident Intercomparision Experiment, May 14-25, 1973. IBK-1275, 1974., Vinča.

5 SCHMITT,W. und STOLZ,W. Kernenergie 16(11),339,1973.

6 BRODE,H.L. Review of Nuclear Weapons Effects. Ann.Rev.Nucl. Sci., Vol.19, 153,1968.

7 AG Atomenergie Studovik,Sweden. Fast Neutron Dosimeter 5422, 1969.

8 THURSTON,M.O. et al. Neutron Monitoring, p. 245,1967.,IAEA, Vienna.

9 KRONENBERG,S. Health Physics 14,41,1968.

10 GUPTA,B.L.,DVORNIK,I. and ZEC,U. Phys.Med.Biol. 19(6),843, 1974.

11 DVORNIK,I.,ZEC,U.,ŽIVADINOVIĆ,M.,RAŽEN,D. i MISCEVIĆ,S. Lični hemijski dozimetar neutrona i gama zračenja za vanredne uslove. VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Herceg Novi, 20-23 maj 1975.

12 ALLEN,E.L. Neutrons in Radiobiology, p.275, Conf.-691106. CFSTI,Springfield,Va,1969.

13 AINSWORTH,E.J.,LECNG,G.F.,KENDALL,K. and ALPEN,E.L. Rad.Res. 26. 32, 1965.

14 WADE,L.Jr. and BROWN,D.G. Neutrons in Radiobiology, p.116, Conf.-691106. CFSTI,Springfield,Va,1969.

15 BOND,V.P. et al. Rad.Res. 6,1957.

16 FRENCH,R.L. and GARRET,C.W. Rad.Res.Assoc.Rep. RRA-M63,1966.

17 ACETO,H. et al. UCRL-10559, 1963.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUSTVA ZA ZASTITU OD ZRACENJA
Herceg-Novi 20-23 maj, 1975

P. Mirić, I. Mirić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, Beograd

MERENJE APSORBOVANE DOZE ZA POTREBE ZASTITE OD ZRACENJA

Instrumenti koji se koriste u radijacionoj zaštiti za merenja u polju zračenja, još uvek su kalibrisani tako da služe samo za odredjivanje ekspozicione doze ili jačine ekspozicione doze. Medjutim, za procenu opasnosti od ozračivanja i odredjivanje ozračenosti lica koja rade u radijacionim poljima potrebni su podaci o apsorbovanim dozama za odredjene delove tela.

U radu su detaljnije analizirani ovi problemi i prikazana mogućnost da se postojeći etaloni za kalibraciju instrumenata za merenje ekspozicione doze iskoriste i kao etaloni za kalibraciju instrumenata koji treba da mere apsorbovanu dozu ili jačinu apsorbovane doze.

U V O D

Izmedju brojnih problema koji postoje u vezi sa baždarenjem instrumenata za kontrolna merenja u radijacionim poljima najvažnije mesto zauzima izbor veličina koje treba meriti sa aspekta zaštite od zračenja.

Dugi niz godina su kontrolni instrumenti za merenje u X i gama poljima zračenja bili baždareni tako da mere ekspoziciju ili jačinu ekspozicije sa rendgenom kao jedinicom. Ekspozicija je kao veličina definisana samo za X i gama zračenje i može apsolutno da se meri u ograničenom intervalu energije. Primarni etalon za rendgen kao jedinicu (komora sa vazdušnim zidom) zahteva jačine ekspozicija za tri do četiri reda veličine veće od onih koje su potrebne za baždarenje instrumenata namenjenih za zaštitu od zračenja, pa dolazi do niza teškoća pri uspostavljanju veze izmedju primarnog baždarenja, sekundarnih etalona i baždarenja instrumenata.

Sa gledišta zaštite od zračenja ograničavanje merenja samo na ekspoziciju nije dovoljno, ne samo zbog činjenica što su

u realnim uslovima najčešća mešovita (β+γ) polja, već i zbog niza parametara koji utiču na direktno uspostavljenje veze izmedju izmerene ekspozicije i ekvivalenta doze.

Traženje pogodnijeg rešenja zahtevalo je da se pre svega bolje definiše svrha merenja u okolini izvora zračenja za potrebe zaštite od zračenja, pa da se tek onda definišu zahtevi u vezi sa baždarenjem kontrolnih instrumenata.

Značajan doprinos u razjašnjavanju svrhe i uloge kontrolnih merenja za potrebe zaštite je dala Internacionalna komisija za radijacionu zaštitu (ICRP) u svojoj publikaciji od 1969.god./1/ U principu prema ICRP cilj merenja za potrebe zaštite, koja se vrše instrumentima za kontrolu okoline i individualnu kontrolu, je procena ili kontrola doze zračenja koju je primilo ili može da primi neko lice. Medjutim, istovremeno se ukazuje da veze koje se koriste za direktnu procenu doze iz merenja sadrže mnogo promenljivih parametara. Da bi se došlo do prihvatljivog rešenja ICRP je predložila da se kontrolna merenja podele na procenu prodirućeg i neprodirućeg dela zračenja, pri čemu bi prvi bio vezan samo za γ , a drugi samo za β zračenje. Prodiruća komponenta bi davala dozu (ili jačinu doze) za krvotvorne organe i gonade, a zbir prodirućeg i neprodirućeg dela bi davao dozu za kožu.

Polazeći od ovih postavki Internacionalna elektrotehnička komisija (IEC) je oformila radnu grupu (WG-B3) sa zadatkom da razmotri mogućnost rešenja problema merenja jačine apsorbovane doze kontrolnim instrumentima koji se koriste u zaštiti od zračenja. Radna grupa je pošla od predloga ICRP, ali je pri razmatranju specifikacije uslova merenja morala da promeni njihovu definiciju/2/. Sustina novog predloga je u tome da se dve komponente odnose na doze za dve definisane dubine, bez obzira da li potiču od β ili γ zračenja. Prva komponenta,koja je nazvana površinska, treba da omogući procenu prosečne doze za kožu za usrednjenu dubinu od 5 mg/cm^2 tkiva. Pomoću druge, prodiruće komponente, vršila bi se procena doze za kritične organe, što znači da bi odgovarala dozi na dubini od 800 mg/cm^2 tkiva. Kao veličina koja treba da se neposredno meri instrumentima predloženo je da u oba slučaja bude apsorbovana doza ili jačina apsorbovane doze za vazduh merena u vazduhu.

Predloženi prilaz daje mnogo neposrednije vezu sa veličinom koja je od interesa za zaštitu od zračenja, a formiran je

tako da su zahtevi merenja tesno vezani sa veličinama koje kontrolni instrumenti mogu da mere.

MERENJE PRODIRUĆE KOMPONENTE POMOĆU GRAFITNE KOMORE

Da bi se omogućilo merenje predloženih veličina kontrolnim instrumentima, potrebno je rešiti probleme u vezi sa njihovim baždarenjem. Pri tome treba imati u vidu da je neophodno izvršiti usaglašavanje na svim stupnjevima od neposrednog baždarenja mernog instrumenta sve do primarnog etalona. Rešavanje svih problema koji proističu iz ovog usaglašavanja zanteva duži vremenski period. Zbog toga je kod nas, kao i u većini drugih zemalja, prvi korak bio da se ispita mogućnost iskorišćenja nekog od postojećih etalona.

Analizirajući karakteristike većeg broja etalonih komora koje bi mogle da se koriste za apsolutno merenje prodiruće komponente u vazdunu, zaključeno je da najpogodnije rešenje može da se dobije odgovarajućom preradom postojeće grafitne komore namenjene za merenje ekspozicionih doza[3].

Grafit ima dozimetrijske karakteristike vrlo bliske vazduhu, pa se može smatrati vazdušno-ekvivalentnim materijalom[4]. Odnosi zaustavnih moći za ugljenik i vazduh su odredjeni u širokom energetskom intervalu, što omogućava izračunavanje potrebnih korekcionih faktora. Za ovu komoru su dobro odredjeni korekcioni faktori u vezi sa perturbacijama, koje nastaju u polju gama zračenja, usled prisustva komore i priključnih kablova u polju koje se meri. Najzad pogodna zapremina komore (6.09 cm^3) omogućava merenje jačina doza u relativno širokom opsegu (50 mrad/h - 3.10^4 rad/h).

Za apsolutno odredjivanje apsorbovane doze u vazduhu za vazduh sa ovom komorom moguće je primeniti princip komore sa šupljinom (Bragg-Gray), prema kome je doza u materijalu zida (D_z)

$$D_z = 0.869 \cdot Q \cdot S_z \cdot A \qquad \text{rada} \qquad (1)$$

gde je Q - izmerena količina naelektrisanja bilo koga znaka po cm^3 vazduha u osetljivoj zapremini pri STP u esj/cm^3; S_z - odnos usrednjenih zaustavnih moći grafita i vazduha za sekundarne elektrone

koji prolaze kroz osetljivu zapreminu; A - korekcioni faktor za perturbacije koje unosi komora u polje zračenja.

Iz jednačine (1) se u slučaju kada je materijal zida vazdušno-ekvivalentan dobija neposredno doza za vazduhu u vazduhu D_v. Kada je materijal zida približno vazdušno-ekvivalentan, kao što je slučaj kod grafita, potrebno je da se odredi korekcioni faktor koji je složena funkcija usrednjenih zaustavnih moći u zavisnosti od energije gama zračenja. U ovom slučaju iz jednačine (1) sledi:

$$D_v = K\,({}_n\bar{S}_z, {}_n\bar{S}_v, E_\gamma)\; 0.869 \cdot Q \cdot A \qquad \text{rada} \qquad (2)$$

Izračunate vrednosti za funkciju K u zavisnosti od energije gama zračenja date su u Tabeli br.1.

Tabela br.1.

E_γ (keV)	Vrednost za K	E_γ (MeV)	Vrednost za K
20	1.7529	0.4	0.9988
30	1.3904	0.5	0.9977
40	1.2039	0.6	0.9975
50	1.1123	0.8	0.9971
60	1.0682	1.0	0.9984
80	1.0373	1.5	0.9981
100	1.0132	2.0	1.0000
150	1.0074	3.0	1.0028
200	1.0000	4.0	1.0098
300	1.0000	5.0	1.0148

Da bi se obezbedili predvidjeni uslovi za merenje apsorbovane doze u vazduhu za vazduh na dubini od 800 mg/cm^2, bilo je potrebno da se tačno odredi radijalna debljina zida komore. Proračun radijalne debljine je obavezan postupak kod svih komora cilindričnog oblika da bi se dobila potrebna efektivna debljina.

Veza izmedju radijalne (X_r) i efektivne (X_e) debljine je data pomoću jednačine

$$\bar{x}_e = \frac{\int_0^{\theta_m} \frac{r+x}{\sin\theta} \sin\{\theta - \arcsin(\frac{r}{r+x} \sin\theta)\} \, d\theta}{\int_0^{\theta_m} d\theta} \qquad (3)$$

gde je r - poluprečnik šupljine komore, x - radijalna debljina zida komore, θ_m - maksimalni ugao koji odgovara gornjoj granici debljine zida komore.

Pomoću jednačine (3) dobijeno je da efektivna debljina zida od 800 mg/cm^2 odgovara radijalnoj debljini zida od 3.5 mm. Na osnovu proračuna napravljena je navlaka od grafita sa debljinom zida od 2.5 mm koja se stavlja preko osnovnog zida komore, čija je debljina 1 mm.

Ovakvim rešenjem je postignuto da se stavljanje odgovarajućih grafitnih navlaka komora može da koristi, kako za merenje apsorbovane doze, tako i za merenje ekspozicije, što joj je bila i prethodna namena. Pored toga sačuvane su sve karakteristike osetljive zapremine, jer osnovni zid komore nije menjan.

Za merenje naelektrisanja u osetljivoj zapremini komore zadržan je elektrometarski sistem čije su karakteristike ranije opisane[3].

Za izvedeno rešenje je odredjena nesigurnost merenja apsorbovane doze za vazduh u vazduhu. Osnovni faktori koji utiču na tačnost merenja su preciznost odredjivanja zapremine komore, preciznost elektrometarskog sistema, preciznost čitanja merenih vrednosti, tačnost podataka o zaustavnim moćima. Na osnovu analize svih faktora koji utiču na tačnost merenja apsorbovane doze procenjena je ukupna nesigurnost sa kojom se meri prodiruća komponenta apsorbovane doze za vazduh u vazduhu na 4.5%

ZAKLJUČAK

Opisana metoda sa grafitnom jonizacionom komorom omogućava apsolutno merenje prodiruće apsorbovane doze za vazduh u vazduhu sa zadovoljavajućom tačnošću. Na osnovu toga je zaključeno da može da se koristi kao etalona metoda pri baždarenju kontrolnih instrumenata za merenje u radijacionim poljima.

Da postupak baždarenja bio potpun, u narednom periodu se predvidja rad na razvoju etalonih metoda za merenje površinske apsorbovane doze za vazduh u vazduhu.

RESUME

ABSORBED DOSE MEASUREMENTS FOR RADIATION PROTECTION PURPOSES -
P.Mirić, I.Mirić

The paper deals with problems of calibration of radiation monitoring instruments for radiation protection purposes if the surface and penetrating absorbed doses have to be measured

A method for absolute measurement of the penetrating dose or dose rate in air with a graphite cavity chamber is described.

REFERENCE

1. ICRP General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers, ICRP Publication 12 (1969)
2. IEC - SC 45 B/WGB 3 (Secretary) 17, Sept. (1974)
3. Mirić P., Mirić I., Prokić M.,"Odredjivanje karakteristika grafitne jonizacione komore namenjene za apsolutno merenje doza X i gama zračenja", III Jugosl. simp. o rad.zaštiti, Banja Luka 1967, str.207
4. Whyte G.N.,"Measurement of the Bragg-Gray Stopping Power Correction", Radiation Research 6, 371 (1957)

VIII Simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maja 1975.g.

Dvornik I., Zec U., Živadinović M., Ražem D. i Miščević S.
Laboratorij za radijacionu kemiju i dozimetriju,
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

LIČNI KEMIJSKI DOZIMETAR NEUTRONA I GAMA ZRAČENJA ZA VANREDNE USLOVE

Opisuje se novi tip masovnog ličnog dozimetra koji mjeri apsorbiranu dozu zračenja u tkivu na površini tijela u svim realno mogućim i praktički značajnim uslovima akcidentalnog ili ratnog ozračenja čovjeka. Pomoću ovog dozimetra dobiva se u okviru dozvoljene greške točno i odmah po ozračenju puna dozimetrijska informacija potrebna za određivanje stupnja radijacione ozljede, i to za neutrone i gama zračenje svakog spektra energije. Dozimetar se zasniva na radijaciono-kemijskoj reakciji. Opseg mu je 1000 rada; očitava se vizuelnim kolorimetrom koji radi bez izvora energije i omogućuje 200 očitanja na sat. Dozimetar integrira i čuva podatak o dozi akutno opasnoj za nosioca.

UVOD

Razvijajući masovni lični dozimetar za vanredne uslove polazili smo prvenstveno od karaktera najtežih slučajeva ratne radijacione opasnosti i uloge dozimetrije u zaštiti stanovništva. Cilj nam je zato bio razvoj univerzalnog dozimetra koji bi sam zadovoljio praktične potrebe zaštite od zračenja i dao dovoljno točnu dozimetrijsku informaciju na način potreban operativi i u svim mogućim značajnim slučajevima ozračenja akutno opasnim dozama neutronskog ili gama zračenja. Usavršavanjem postojećeg dozimetra DL-M3 i čitača ČDL-M3 razvijen je tkivu ekvivalentni dozimetar neutrona i gama zračenja koji odgovara ovom zahtjevu.

Lična radijaciona dozimetrija za vanredne uslove predmet je našeg drugog rada (1). Ovdje ističemo samo neke njene osnove, bitnije karakteristike i zahtjeve da bismo istakli ulogu koju ovaj nivi dozimetar može i mora odigrati u razvoju i primjeni novih koncepcija i novog, potpunijeg i efikasnijeg sistema zaštite stanovništva od zračenja u slučaju nuklearnih akcidenata ili katastrofe. Osnovne elemente nove koncepcije opisali smo na drugom mjestu (2). Njena bit:ostvarenje efikasne općenarodne

obrane i u ovoj oblasti.

U slučaju nuklearne katastrofe radijaciona opasnost ugrožava sve ljude podjednako, ali pojedinac može primiti dozu vrlo različitu od prosječne. Zato u opasnosti lični dozimetar treba posjedovati cijelo stanovništvo. Sistem dozimetrije treba biti primjenjiv i u situaciji kada su zbog radioaktivne kontaminacije izolirani i privremeno dezorganizirani veliki teritoriji. Lični dozimetar i čitač može biti jedino sredstvo koje malim izoliranim grupama ljudi pomaže da razumiju situaciju i organiziraju samopomoć, te tako smanje broj žrtava. Poznavanje opasnosti je i ovdje preduvjet sposobnosti i volje da se izdrži u razumnom djelovanju bez panike. Budući da je opasnost ozračenja najveća u prvim danima, mjerenje doze je najpotrebnije još u toku boravkka u skloništu ili zaklonu. Brzi podatak o dozi za svakog pojedinca potreban je: da se odredi stupanj radijacione ozljede i pruži prva pomoć, da se ohrabre neozlijeđeni i da se ograniče na najnužnije buduća ozračenja. U slučaju dugotrajnog ili ponovljenog ozračenja treba odrediti efektivnu zaostalu dozu (stupanj oporavljanja). Tada se prvo ozračenje mora izmjeriti unutar četiri dana, a zatim se ponovno mjeri u svakoj prilici kada je moglo doći do značajnog daljnjeg ozračenja. U slučaju ozračenja kada neutronska doza bitno premašuje gama dozu,atenuacija doze po dubini tijela je značajna pa se točna dozimetrijska informacija može dobiti samo ako se nose dva dozimetra na suprotnim stranama tijela. Svako ozračenje je štetno, pa se općim mjerama ono nastoji izbjeći. To se najefikasnije postiže na osnovi poznavanja brzine doze i polja zračenja, te primjenom jednostavnih mjera u ograničenju kretanja van zaklona. U području doza za koje je značajan samo kronični efekt zračenja pritom nije potrebna opća lična dozimetrija, a doze se s dovolnom točnošću mogu procijeniti na osnovi podataka o polju zračenja i vremenu izlaganja. Otuda masovni lični dozimetar mora točno mjeriti samo doze koje izazivaju akutne posljedice.

Dozimetrijski sistem opće namjene koji zadovoljava navedene potrebe i zahtjeve mora pored ostalog posjedovati i slijedeća svojstva ličnog dozimetra, čitača i postupka prevođenja očitane doze u potpunu dozimetrijsku informaciju: dostupan svima pocijeni, trajnosti i jednostavnosti upotrebe; nezavisan od izvora energije, održavanja ili snabdjevanja rezervnim djelovima; što manja potreba obuke i prednaobrazbe, primjenjivost poslije proste vježbe

koja se može izvesti prema pisanoj uputi o rukovanju, održavanju i obradi podataka; direktno mjeri dozu u jedinicama"rad u tkivu" nezavisno, unutar praktičnih granica, od sastava i energije zračenja; brzo davanje podatka, integriranje doze (da evidencija ne bi bila jedini dokument) i dovoljno dugo čuvanje podatka; nekvarljivost i pouzdanost dozimetra i čitača kroz više godina na skladištu i u upotrebi; čitač posebno mora biti dostupan svakom improviziranom skloništu makar i u pojednostavnjenoj izvedbi, dakle jeftin i jednostavan.

Ovdje opisani sistem lične dozimetrije zadovoljava sve ove zahtjeve.

KEMIJSKI DOZIMETRIJSKI SISTEM I NJEGOVA DOZIMETRIJSKA KALIBRACIJA

Razvijen je kemijski tekući sistem za dozimetriju niskih doza neutrona i gama zračenja (3,4 - i tamo citirani radovi). Među kemijskim dozimetrima, u pogledu reproducibilnosti G-vrijednosti i njene stabilnosti u promjenljivim uslovima, ovaj sistem se može usporediti s ferosulfatnim dozimetrom. Sistem se lako priređuje. Sastav mu je: klorbenzen (10 volumnih %), etanol (10%) i indikator timolsulfonftalein, sve u trimetilpentanu. Slobodni elektroni nastali zračenjem reagiraju s klorbenzenom u procesu rezonantnog disocijativnog zahvata dajući Cl^-, a zatim i HCl s prinosom G(HCl)=5. Solna kiselina reagira sa solju indikatora oslobađajući njego kiseli oblik i tako mijenja boju sistema od žute u crvenu. Mala G-vrijednost i povoljni mehanizam radijaciono-kemijske reakcije odgovorni su za visoku dozimetrijsku pouzdanost sistema, dok je visoka osjetljivost dozimetra posljedica visokog ekstinkcionog koeficijenta indikatora ($4,4 \times 10^4$ $l\ mol^{-1} cm^{-1}$ obzirom na količinu HCl). 100 rada izaziva u spektrofotometrijskoj kiveti dužine 10 cm promjenu ekstinkcije od $0,170 \pm 0,002$ na valnoj dužini od 552 nm, pa je u tom slučaju moć dozimetrijskog razlučivanja sistema oko 1 rad. Promjena ekstinkcije je unutar 1% linearna s dozom do iznad 1000 rada, a nezavisna je od temperature ozračivanja (mjereno od -30 do +50°C) i brzine doze (mjereno od sasvim malih vrijednosti do oko 10^6 rad/h; prema indirektnim dokazima - na osnovi radijaciono-kemijskog mehanizma i na osnovi eksperimenata sa sličnim sistemom (3) - do 10^9rad/h). Pri stajanju u tami sistem je potpuno stabilan.

Sistem je ekvivalentan tkivu u smislu što mu je odziv za jedan rad u tkivu gotovo nezavisan od energije fotona i neutrona(unutar greške eksperimentalnih mjerenja):

- za fotone 0,06 do 3 MeV signal je konstantan unutar ± 0,3%;
- za fotone 0,06 do 0,01 MeV signal opada do 10% ispod vrijednosti za više energije, što je izvanredno povoljno u odnosu na energetsku zavisnost drugih sistema.

Za brze neutrone svih energija značajnih u akcidentalnoj dozimetriji sistem apsorbira 1,4 puta više energije nego tkivo. Ovime se kompenzira smanjenje G-vrijednosti izazvano višim LET neutrona u odnosu na gama zračenje. G(HCl) za neutrone energije 14,7 MeV (4) je 0,66 puta manje nego za gama zračenje. Tako je signal za 1 rad u tkivu ovdje: 1,4 x 0,66 = 0,93. U eksperimentima s mješanim zračenjem određen je signal za 1 rad u tkivu za fisioni spektar neutrona. Navodimo rezultate i osnovne podatke o kalibraciji mjerenja i karakteristikama izvora zračenja:

(a) 0,96 ± 10%; kalibracija Mg i CH ekvivalentnim protočnim ionizacionim komorama; izvor zračenja: konverter reaktora TRIGA u Ljubljani, približno nedirnuti fisioni spektar.

(b) 0,95 ± 30%; jako u D_2O moderirani fisioni spektar RB-reaktora u Vinči; eksperiment je bio identičan onome koji je izvršen u okviru III IAEA interkomparacije dozimetrijskih akcidentalnih sistema, pa je kalibracija izvršena aktivacionim detektorima, termoluminiscentnim dozimetrima i ionizacionim komorama (oboje za gama dozu) i specijalnim metodama za taj IAEA eksperiment mogla biti korištena i ovdje za interpretaciju aktivacionih mjerenja (izvedenih od strane I.Mirić i saradnika) i kontrolu, odnosno korekciju svih ostalih mjerenja u našem eksperimentu; greška kalibracije je relativno velika, ali je ipak povoljna, obzirom na mali udio neutronske u ukupnoj dozi i jako deformirani spektar.

(c) 0,93,"približno"; izvor zračenja: uređaj "SNIF" eksperimentalnog reaktora u Trombay-u, Indija, prema privatnom saopćenju B.L.Gupte koji je ozračivao naš sistem (4).

Svi ovi podaci o odzivu našeg kemijskog sistema na 1 rad u tkivu neutronskog zračenja pokazuju iznenađujuće slaganje. Usprkos tom slaganju ne može se tvrditi da je osjetljivost sistema obzirom na rad u tkivu različita za gama zračenje i neutrone. Razlika je iu najtočnijem eksperimentu (neutroni 14,7 MeV i fisioni neutroni konvertera) unutar greške eksperimenta. Ova nesigurnost nije međutim bitna, obzirom na opću nesigurnost dozimetrijske kalibracije neutronskih ozračivanja i u odnosu na dozvoljene greške akcidentalne dozimetrije neutrona, a pogotovo u odnosu

na varijabilnost omjera površinske i prosječne dubinske doze u čovjeku,koju izaziva varijabilnost neutronskog spektra i udjela neutronske u ukupnoj dozi. Te varijabilnosti se ne uzimaju u obzir u praktičnoj dozimetriji za vanredne uslove (1), što pokazuje opća težnja da se kao prva dozimetrijska informacija iz koje se direktno izvodi zaključak o ozljedi uzima "maksimalna doza na površini tijela" u jedinicama rad u tkivu.

Ovo nam daje pravo da zaključimo: Kemijski sistem je kalibriran za neutrone s dovoljnom točnošću. Njegova apsolutna greška dozimetrije za gama zračenje je ispod ± 3%. Naknadne ev. promjene kalibracije za neutrone ne zahtijevaju promjenu skale čitača, već se dovoljno točno primjenjuju kao brojčani korekcioni faktor. Slične korekcije će u praktičnoj terenskoj dozimetriji biti potrebne i pri drugim promjenama koje će izazvati dalnji napredak nauke u pitanjima kao što je radiobiološka efektivnost neutrona pri akutnom ozračenju dozama koje izazivaju radijacionu bolest, ili procjena vjerojatnosti pojave nekog tipa neutronskog spektra u praksi. Za prevođenje doze u dozimetru u podatak o vjerojatnoj ozljedi ili o dozi u organizmu (središnjoj dozi ili sl.) potrebne su u svakom slučaju različite tabele ili konverzioni faktori, zavisno od toga radi li se o gama zračenju ili miješanom zračenju. Ovakve tabele će zbog varijabilnosti praktičnih situacija ozračenja čovjeka (u realnim situacijama tu,pored spomenutog, ulazi i položaj ili djelomična ekranizacija tijela, momentano zdravstveno stanje i drugi faktori koji faktički mijenjaju odnos doze u dozimetru prema ozljedi) uvijek sadržavati kompromis koji sadrži znatno veću grešku od greške kalibracije dozimetra, greške RBE i sl.

DOZIMETAR I ČITAČ - ČITANJE DOZA

Lični dozimetar sadrži staklenu ampulu (Ø 5 mm x 128 mm, napunjenu kemijskim sistemom u dužini od 100 mm) smještenu u plastičnom držaču - penkali - dimenzija Ø 13 mm x 130 mm, koja ampulu štiti od udara i svijetla i osigurava joj ravnitežu komptonovih elektrona. Zračenje mijenja boju ampule od žute u crvenu, dakle u području boja za koje je ljudsko oko najosjetljivije. Čitač sadrži 33 standarda boje, koji su veličinom i oblikom jednaki ampuli dozimetra. Svaki standard točno odgovara boji dozimetra ozračenog nekom dozom. Pri očitavanju se otvoreni dozimetar utakne u čitač, ampula dozimetra se prebaci u čitač i njezina se boja usporedi s bojom standarda. Kad se standard najsličniji

dozimetru namjesti ispod ampule dozimetra, doza se očita na skali. Sistematska greška usporedbe boja uklanja se očitavanjem vanjskih standarda koji pripadaju kompletu čitača, a služe i za obuku. Obuka od par sati zadovoljava, a može se obaviti samostalno po uputi. Nesistematska greška očitanja smanjuje se ponavljanjem čitanja i uzimanjem srednje vrijednosti. Čitač radi bez izvora energije pri svakom vanjskom osvijetljenju (od svijeće do dnevnog svjetla). Obučena osoba može očitati oko 200 dozimetara na sat uz standardnu devijaciju 7 rada ili 3%, prema tome što je veće. Ukupna apsolutna dozimetrijska greška (standardna devijacija) za jednokratno očitanje i srednju vrijednost četiri očitanje (brojke u zagradama) iznose bez sistematske greške: pri 50 rada - 17 (9)%, pri 100 rada - - 10 (6)%, pri 300 do 600 rada - 6 (4)%, sve za gama zračenje. Pri kritičnim dozama, uz višektatno očitanje (40 - 50 dozimetara na sat) ovaj jednostavni sistem je pouzdaniji od instrumentalnih sistema i u laboratorijskim, a posebno u terenskim uslovima.

SUMMARY

The new type general purpose personal dosimeter is described capable of measuring the rad in tissue surface absorbed dose from neutrons and gamma rays independently of energy spectrum, within the range of dose and error appropriate for personal dosimetry in nuclear accident and emergency conditions. This dosimeter gives immediately the dosimetric information necessary to evaluate the acute radiation hazard. The main component of the dosimeter is a chemical system changing colour from yellow to red. The range is 1000 rad. The readout of dose is performed with the visual colorimeter which is working without energy supply. 200 dosimeters may be read in one hour. The dosimeter integrates the doses.

LITERATURA

(1) ŽIVADINOVIĆ M., DVORNIK I.: "Lična neutronska i gama dozimetrija u vanrednim uslovima", ovaj Simpozij

(2) DVORNIK I., RAŽEM D.: "Uloga radijacione dozimetrije u prognozi, dijagnozi i tretmanu radijacione bolesti u ratnim uvjetima", I Jugoslavenski kongres nuklearne medicine, Split, 9-12.10.1974., Zbornik radova, u štampi

(3) DVORNIK I., ZEC U., Proc. III Symp. on Radiation Chemistry, Tihany 1970, Akademiai Kiado, Budapest 1972, str. 219

(4) GUPTA B.L., DVORNIK I., ZEC U., Phys.Med.Biol.19,843,1974

(5) DVORNIK I., RAŽEM D., BARIĆ M., Large Radiation Sources for Industrial Processes (Proc. IAEA Symp. 123/46), str. 613, 1971, IAEA, Beč.

TEHNIČKI PODACI

Težina: dozimetar, 20 g; čitač u torbici, 1250 g. Opseg mjerenja: 1000 rada. Trajnost dozimetra i čitača: 10 godina. Stabilnost dozimetrijskog podatka: - 10% kroz 100 dana pri dozi 500 rada. Provjera nule dozimetra i vježba dozimetrista: prve godine svakih 6 mjeseci, a zatim svake godine.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20 - 23 maj 1975

Mirić I., Ubović Ž., Mirić P.

SPEKTAR I DOZA NEUTRONA REGISTROVANI LIČNIM DOZIMETRIJSKIM SREDSTVOM I DOZIMETROM POLJA

REZIME

U radu je za različita neutronska polja eksperimentalno odredjen spektar neutrona u vazduhu i na površini tkivno-ekvivalentnog fantoma. Izmerene vrednosti su iskorišćene za izračunavanje srednje vrednosti doze po 1 $n.cm^{-2}$.

Rezultati su pokazali da telo ozračene osobe može znatno da utiče na promenu oblika spektra upadnih neutrona, tako da se izračunate srednje vrednosti doza po 1 $n.cm^{-2}$ razlikuju i do 30%.

Izvršena merenja su pokazala da zbog moderiranja, termalizacije i refleksije neutrona sa fantoma, na površini fantoma se registruje povećana doza koja u odnosu na dozu u vazduhu može znatno da se razlikuje. Povećanje doze može da iznese i do 40%, ako se odredjuju kerma vrednosti i apsorbovana doza od jezgara uzmaka, a preko 100% ako se odredjuje doza od H(n,gama) reakcije.

U V O D

Čovečije telo predstavlja sredinu u kojoj se vrši refleksija, apsorpcija i moderiranje neutrona. Kao rezultat ovih interakcija telo "emituje" neutrone čiji se spektar razlikuje od upadnog spektra, a lično dozimetrijsko sredstvo ih registruje kao dodatnu dozu. Da bi se primljena doza neutrona odredila sa greškom manjom od ±20% (što odgovara uslovima lične dozimetrije) neophodno je da se poznaje uticaj čovečijeg tela na pokazivanje ličnog dozimetrijskog sredstva.

U ovom radu su za različite neutronske spektre, koji mogu da se dobiju oko nuklearnih postrojenja, izmereni spektri neutrona u vazduhu i na fantomima, zatim je odredjen uticaj neutrona "emitovanih" iz ozračenog tela na vrednost doze po 1 $n \cdot cm^{-2}$(specifične doze) i ukupne doze neutrona registrovane pomoću ličnog dozimetrijskog sredstva.

GLAVNE KARAKTERISTIKE NEUTRONSKIH POLJA

Aproksimacija neutronskih spektara u vazduhu i na tkivno-ekvivalentnim fantomima vršena je za neutronska polja koja se dobijaju

a. Na 3 m od eksperimentalnog nuklearnog reaktora HPRR (Oak Ridge). Ovo postrojenje daje nemoderirani fisioni spektar sa vrlo malim doprinosom termalnih i intermedijarnih neutrona (srednja energija oko 2.3 MeV)(1,2);

b. Na 3 m od HPRR reaktora, iza zaštitnog zida od 13 cm Fe. Spektar neutrona ima maksimum pomeren ka nižim energijama (srednja energija je oko 1.2 MeV) i mali doprinos termalnih neutrona (1,2);

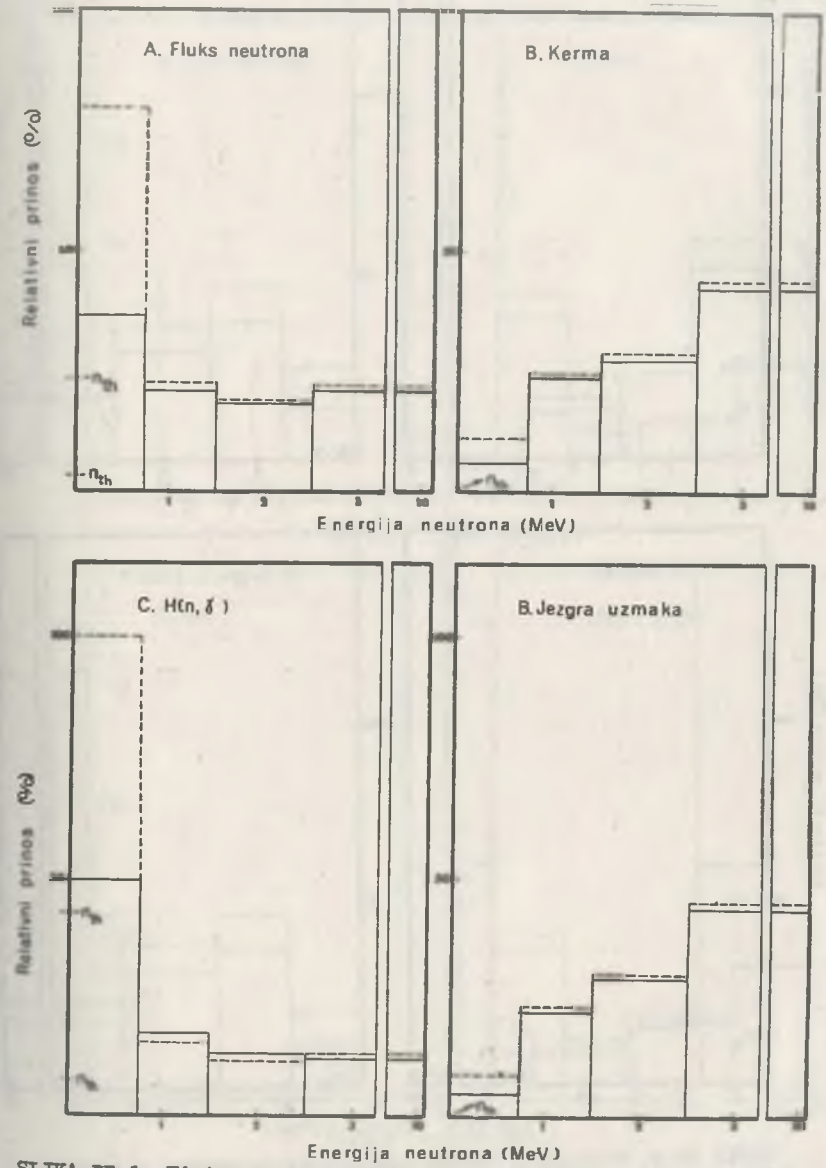
c. Na rastojanju 3 m od tanka reaktora RB u Vinči. Spektar neutrona predstavlja jako moderirani fisioni spektar u kojem dominiraju intermedijarni neutroni (3);

d. Na rastojanju 1 m od eksperimentalnog kanala VK-5 reaktora RA u Vinči. Spektar neutrona je jako moderiran fisioni spektar u kojem dominiraju termalni neutroni, a takodje je značajan prinos intermedijarnih neutrona (4).

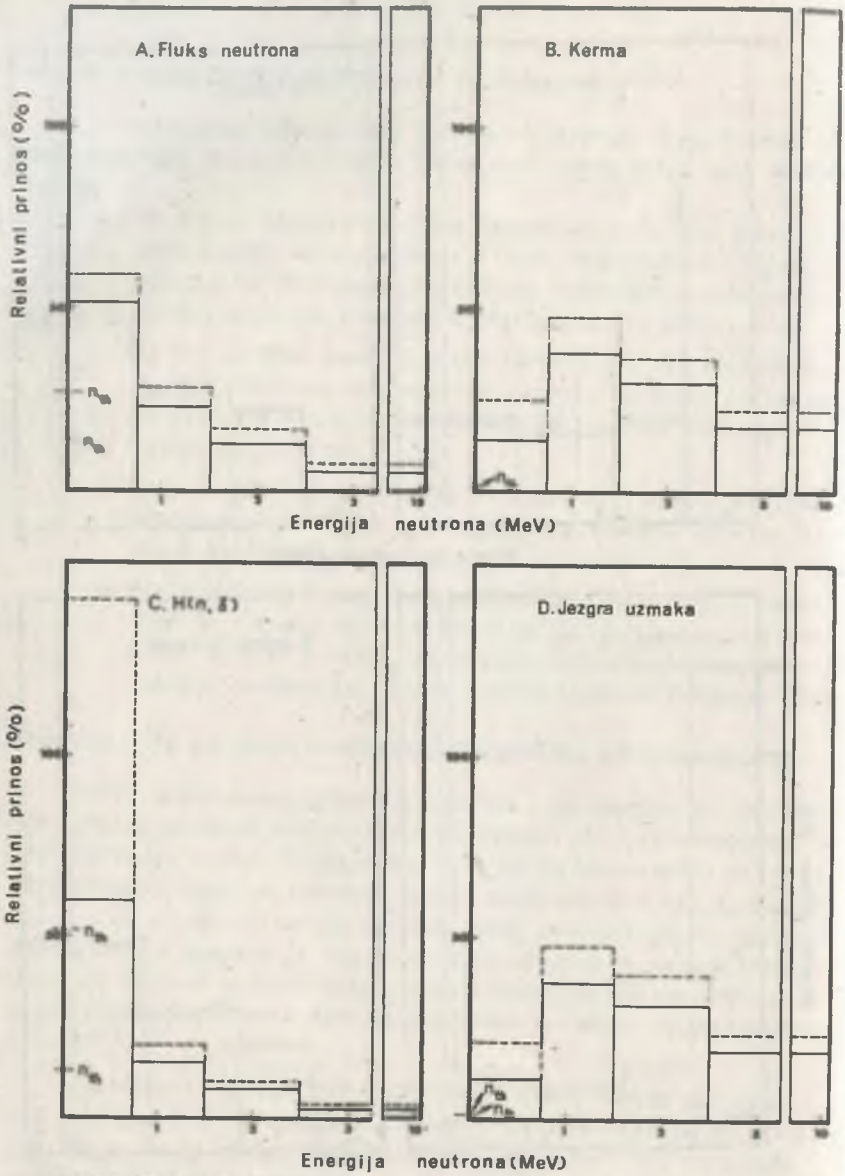
APROKSIMACIJA NEUTRONSKIH SPEKTARA I RASPODELA NEUTRONSKE DOZE

Oblik neutronskog spektra u vazduhu i na fantomu je odredjen pomoću sledećih aktivacionih detektora: Cu - za odredjivanje doprinosa termalnih neutrona; Cu i Au (u Cd-omotaču) za aproksimaciju spektra intermedijarnih neutrona (0.4 eV< E_n<0.1MeV) In, S i Mg za aproksimaciju spektra brzih neutrona (E_n>0.1MeV). Aproksimacija spektra je vršena uz pretpostavku da se u intermedijarnoj oblasti spektar može opisati funkcijom oblika $1/E^a$, a u pojedinim energetskim intervalima brzih neutrona funkcijama oblika $E^{1/2}e^{-bE}$ (5,6).

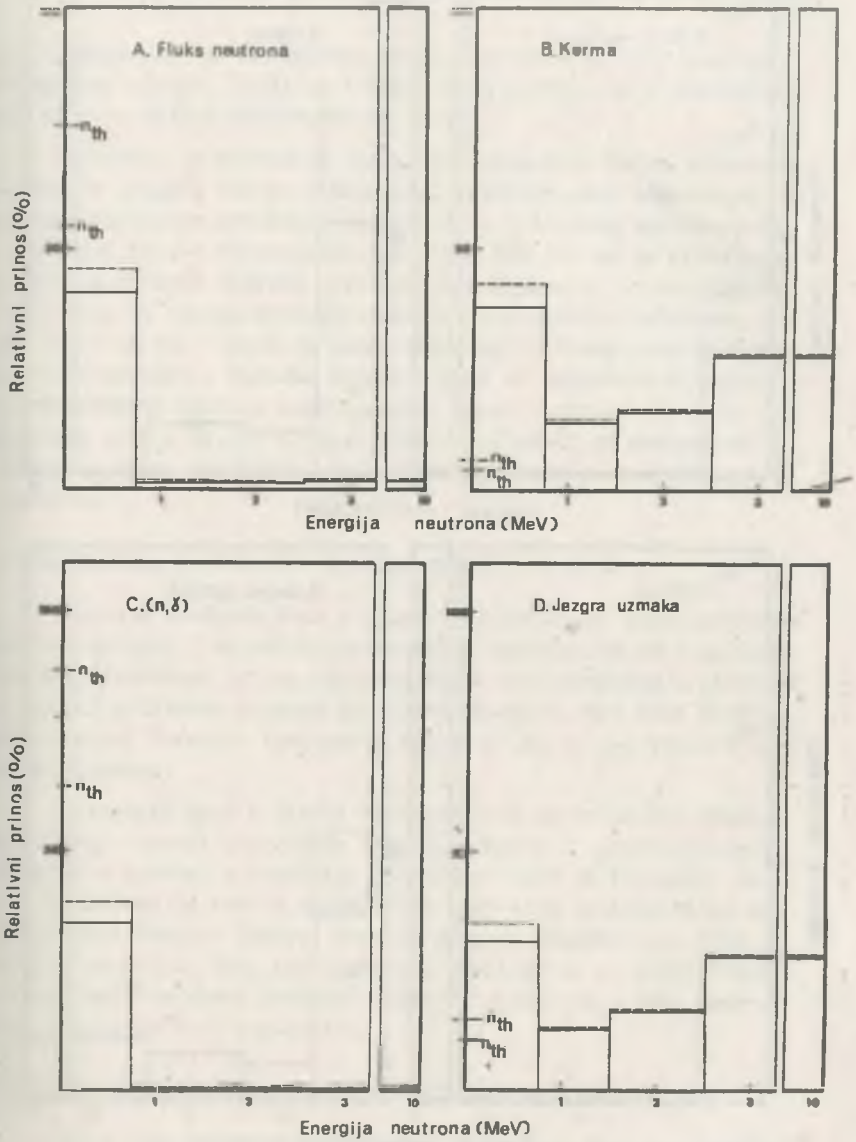
Rezultati merenja neutronskih spektara u ranije definisanim poljima su prikazani pomoću histograma A na slikama br.(1-4). Kao što se moglo očekivati u svim neutronskim poljima povećanje neutronskog fluksa je najveće u energetskoj oblasti E_n<0.75 MeV. Povećanje intenziteta meke komponente spektra zavisi od spektral-



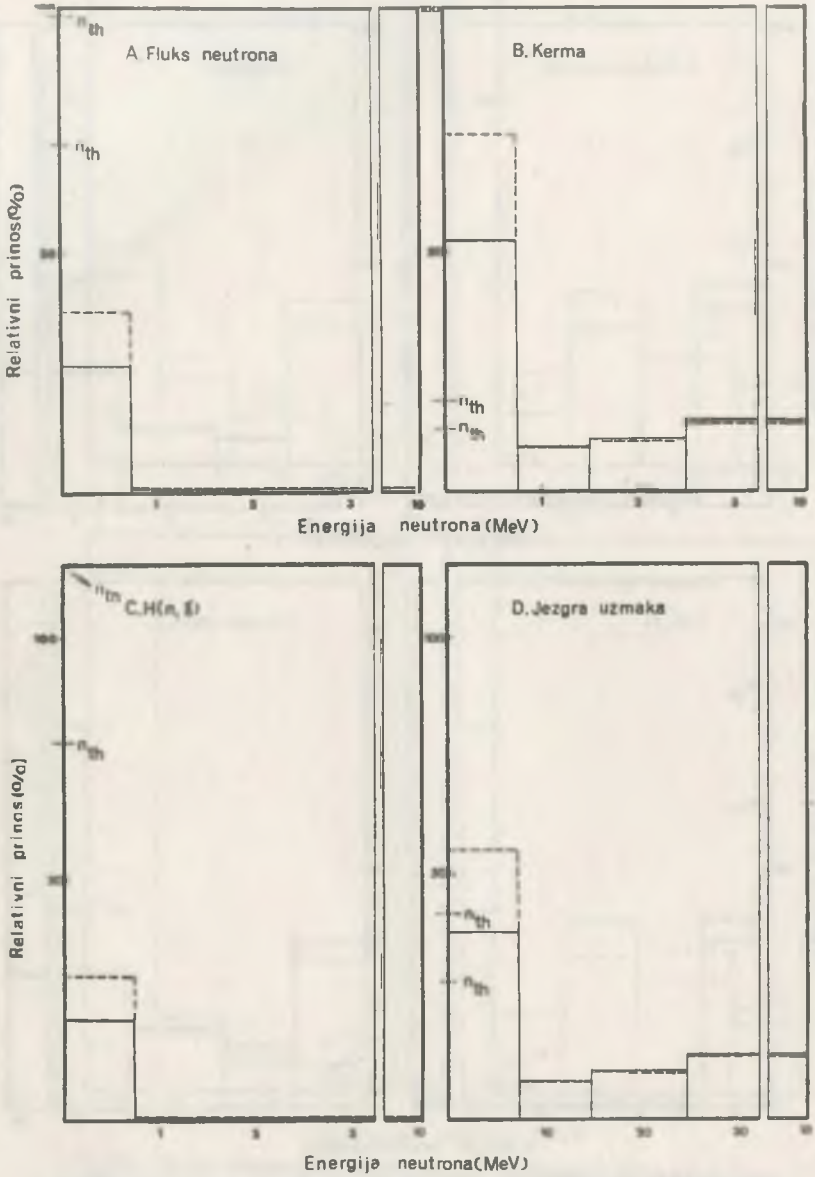
SLIKA BR.1. Histogram energetske raspodele fluksa i doze nemoderiranih fisionih neutrona (3 m od HPRR) ____ izmereno u vazduhu, ---- izmereno na fantomu



SLIKA BR.2. Histogram energetske raspodele fluksa i doze fisionih neutrona čiji je spektar deformisan zaštitnim zidom od 13 cm Fe (3 m od HPRR); ____ izmereno u vazduhu, —— izmereno na fantomu



SLIKA BR.3. Histogram energetske raspodele fluksa i doze moderiranih fisionih neutrona (3 m od RB); _____ izmereno u vazduhu, ---- izmereno na fantomu



SLIKA BR.4. Histogram energetske raspodele termalizovanih fisionih neutrona (1 m od RA); ____ izmereno u vazduhu, —— izmereno na fantomu

nih karakteristika neutronskog polja i utoliko je veće ukoliko je spektar upadnih neutrona tvrdji. Ovaj podatak je u saglasnosti sa rezultatima W.Schmitt-a i dr.(7).

Računski je odredjena energetska raspodela kerma vrednosti i doze od jezgara uzmaka i H(n,gama) reakcije koji odgovaraju izmerenim spektrima neutrona. Rezultati su prikazani histogramski na slikama br.1-4 (histogrami B,C i D). Kao što se iz slika vidi prisustvo fantoma najviše utiče na raspodele doza u neutronskom polju koje se dobija deformacijom fisionog spektra zaštitnim zidom od 13 cm Fe. U slučaju nedeformisanog fisionog spektra (slika br.1) prisustvo fantoma najviše utiče na raspodelu H(n,gama) doze, dok je u slučaju moderiranih i termalizovanih fisionih spektara (slike br.3 i 4) ovaj uticaj podjednak na energetsku raspodelu kerma vrednosti, doze od jezgara uzmaka i od H(n,gama) reakcije.

UTICAJ FANTOMA NA SREDNJU VREDNOST SPECIFIČNE DOZE

Srednja vrednost doze po 1 $n.cm^{-2}$ (specifična doza) zavisi izmedju ostalog i od oblika neutronskog spektra. Za gore opisane spektre izračunata je srednja specifična doza neutrona i odredjen je uticaj prisustva fantoma na njenu vrednost. Pri tome nije uzeta u obzir termalna komponenta spektra, jer se ona većinom izražava posebno.

Rezultati dati u tabeli br.1 pokazuju da prisustvo fantoma prouzrokuje porast specifične kerma vrednosti i specifične doze od jezgara uzmaka, a smanjenje specifične doze od H(n,gama) reakcije. Uticaj je veći u slučajevima kada su u pitanju teške naelektrisane čestice (kerma, doza od jezgara uzmaka), pri čemu razlika iznosi do 30%. Ako se uzme u obzir da se za pokazivanje ličnog dozimetrijskog sredstva toleriše greška do ± 20%, onda se ovaj uticaj ne može zanemariti.

POVEĆANJE REGISTROVANE DOZE ZBOG PRISUSTVA FANTOMA

Povećanje neutronskih doza zbog prisustva fantoma odredjeno je pomoću aktivacionih detektora koji su ozračeni pod identičnim uslovima u vazduhu i na tkivno-ekvivalentnom fantomu. Pri

TAB.br.1. Srednje vrednosti specifičnih doza za izmerene neutronske spektre u vazduhu i na fantomu

SPEKTAR NEUTRONA	KERMA			DOZA OD JEZGARA UZMAKA			DOZA OD H(n,γ) REAKCIJE		
	Vazduh	Fantom	Δ	Vazduh	Fantom	Δ	Vazduh	Fantom	Δ
	$\times 10^{-10}$			$\times 10^{-10}$			$\times 10^{-10}$		
HPRR	21.15	16.23	23%	25.00	19.06	24%	1.85	2.13	-15%
HPRR-iza Fe	14.30	10.61	26%	16.37	12.04	26%	2.13	2.38	-12%
RB	5.15	4.88	5%	5.74	5.40	6%	2.80	2.82	-0.7%
RA	3.56	3.11	13%	3.81	3.28	14%	2.89	2.92	-1.0%

TAB.br.2. Odredjene vrednosti ukupne doze neutrona u vazduhu i na fantomu

SPEKTAR NEUTRONA	KERMA			DOZA OD JEZGARA UZMAKA			DOZA OD H(n,γ) REAKCIJE		
	Vazduh	Fantom	Δ	Vazduh	Fantom	Δ	Vazduh	Fantom	Δ
HPRR	338	368	9%	399	433	9%	33	68	106%
HPRR-iza Fe	96	129	34%	110	147	34%	16	37	131%
RB	86	92	7%	102	112	10%	121	156	29%
RA	864	1099	27%	1129	1463	30%	2842	4194	48%
RA-iza Cd	744	1026	38%	796	969	22%	620	1122	81%

NAPOMENA: Δ je izračunato po jednačini

$$\Delta = \frac{\text{Vazduh} - \text{Fantom}}{\text{Vazduh}} \cdot 100$$

tome je, sem navedenih spektara neutrona, korišćen i kadmijumom filtrirani spektar iz vertikalnog kanala VK-5 reaktora RA u Vinči (da bi se razdvojio efekat od termalnih i intermedijarnih neutrona). Rezultati su prikazani u tabeli br.2.

Kao što se iz tabele vidi, povećanje kerma vrednosti je najmanje u neutronskom polju koje se dobija na 3 m od reaktora RB u Vinči (oko7%) i u nedeformisanom fisionom spektru koji se dobija na 3 m od HPRR reaktora (oko 9%). Za neutronske spektre koji se dobijaju na eksperimentalnom kanalu VK-5 reaktora RA u Vinči i pri deformaciji fisionog spektra iz HPRR reaktora pomoću Fe apsorbera, povećanje kerma vrednosti je znatno veće i u nekim slučajevima može da dostigne vrednost 40%.

Ukupno povećanje apsorbovane doze od jezgara uzmaka je slično povećanju registrovane kerma vrednosti (što je saglasno sa teorijskim predvidjanjima). Prisustvo fantoma najviše utiče na povećanje registrovane apsorbovane doze od H(n,gama) reakcije. Za spektre neutrona na HPRR reaktoru povećanje je veće od 100%, a na reaktoru RB iznosi samo 29%. Podaci dobijeni za spektre neutrona na reaktoru RA ukazuju da povećanje H(n,gama) doze zbog prisustva fantoma treba da raste sa povećanjem "tvrdoće" primarnog spektra. Potvrdu ove pretpostavke treba da daju dalja ispitivanja.

Podaci prikazani u tabeli br.2 ne ukazuju na uočljivu zavisnost izmedju oblika neutronskog spektra i povećanja registrovane doze neutrona zbog prisustva fantoma. Uzrok može da leži u činjenici da uslovi ozračivanja nisu bili uporedljivi (na pr. rastojanje izmedju izvora neutrona, odnosno zaštitnog zida i mesta ozračivanja nije bilo konstantno). Za dobijanje kvantitativne veze izmedju doze upadnih neutrona i doze koja se registruje na površini fantoma (ozračene osobe) potrebna je detaljnija analiza.

ZAKLJUČAK

Uporedjivanjem spektra i doze neutrona registrovanih u vazduhu i na površini fantoma dobijeno je da fantom znatno utiče na vrednosti koje registruje lično dozimetrijsko sredstvo. Za

uspostavljanje kvantitativne veze izmedju doze registrovane u vazduhu i na površini tela ozračene osobe potrebna su detaljnija ispitivanja faktora koji utiču na ovu vezu.

U ovom radu je pokazano da u realnim uslovima ozračivanja može da se registruje povećana doza zbog prisustva fantoma (tela ozračene osobe). Ovo povećanje može da iznosi i oko 40%, ako se odredjuju kerma vrednosti i apsorbovana doza od jezgara uzmaka, a preko 100% ako se odredjuje doza od H(n,gama) reakcije. To znači da se pri odredjivanju doze neutrona ovaj efekat unapred ne sme zanemariti.

RESUME

NEUTRON SPECTRA AND DOSES REGISTERED IN FREE AIR AND ON BODY SURFACE (Mirić I., Ubović Ž., Mirić P.)

Neutron spectra and dose values measured in different neutron fields in free air and on tissue-equivalent phantoms are given in this paper. The obtained values are used for dose per 1 $n.cm^{-2}$ determinations.

The results show that the irradiated body has a significant influence on the evaluated value of dose per 1 $n.cm^{-2}$ (up to 30%)

Due to moderation, thermalization and reflection of incident neutrons, dose values registered on the phantom surface are up to 40% higher than the corresponding ones registered in free air. If the H(n,gamma) dose is considered this augmentation can be even higher than 100%.

BIBLIOGRAFIJA

1. Auxier J.A., Proc Panel "Nuclear Accident Dosimetry Systems" 17-21 Febr.1969, IAEA, Vienna, 1970,153
2. Poston J.W., Knight J.R., Whitesides G.E., Health Physics 26, 217 (1974)
3. Mirić I., et al. SESR-CI 73/129 MB/OR, Apr.May (1973)
4. Ubović Ž.,Mirić I.,Trajković M., Radovi VII Jugosl.simp. "Zaštita od zračenja", 22-26 listopad 1973, Kaštel Stari IMIJAZU Zagreb 1973, 485
5. Mirić I., Mirić P., Veličković D., Radovi V Jugosl. simp. o radiološkoj zaštiti, Bled, oktobar 1970 ("Odredjivanje doza neutrona pomoću aktivacionih detektora")
6. Mirić I.,Mirić P.,Ubović Ž., IBK-1242 (januar 1974)
7. Schmitt W., Henig K., Sawenko B., Kernenergie 16, No.12. 384 (1973)

VIII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg-Novi, od 20. do 23. maja 1975.

Ćirić, V.
Saobraćajni fakultet, Beograd
Mirić, P., Mirić, I., Veličković, D. i Bratanić, I.
Institut za nuklearne nauka "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

REZULTATI ISPITIVANJA AKCIDENTALNIH DOZIMETARA "STEPHEN"

Rezime: U radu su prikazani rezultati provere većeg broja džepnih dozimetara "Stephen", tip 2200B-500, opsega 0-500 R, kao i punjača za iste. Na osnovu obavljenog ispitivanja izvedeni su zaključci u pogledu tačnosti merenja i stabilnosti rada ovog tipa dozimetra. Izvršena je i odgovarajuća provera punjača za ove dozimetre. Na kraju je data analiza potrebe obavljanja sistematske periodične kontrole ovih dozimetara i punjača.

Uvod

Dozimetar 0-500 R proizvod firme "Stephen", namenjen je za korišćenje u akcidentalnim i vanrednim situacijama kao lično dozimetrijsko sredstvo. Uzimajući u obzir značaj podataka koji se pomoću njega dobija i odluka koje na osnovu toga treba da se donesu, zaključeno je da bi bilo korisno proveriti osnovne osobine koje deklariše proizvođač.

Svakako da bi sistematsko proveravanje svih osobina, koje obuhvata mehanička, optička, električna i dozimetrijska ispitivanja u različitim uslovima primene (temperatura, vlažnost, korodivnost sredine i dr.), bio najbolji put da se dođe do pravog odgovora. Međutim, iz objektivnih razloga, to nije bilo moguće, posebno ako ispitivanje treba da obuhvati statistički dovoljan broj uzoraka. Zbog toga je odlučeno da se ispitivanje

ograniči na proveru samopražnjenja, tačnosti merenja ekspozicije i otpornosti na udare.

Ispitivanja su obavljena na 7.500 komada dozimetara i to pre nego što su od strane uvoznika predati kupcu, odnosno korisniku. Na taj način je istovremeno bilo moguće izvesti i potrebne zaključke o kvalitetu serije iz kojih su dozimetri ispitivani.

Kako uz dozimetre u sastav opreme ulaze i punjači za dozimetre, obavljeno je njihovo proveravanje. Ovo ispitivanje je izvršeno na 1.700 komada punjača za dozimetre.

Samopražnjenje

Ispitivanje samopražnjenja dozimetara je vršeno za periode od 1, 2 i 3 dana. Postupak se sastojao u tome što se dozimetar napuni tako da končanica bude tačno na nultom podeoku skale i u toku naredna tri dana, proverava položaj končanice na skali. Ukoliko bi končanica i posle tri dana bila u početnom, nultom položaju, dozimetar je tretiran kao ispravan na samopražnjenje. Ako bi posle prvog, drugog ili trećeg dana došlo do pomeranja končanice iz nultog položaja usled samopražnjenja, dozimetar bi bio ponovo napunjen (končanica dovedena na nulti podsok), a proces samopražnjenja praćen u toku naredna tri dana. U slučaju kada u drugoj proveri nema samopražnjenja, ceo postupak se ponovi još dva puta, pa ako nije došlo do pomeranja končanice u sva tri uzastopna proveravanja, dozimetar je smatran kao ispravan na samopražnjenje. Nije bilo slučajeva da se posle dve ili više provera u kojima dozimetar ima samopražnjenje, u narednim proverama na isti dozimetar samopražnjenje ne pojavi.

Rezultat ovih ispitivanja je sledeći: od 7.500 dozimetara 7.253 komada nije pokazivalo samopražnjenje; 242 dozimetra su u prvoj proveri imala relativno mala samopražnjenja a u narednim proverama samopražnjenja nije bilo; 5 dozimetara je u više provera pokazivalo nedozvoljeno veliko samopražnjenje. Interesantno je napomenuti da četiri od ovih pet dozimetara nisu pokazali zadovoljavajuće rezultate ni u proveri merenja ekspozicije.

Merenje ekspozicije

Radi određivanja tačnosti merenja ekspozicije dozimetri su ozračivani u polju zračenja ekspozicijama od 100 R i 300 R. Kao izvor zračenja korišćen je radioaktivni izotop Co-60 čija je aktivnost bila 48 Ci.

Procedura ispitivanja u ovom postupku je uzeta iz uputstva koje daje proizvođač za održavanje i testiranje rada dozimetara.

Svaki dozimetar je ozračen sa obe vrednosti ekspozicije i ako su vrednosti koje su pročitane na skali dozimetra bile unutar ±10% očekivane vrednosti, dozimetar je tretiran kao ispravan. Rezultati merenja svih dozimetara su prikazani u TAB. 1. Za dozimetre kod kojih je posle prvih ozračivanja izmerena vrednost ekspozicije bila izvan usvojenog intervala za jednu ili obe vrednosti ekspozicije, ceo postupak ozračivanja je ponovljen još tri puta. Rezultati ponovljenih merenja su prikazani u TAB. 2. Ako je u svim ponovljenim ozračivanjima izmerena vrednost bila unutar predviđenih granica, dozimetar je smatran ispravnim. U svim ostalim slučajevima je njegovo merenje ekspozicije uzeto kao neispravno.

TAB. 1.

Rezultati merenja ekspozicije od 100 R i 300 R

Očitane doze sa otstupanjem do ± 5 %	Očitane doze sa otstupanjem do ± 10 %	Očitane doze sa otstupanjem većim od ± 10%
5.288	1.998	214

Rezultati dobijeni ponavljanjem ozračivanja količine od 214 komada dozimetara, tj. kod kojih je otstupanje bilo veće od ± 10 %, prikazani su u TAB. 2.

TAB. 2.

Rezultati ponovljenih merenja ekspozicije od 100 R i 300 R

Očitane doze sa otstupanjem do ± 5 %	Očitane doze sa otstupanjem do ±10 %	Očitane doze sa otstupanjem većim od ±10%
68	130	16

Šesnaest dozimetara koji su pokazali otstupanje veće od ± 10 % vraćeni su kao neispravni.

Otpornost na udar

Ovo ispitivanje nije vršeno kao sistematska provera, već kao test proba. Na svakih 50 komada dozimetara koji su ispitivani na samopražnjenje i tačnost merenja ekspozicije, jedan je testiran na udare.

Test se sastojao u sledećem: Končanica se postavi na jednu petinu skale (100 R) i dozimetar pušta da slobodno pada sa visine od 1 m na 5 cm debelu hrastovu dasku koja je čvrsto povezana sa betonskim podom. Izvođena su tri pada: prvi sa okularom dozimetra na dole (dozimetar u vertikalnom položaju), drugi sa dozimetrom u horizontalnom položaju pri čemu je i skala u horizontalnoj ravni, i treći sa dozimetrom u horizontalnom položaju i skalom u vertikalnoj ravni. Pomeranje končanice posle sva tri pada treba da bude unutar ± 20 R od početne vrednosti.

Primenjujući navedeni postupak ispitano je 150 dozimetara. Kod 149 komada pomeranje končanice je bilo unutar predviđenog opsega na skali. Samo u jednom slučaju dozimetar nije zadovoljio uslove iz ovoga testa, jer je končanica posle drugog pada zauzela kos položaj u odnosu na skalu.

Ovo ispitivanje je imalo za cilj da se istovremeno proveri da li ima nečistoća koje se nalaze u dozimetru, jer bi se posle pada njihovo prisustvo primetilo pomoću optičkog sistema za čitanje skale. Ni kod jednog od ispitanih dozimetara nije primećeno prisustvo tragova prašine ili nečistoće unutar tela dozimetra.

Punjači za dozimetre

Provera punjača za dozimetre je obuhvatila kontrolu opsega napona punjenja i kontrolu neprekidnosti punjenja unutar opsega. Kao granične vrednosti za opseg uzete su one vrednosti koje garantuje proizvođač.

Ispitivanje je pokazalo da od 1.700 komada punjača za dozimetre, 1692 komada obezbeđuje neprekidnost napona punjenja dozimetara u predvidenom opsegu napona, a 8 komada punjača, zbog neispravnosti, ne daju nikakav napon punjenja.

Zaključak

Uzimajući u obzir sve rezultate izvršenih provera može se zaključiti sledeće:

- Obzirom da je ispitivanje bilo vršeno na serijski proizvedenim dozimetrima, može se reći da je njihov kvalitet vrlo ujednačen i na zadovoljavajućoj visini, jer je broj neispravnih dozimetara procentualno vrlo mali.

- Broj dozimetara koji naručuje krajnji korisnik često je vrlo mali, pa statistički posmatrano može da se desi da isti dobije veliki procenat neispravnih dozimetara. Kao posledica ovakvog sticaja okolnosti, a uzimajući u obzir namenu ovih dozimetara, može doći do pogrešnih procena ozračenosti lica, a samim tim i odluke koje iz toga proističu. Prema tome, sistematska provera dozimetara prilikom prijema od proizvođača, treba da bude stalna praksa.

- Smatramo da je neophodno ukazati i na potrebu sistematske povremene kontrole ispravnosti dozimetara, koja nažalost još uvek nije kod nas propisima regulisana. Potreba za takvom kontrolom proističe iz iskustva u našoj i drugim zemljama koje ukazuju da bez obzira da li se dozimetri koriste ili ne, u polju zračenja u toku vremena može da dođe do promene njihovih karakteristika, što se odražava na tačnost merenja ekspozicije. Najčešći uzroci promena su prodor vlage u dozimetar usled korozije i promena kapaciteta usled starenja materijala. Zbog toga je u mnogim zemljama predviđeno da se svake ili svake druge godine izvrši sistematska provera ispravnosti rada i stanja dozimetara.

- Na punjače džepnih dozimetara se može primeniti isto rezonovanje, a na osnovu toga izvući isti zaključak kao i za dozimetre.

RESULTS OF TEST
OF THE POCKET DOSIMETER "STEPHEN"

Abstract: The test of a number of "Stephen" pocket dosimeters type 2200B-500 was performed. The results concerning exposure and reproducibility measurements are represented. The requrements for periodical check and maintenance of the dosimeters are discussed.

VIII. SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA,
HERCEG NOVI 20.-23.5.1975

Uran Demetrij
Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Jamova 39

IZBOLJŠAVE NA MERILNIKU ZA ODČITAVANJE TERMOLUMINESCENTNIH DOZIMETROV

Vsebina:

V referatu so opisane nove tehnične rešitve v seriji akcidentalnih čitalnikov termoluminescenčnih dozimetrov MTLD 7108, ki jih izdelujemo na Institutu "Jožef Stefan" za potrebe civilne zaščite.

V primerjavi z dosedaj objavljenimi tehničnimi rešitvami so dosežene izboljšave z novejšim LED številčnim ekranom. Nadalje smo bolj neposredno dovedli referenčni svetlobni signal na katodo fotopomnoževalke in s tem izboljšali regulacijski sistem za stabilizacijo fotometričnega dela. Prikazana je tudi nova priprava za zbiranje odčitanih dozimetrov.

UVOD

Termoluminescenčni dozimetrijski sistem TDS-08, ki ga je razvil IJS za potrebe meritve akcidentalnih doz v območju nad 10 R in 700 R. Z razširjeno uporabnostjo med nekaj R in 1000 R je v dolgoletnih testiranjih pokazal svojo veliko natančnost pri vseh zahtevanih pogojih obratovanja. Na predhodnem VI. Simpoziju

smo opisali[1] konstrukcijske posebnosti čitalnika, ki ostajajo tudi v sedanji proizvodnji v principih neizpremenjene. Dodali smo le nekaj komponent, ki izpopolnjujejo izvedbo tako, da je prikladnejša za meritev in, da izkoristimo dosežke sodobne tehnologije. Na VII. Simpoziju smo prikazali[2] možnosti razširjene uporabnosti obstoječega čitalnika za delo v laboratorijih in zmožnost prenašanja izkušenj pri delu z akcidentalno dozimetrijo na področje meritev nizkih doz za potrebe v laboratorijski praksi in za merjenje gama doz v osebni dozimetriji. Nadalnje raziskave so bile usmerjene tudi za kombinacijo z drugimi tipi dozimetrov v nevtronski dozimetriji.

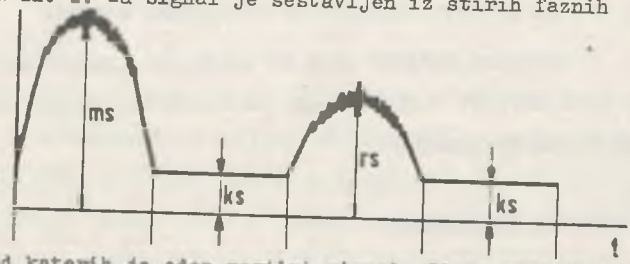
DIREKTNA PROJEKCIJA REFERENČNE SVETLOBE NA FOTOPOMNOŽEVALKO

. Princip delovanja čitalnika termoluminescenčnih dozimetrov je bil podrobno opisan že v publiciranih referatih[1,2,3], zato vseh podrobnosti na tem mestu ne bomo ponavljali. Opozorimo naj le na posebnost, da smo uporabili avtomatični regulacijski sistem za kontinuirno kalibracijo ojačenja fotometričnega sistema. Ta je zasnovan na svetlobnem izvoru, ki je vgrajen v termostatu in služi kot svetlobni standard. Svetloba iz svetlobnega standarda se med meritvijo izmenično vključuje in v določeni fazni poziciji detektira iz merilnega signala. Dobljeni signal se pretvori v enosmerni analogni signal in z njim po primerjavi z električno referenco tvorimo diferenčni signal, ki služi za avtomatično korekcijo fotoojačevalnika.

Na sliki 2a je prikazana prvotna zasnova preklopnega sistema za merilni in referenčni svetlobni žarek. Merilni žarek

poteka iz tablete kadar oddaja luminescenčno svetlobo na grelcu G in poteka preko optične prizme P skozi odprtino v zaslonki Z na katodo fotopomnoževalke F. Ko se zaslonka premakne v referenčni položaj in v tem faznem intervalu prehaja referenčni žarek iz termostata, ki vsebuje svetlobni izvor preko zrcala na poševnem robu rotacijske zaslonke in se odbija na katodo fotopomnoževalke F. Z rotiranjem zaslonke se naredi periodična električna napetost na izhodu iz fotopomnoževalke.

Električna slika enega cikla fotometričnega signala je razvidna na sl. 1. Ta signal je sestavljen iz štirih faznih



Sl. 1

segmentov od katerih je eden merilni signal, čigar amplituda je odvisna od intenzitete merjene svetlobe, drugi je referenčni signal, ki korigira trenutni ojačevalni faktor fotometričnega sistema in ostanek signala, ki pa predstavlja intenziteto temnega toka in drifta ničelne lege ojačevalnika in se ga korigira s posebnim ničelnim korekcijskim sistemom tako, da limitira proti ničelni vrednosti.

Ta sistem je bil preizkušen v vseh zahtevanih temperaturnih in atmosferskih pogojih in je prestal tudi mehanske obremenitve, kolikor jih je zdržala tudi fotopomnoževalna cev.

Pri proizvodnji pa predstavlja posebno zahteven element izdelava zrcala na rotacijski zaslonki. Da smo obšli te težave, ne da bi se pri tem odrekli preizkušenemu regulacijskemu sistemu, smo prestavili referenčni svetlobni izvor na drugo stran zaslonke tako, da se tako pri referenčnem kot pri merilnem žarku vklaplja in izklaplja svetlobni žarek s pomočjo odprtine v zaslonski rotacijski plošči. Pri tem smo uporabili isto odprtino v zaslonski plošči za preklapljanje obeh žarkov, ker smo smer referenčnega žarka projicirali pod primernim kotom. Na sliki 2 a je prikazana projekcija prvotnega svetlobnega toka, na sliki 2 b pa je nova razmestitev svetlobnih žarkov.

Izvedena rešitev daje še ugodnejše amplitude signalov in so tudi meritve s čitalnikom, ki uporablja to napravo dokazale prednosti te zamisli.

DIGITALNA INDIKACIJA

Merilni polval ms, ki ga vidimo na sliki 1 je linearno sorazmeren merjeni termoluminescenčni svetlobi in s tem tudi dozi, ki jo je dozimeter sprejel. Ta signal s sinhronskimi stikali izločimo od ostalih signalov, ga ojačimo in pretvorimo v digitalno vrednost, ki jo posredujemo na ekran. Pri prvotnih izvedbah smo uporabljali števne cevi z jonskim praznjenjem. Te zahtevajo visokonapetostno napajanje in zahtevne krmilne stopnje. Temu smo se v novejši konstrukciji izognili in uporabili LED številčne indikatorje. Dodali smo tudi indikacijo konca meritve, ki je potrebna, če je rezultat 0.

ZBIRANJE ODČITANIH DOZIMETROV

Odčitavanje dozimetrov s čitalnikom MTLD 7108 je zelo enostavno, ker je celoten potek povsem avtomatiziran. Dozimetrično tableto vstavimo v nastavek v glavi čitalnika, nato pa jo potisnemo z drsnikom na grelec in jo centriramo z rdečo tipko na drsniku. Po končani meritvi z drsnikom odrinemo tableto iz grelca in sama izpade iz glave čitalnika. V praksi se je pokazala potreba, da se zbirajo odčitane tablete v pripravni posodici. V izboljšani konstrukciji smo to predvideli in izdelali posodico v kateri se te tablete zbirajo, ko se pa dovolj ohladijo, pa po potrebi izpraznjujemo zbrane tablete.

ABSTRACT

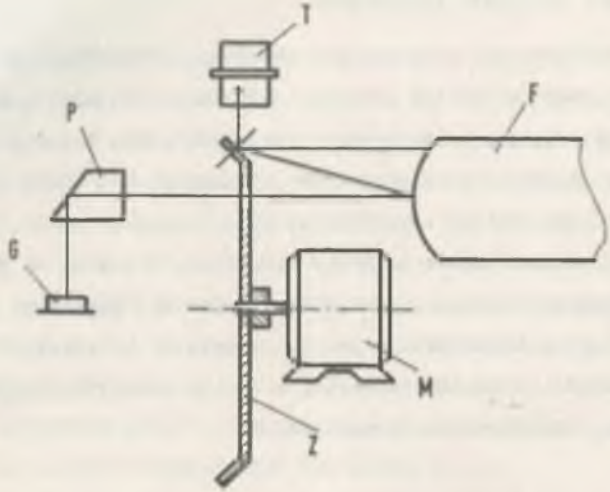
Some new technical solutions on thermoluminescence dosimetry reader MTLD 7108 are described in this paper. The principles of measuring method for this work is also briefly discussed. This reading instrument may be used for accidental personal dosimetry.

LITERATURA

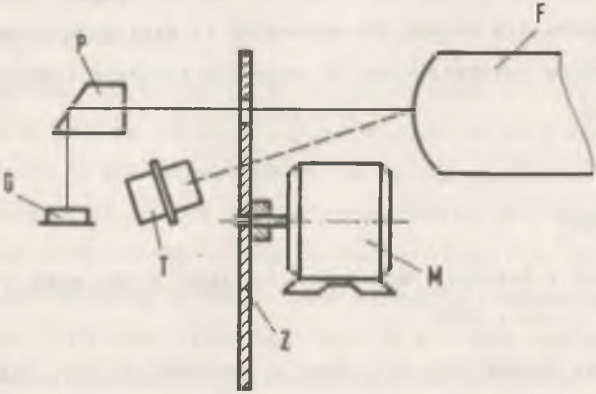
1. D.Uran, F.Kolenko: Radovi VI. Jug.simp. o rad.zašt. /p 197, Ohrid - april 1972

2. D.Uran: Radovi VII. Jug.simp. o rad.zašt. /p 224, Kaštel Stari - okt. 1973

3. D.Uran: Simp.of New.Dev in Phisical and Biol.Radiation Det. SM /143/18 Vienna 1970



Sl. 2a



Sl. 2b

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja.
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

Dušan Srdoč, Institut "Ruđjer Bošković", 41001 Zagreb, Pp. 1016

MEDJUNARODNA INTERKOMPARACIJA NEUTRONSKIH DOZA U ORGANIZACIJI IAEA

Primjena brzih neutrona i teških čestica u radioterapiji zahtijeva daleko složeniju dozimetriju u usporedbi s konvencionalnom gama dozimetrijom. Nagli razvoj neutronske radioterapije izazvao je potrebu za preciznom i uskladjenom dozimetrijom, kako bi se mogli usporedjivati rezultati terapije dobiveni u različitim centrima širom svijeta. Zbog toga je Medjunarodna Agencija za Atomsku Energiju (IAEA) organizirala sastanak eksperata iz više zemalja neposredno nakon drugog Simpozija o neutronskoj dozimetriji u München, od 7 do 9 oktobra 1974.g. s ciljem utvrdjivanja postupka za medjunarodnu interkomparaciju neutronskih doza, nazvanu skraćeno ENDIP, prema engleskom nazivu European Neutron Dosimetry Intercomparison Project. Referat prikazuje u sažetom obliku problematiku neutronske dozimetrije i zaključke Konferencije. Najvažniji podaci i zaključci Konferencije prezentirani su u izvornom obliku.

Pod pokrovitsljstvom IAEA održano je 7,8 i 9 oktobra 1974. g. savjetovanje stručnjaka iz područja neutronske dozimetrije pod nazivom Research Coordination Meeting sa ciljem da se razmotre naučni, stručni i tehnički aspekti programa interkomparacije neutronskih doza u različitim institucijama koje se bave (ili će se baviti) primjenom neutrona u radioterapeutske svrhe. Savjetovanje je održano neposredno nakon drugog Simpozija o neutronskoj dozimetriji u medicini i biologiji, koji je organizirao njemački institut za zaštitu od zračenja (GSF), tako da je većina učesnika IAEA savjetovanja sudjelovala u radu Simpozija i pratila najnovija dostignuća na tom području, odnosno dobar dio učesnika je i sam prezentirao svoje rezultate na Simpoziju. Većina učesnika savjetovanja sudjeluje u tzv. Research Agreement programima s Agencijom iz područja neutronske dozimetrije. Popis učesnika, institucija i zemalja iz kojih dolaze i njihova funkcija u odnosu na Agenciju dati su u Prilogu 1.

Prvog dana savjetovanja izložen je sa strane organizatora cilj sastanka, koji bi se mogao ovako sažeti: izmjena iskustava iz područja neutronske dozimetrije i usaglašavanje metoda mjerne tehnike. Kao konačni rezultat diskusije trebalo je da se definira opće prihvatljiv sistem i metod mjerenja neutronskih doza, koji će pod okriljem IAEA-e služiti za interkomparaciju. Originalni tekst uvodnog dokumenta koji precizira ciljeve Konferencije dat je u Prilogu 2.

U diskusiji koja je trajala dva dana svi učesnici savjetovanja iznijeli su svoja vlastita iskustva i opisali metode mjerenja neutronskih doza. Posebno je zapaženo izlaganje

L. Goodman-a koji je rukovodio sličnim projektom u SAD pod vodstvom prof. H.H. Rossi-a s Columbia Univ. Projekt zvan INDI (International Neutron Dosimetry Intercomparison) odvijao se dijelom u Brookhaven Nat. Lab. i primjer je vrlo precizno vodjenog eksperimenta na području neutronske dozimetrije.

Većina učesnika koristi različite modele tzv. tkivo--ekvivalentne ionizacione komore punjene s isto tako tkivo--ekvivalentnim plinom. Jedan učesnik iznio je alternativnu metodu pomoću koje se mogu dobiti odredjene informacije o neutronskom spektru (Dr. K. Becker - odredjivanje neutronske i gama komponente pomoću TLD i TSEE dozimetra). Medjutim, zauzet je stav da - pored ohrabrenja koje treba dati istraživanju novih metoda - zasad jedino "tkivo-ekvivalentna komora" može poslužiti za pouzdana mjerenja i interkomparaciju. Naglašeno je takodjer da je potrebno stimulirati fundamentalna istraživanja koja doprinose poznavanju procesa i interakcije u materiji (udarni presjeci za elemente koji čine tkivo, za neutrone s energijama od 1-50 MeV-a). Originalni tekst zaključaka konferencije sastavljen od naučnog sekretara IAEA, Dr. Irvinga Lerch-a dat je u prilogu 3.

Smatram da bi se naučni centri u našoj zemlji trebali uključiti u program Medjunarodne Agencije na području neutronske dozimetrije. U Institutu "Rudjer Bošković" postoje uvjeti za mjerenje doze brzih neutrona u skladu s preporukama Agencije. Potrebno je medjutim uložiti značajna sredstva kako u neutronsku dozimetriju tako i u uredjaje za medicinsku primjenu brzih neutrona, ukoliko želimo ići ukorak s razvojem primi-

jenjene nauke na tom području.

SUMMARY

A report on the IAEA Research Co-ordination Meeting on the Development of a Transfer Instrument for Neutron Dosimetry Intercomparison is presented. The main trends in experimental technique using tissue-equivalent ionisation chambers were discussed at the Meeting and an outline of thoughts, opinions and conclusions is presented. Original texts concerning the scope of the Conference and recommandations are given in Appendices 1 through 3.

Prilog 1

The following table lists the participants in the Research Coordination Meeting and their relationship with the Agency.

Name	Affiliation	Relationship to IAEA
Becker	Oak Ridge Nat.Lab, USA	participant in research agreement
Broerse	Radiobiological Institute TNO,Rijswijk,the Netherlands	consultant
Burger	GSF,Neuherberg, FRG	consultant
Dennis	Nat.Radiological Protection Board, Harwell, UK	participant in research agreement
Ebert	EURATOM	observer
Goodman	Brookhaven Nat.Lab., USA	consultant
Greene	Christie Hospital,Manchester, UK	participant in research contract
Hunt	National Physical Lab,UK	consultant
Lerch	IAEA	scientific secretary
Parnell	Hammersmith Hospital,London UK	participant in research agreement
Regulla	GSF,Neuherberg FRG	participant in research contract
Skaggs	University of Chicago, USA	participant in research agreement
Srdoč	Rudjer Bošković Institute, Zagreb, Yugoslavia	participant in research agreement

SCOPE Prilog 2

The objective of the programme is the development of transfer instrumentation to facilitate the dose standardization of fast neutron generators. Ideally the detectors employed to intercompare the dose derived from such generators should be precise, inexpensive, rugged, simple to use, compact, easy to interpret and provide enough information to fully characterise the incident field. Clearly, no detector currently available satisfies all of these requirements. Thus our search must be aimed at detectors which will offer us acceptable compromises.

Preliminary to any study of transfer detectors, a full quantisation of the mixed neutron - gamma-field should be undertaken at each facility so that a meaningful intercomparison of results can take place. Such a determination of radiological parameters is the objective of the EURATOM Intercomparison Programme and the earlier ICRU intercomparison. Unfortunately, not all of the facilities involved in the IAEA study have participated in the ICRU intercomparison or will be involved in the EURATOM intercomparison.

It will be an essential pre-requisite of this study that all facilities involved in a particular detector assessment be fully intercompared with the use of more sophisticated instrumentation. Whether these intercomparisons have been performed as part of a local, regional or international programme is unimportant.

A first step will consist of a grouping of facilities into those with similar radiological parameters. Each group will then be in a position to develop protocols for the periodic pilot intercomparison of different detector systems subsequent to a formal dosimetric intercomparison.

The development of protocols governing the several intercomparisons will be the responsibility of each subgroup with the results reported to the Agency for full dissemination.

With the growth of experience in instrumentation and techniques, it is hoped that a consensus view will be developed as to the best way of effectuating periodic intercomparisons with the intent of maintaining dose standardization.

PRINCIPALS AND PROCEEDINGS FOR AN IAEA FAST NEUTRON DOSIMETRY INTERCOMPARISON PROJECT Prilog 3

Introduction

Because of increasing interest in neutron radiobiology and because of the prospect of further utilization of neutrons in radiotherapy, it is desirable that the IAEA assists in the development of international references for fast neutron dosimetry in biomedical research and applications.

The objective of this IAEA-project is to provide a set of consistent reference measurements for intercomparing fast neutron radiobiology and radiotherapy results.

If the IAEA is to provide a neutron dosimetry intercomparison service, it is crucial that the Agency participate fully in the European Neutron Dosimetry Intercomparison Project (ENDIP). These intercomparisons are restricted to measurements of tissue kerma in free air and absorbed dose in a phantom for a selected group of energies. It should be stressed, however, that the absorbed dose is an incomplete physical characterization for fast neutrons since information on radiation quality is essential.

Medical applications of neutrons must be preceded not only by a thorough evaluation of physical characteristics of the proposed irradiation arrangement but also by biological experiments with mammalian systems at the neutron source under consideration. RBE values obtained in such studies should be employed as a guide for the selection of absorbed neutron doses to be employed in therapy. The results of these studies can also aid in the making of decisions on such important matters as the number and magnitudes of the fractions to be employed. We recommend

that the IAEA stress the importance of these matters.

Initial administrative procedure

We recommend that the Agency take the following steps:

A. Prepare a list of all institutes using fast neutron sources for biology and medicine. This list should contain details of the specifications of the neutron source and the main fields of use to which it is being applied in biology and medicine, together with names of principal investigators directly responsible for the physical, biological and medical programme. These institutes should be asked whether they wish the IAEA to perform a set of reference measurements. Availability of this service will be limited to those institutes at which the IAEA dosimetry system is suitable.

B. Draw up a questionnairs for the purpose of determining wheter a given institute can be served by an IAEA reference measurement.

C. Acquire and maintain the necessary instrumentation to provide an intercomparison service to institutions coming into the field of neutron dosimetry, and periodic intercomparisons for other institutions upon request. It should not be the purpose of this service to provide absolute standards, but to provide reference standards specifically suited to international intercomparisons.

Reference measurements

The following values are important for neutron dosimetry:

A. The absorbed dose of neutrons in the region of interest and its time dependence or fractionation schedule.

B. The absorbed dose of photons or the magnitude of this component relative to either the neutron or

total absorbed dose in the region. When the spatial variation of absorbed dose in the region of interest can affect the biological response it is important to describe adequately this variation. Meaningful comparisons of biological data require that the radiation quality be specified; for example, by means of neutron energy spectra or by lineal energy spectra. This data should also be supplied at more than one point when quality changes significantly in the region of interest.

To fulfil the objective of the IAEA intercomparison the set of reference measurements should be restricted to the following quantities:

C. The separate neutron and gamma ray tissue kermas in free air and/or the separate neutron and gamma ray absorbed doses in a standard phantom.

D. The radiation quality in free air and/or at depth(s) in a standard phantom.

The measurement should be performed by the IAEA-team which participated in the ENDIP Intercomparison. They should use the identical instrumentation as employed for ENDIP. A minimum of two, or preferably three sets of instrumentation should be maintained and periodically intercompared. Additions or modifications to this dosimetric system should be carefully correlated to the initial system.

The Agency should endeavour to simulate as closely as possible the ENDIP conditions at the institutes which they visit. It is realised that initially it will be impossible for the IAEA-team to undertake meaningful determination of radiation quality. Thus, it is essential that the Agency obtain from the host institution as much information as possible regarding beam quality.

IV INSTRUMENTATION

While it is clear that a complete specification of irradiation conditions involves statement of absorbed doses and radiation spectra, it is not possible to provide a practicable and accurate intercomparison service for spectral measurements at the present time since it requires relatively

complicated apparatus and a high level of expertise and experience. The minimum requirement is the intercomparison of the absorbed dose due to neutron and gamma radiation. By neutron dose is meant the dose due to heavy charged particles. The dose due to gamma rays produced by neutron reactions is included in the gamma ray dose. It does not seem practicable at present to provide this minimal service with mailable instruments. It follows, therefore, that the service should be provided by a competent person equipped with the necessary instrumentation.

The optimum device for the determination of total dose is a hydrogeneous ionization chamber that closely approximates to tissue in its composition. To determine gamma ray dose in the presence of neutrons, the following devices, in addition to ionization chambers with non-hydrogenous walls and gases, should be considered:

A. Thermoluminescent devices. B. Photographic emulsions. C. Energy compensated Geiger counters. D. Exo-electron dosimeters.

V. RESEARCH SUPPORT

One of the major limitations on the accuracy of neutron dosimetry is the lack of adequate knowledge of total and differential cross sections in the energy range from 1 to 50 MeV for the major elements of tissues i.e. carbon, nitrogen, oxygen and calcium, and the following elements which are of practical importance: Mg, Al, A, Li, F, B, and S. Another limitation at the present time is the absence of adequate knowledge of the stopping powers of ions in the energy range 100 keV to 1 MeV per atomic mass unit, in particular for ions with atomic numbers up to 8 in the elements mentioned above in the different states of gas, liquid and solid. The accuracy of dosimetry measurements with ionization chambers requires further research into the influence of the type of ion and its velocity on the energy required to produce an ion pair in different gases.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20 - 23 maj 1975.
Prof.dr S.Muždeka, mr. P.Mirić, mr. M.Šmelcerović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

PROBLEMI UVODJENJA SI JEDINICA ZA RADIJACIONA MERENJA

Medjunarodna komisija za radijacione jedinice i merenja dala je u periodu od 1962 svoje definicije za veličine: absorbovana doza, ekspozicija i aktivnost. 1960 godine XI Generalna konferencija za mere i tegove prihvatila je medjunarodni sistem jedinica (SI). Prihvatanje sistema SI u radijacionim merenjima i ukidanje specijalnih radijacionih jedinica - kri, rad, rem i rendgen - može u budućnosti stvoriti nove teškoće. Specijalne radijacione jedinice mogu se tačno izraziti u SI jedinicama. Konverzioni faktori su prikazani tabelarno. Neki od praktičnih problema mogu se rešiti uvodjenjem novih naziva za izvedene SI jedinice.

Oktobra 1960 godine u Parizu XI Generalna konferencija za mere i tegove (General Conference of Weights and Measures) usvojila je praktični sistem jedinica namenjenih medjunarodnoj upotrebi - SI sistem. I naša zemlja je prihvatila ovaj sistem. Osnovne veličine i jedinice toga sistema date su u TAB.br. 1.

TAB.br. 1.

Osnovne veličine i jedinice medjunarodnog sistema (SI)

Veličina	Jedinica	Simbol jedinice
Dužina	metar	m
Masa	kilogram	kg
Vreme	sekunda	s
Jačina električne struje	amper	A
Termodinamička temperatura	Kelvinov stepen	^{o}K
Svetlosna jačina	kandela	cd

Zemlje potpisnice medjunarodnog sistema su prihvatile da se sve pomoćne jedinice koje nisu direktno izvedene iz SI sistema izbace iz upotrebe do 1980 godine.

Posle dužeg pripremnog rada, 1953 - 1962, Medjunarodna komisija za radijacione jedinice i merenja (International Commission on Radiation Units and Measurements - ICRU) dala je definicije specijalnih veličina: apsorbovane doze, ekspozicije i aktivnost, kao i odgovarajućih jedinica, rad, rendgen i kiri. Ove jedinice se mogu tačno izraziti u SI jedinicama kao:

kiri $1\ Ci = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ s^{-1}$

rendgen $1\ R = 2{,}58 \cdot 10^{-4}\ C.kg^{-1}$

rad $1 rad = 0{,}01\ J.kg^{-1}$.

Radijacione SI jedinice i odgovarajući ekvivalenti izraženi u zavisnosti od sadašnjih specijalnih dati su u TAB.br.2.

TAB. br. 2.
Radijacione SI jedinice

Veličina	Izvedena SI jedinica	Simbol jedinice	Sadašnji ekvivalent
Aktivnost	po sekundi	s^{-1}	$\approx 2{,}7027 \cdot 10^{-11}$ Ci
Apsorbovana doza	džaul po kilogramu	$J.kg^{-1}$	100 rad
Jačina apsorbovane doze	vat po kilogramu	$W.kg^{-1}$ ili $J.kg^{-1}.s^{-1}$	100 $rad.s^{-1}$
Ekspozicija (izlaganje)	kulon po kilogramu	$C.kg^{-1}$	$\approx$3876 R
Jačina ekspozicije	amper po kilogramu	$A.kg^{-1}$ ili $Ckg^{-1}.s^{-1}$	$\approx$3876 $R.s^{-1}$

Ovo pokazuje da SI jedinice uvode značajne promene u numeričke vrednosti postojećih veličina. Kao primeri mogu da posluže neki odnosi izmedju jedinica u sistemu SI i onih koje se sada primenjuju u praksi.

U slučaju apsorbovane doze od 2.000 rad prelaz na odgovarajuću veličinu u SI sistemu dao bi 20 J/kg, a to je lako izvesti de-

ljenjem sa 100.

Veći problemi nastaju u slučaju kada se jačina apsorbovane doze izražava u vatima po kilogramu a treba da zameni rad/min, jer vremenska jedinica nije eksplicitno izražena u W/kg; jedinica J/(kg.s) je bolje rešenje. Kao primeri mogu se navesti:

$$1 \text{ rad/s} = 0{,}01 \text{ W/kg} = 0{,}01 \text{ J/(kg.s)}$$
$$1 \text{ rad/h} = 0{,}01/3600 \text{ W/kg} = 2{,}7777.10^{-6} \text{ W/kg.}$$

Veličina za ekspoziciju u SI sistemu bi bila prilično velika, 1 C/kg, sa nepogodnim konverzionim faktorom:

$$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R.}$$

Kao primer, pri korišćenju u merenjima u zaštiti i radiologiji, morali bi se priviknuti na sledeće odnose:

$$10 \text{ R/s} = 0{,}00258 \text{ C/(kg.s)} = 2{,}58 \text{ m C/(kg.s)}$$
$$1 \text{ R/min} = 4{,}3.10^{-6} \text{ C/(kg.s)} = 4{,}3 \ \mu\text{A/kg}$$
$$1 \text{ R/h} = 7{,}1666.10^{-8} \text{ C/(kg.s)} .$$

Pri očitavanju filma na primer ekspozicija od 10 mR bila bi:

$$10 \text{ mR} = 2{,}58 \ \mu\text{C/kg.}$$

Zamena jedinice kiri sa SI jedinicom s^{-1} dala bi vecma malu osnovnu jedinicu uz nepogodan faktor konverzije. Kao primer:

$$27 \ \mu\text{CI} \approx 10^{6} \ s^{-1}$$

što predstavlja i dopunski problem u načinu pisanja.

Kao što se vidi iz primera zamena specijalnih radijacionih jedinica sa odgovarajućim SI jedinicama uvodi niz poteškoća kako u prilagodjavanju na nove jedinice tako i u zameni svih tabela sa dozvoljenim nivoima i već usvojenim navikama.

Neki od tih problema mogli bi se rešiti uvođjenjem novih imena za SI jedinice. Postoje predlozi da se ukine jedinica rendgen, a da se uvedu specijalne jedinice u SI sistemu:

J/kg	pod nazivom Gray
1/s	pod nazivom Becquerel.

Sigurno je da svaka odluka o promeni dosadašnjih navika i uvodjenju novih jedinica može u primeni u prelaznom periodu uvesti

dosta konfuzije i nesigurnosti a zahteva i nove napore u obučavanju postojećih kadrova.

SI Units in Radiation Measurements

The International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) presented its definitions of the quantities: absorbed dose, exposure and activity. In 1960 the Eleventh General Conference of Weights and Measures adopted the International System of Units (SI). The adoption of the SI and the potential loss of the s special radiation units - curie, rad, rem and roentgen - raises severe problems in the future. The special radiation units can be exactly expressed in SI units. The conversion factors are given in the table. Some of practical problems may be solved by introducing new names for the derived SI units.

Literatura

K.Lidén
SI Units in Radiology and Radiation Measurements
Health Physics 1973, Vol. 25, pp. 199-201

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
20-23.Maj 1975. HERCEG NOVI

GENETSKI ZNAČAJNA DOZA STANOVNIKA BEOGRADA USLED PRIMENE X - ZRAČENJA U MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI

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

Rezime

Sve češća upotreba rendgen-aparata u cilju odredjivanja dijagnoze u medicini dovela je i do većeg ozračivanja populacije. Sa tog aspekta smo odlučili da procenimo koliku "Genetski značajnu dozu" daje dijagnostička primena rendgen-aparata za područje Beograd u toku 1971.godine.

Od 100 stanovnika područja Beograd njih 91 kao pacijenti bili su u toku 1971. godine na rendgenskim pregledima, i kod njih je izvršeno 97 rendgenskih pretraga. Broj utrošenih filmova za ovaj broj pretraga veći je nego dva puta od broja pacijenata.Procenili smo da je ovaj broj rendgenskih pretraga u dijagnostici dao "Genetski značajnu dozu" od 49,2 mrada za 1971.godinu. Ova vrednost G.Z.D. čini 80% vrednosti doze koju daje prirodni fon za područje SR Srbije.

Uvod

Svako jonizujuće zračenje, pa i prirodni fon, svojim dejstvom na žive čelije izaziva spontane mutacije. Ove mutacije su u najvećem broju slučajeva negativne (1), medjutim, one su u ravnoteži sa prirodnom selekcijom. Postojeća ravnoteža se vekovima održava ali pre 75 godina pojavio se rendgen-aparat kao izvor jonizujućih zračenja. Njegova sve šira primena u medicinskoj dijagnostici i terapiji doprinela je i povećanom ozračivanju stanovništva što je navelo naučnike da postave pitanje, da li to ozračivanje stanovništva neće narušiti postojeću ravnotežu izmedju mutacija izazvanih zračenjem i prirodne selekcije. U tom cilju Generalna skupština Ujedinjenih Nacija formirala je još 1956. godine Naučni komitet i stavila mu u zadatak da prikupi podatke o izloženosti stanovništva jonizujućim zračenjima iz raznih izvora. U tom Izveštaju (4), koji je ovaj Komitet objavio 1958.godine, stoji da je medicinska upotreba rendgen-aparata najmasovniji veštački izvor jonizujućih zračenja i da 80-90% celokupne doze oz-

račivanja dolazi od primene X.zračenja u dijagnostičke svrhe. Povećanje broja rendgen-aparata i uvodjenje novih metoda odražava se tendencijom stalnog povećanja ozračenostil populacije, bez obzira na usavršavanje opreme i bolju zaštitu (3). Imajući u vidu ovu činjenicu odlučili smo da odredimo "Genetski značajnu dozu" za stanovnike Beograda usled primene X-zračenja u medicinskoj dijagnostici.

Metod rada

Izbor ustanove za posmatranje, način rada i vreme prikupljanja podataka

Metodom stratifikacije odredili smo broj i vrstu zdravstvenih ustanova u kojima ćemo vršiti posmatranje u cilju procene broja pacijenata prema polu i starosnoj dobi kao i prema vrsti rendgenskih pregleda. Za prikupljanje podataka koristili smo retrospektivnu metodu. Informacije koje su tražene anketnim listom korišćene su iz dva vremenska perioda i to: od 1-31.marta i od 1-30. septembra.

Odredjivanje broja ozračenih lica

Broj rendgenskih usluga u zdravstvenim ustanovama područja Beograda ne odnosi se samo na stanovnike tog područja. Srazmerno broju pacijenata iz unutrašnjosti izvršili smo korekciju ukupnog broja rendgenskih usluga. Kod rendgenskih pregleda, broj usluga isto tako ne odgovara broju pregledanih lica, pa smo ovu korekciju izvršili na osnovu naših posmatranja i dobili smo broj lica rendgenski pregledanih sa područja Beograda.

Instrumenti za merenje doza i metod merenja

Očekivane brojne vrednosti doza u predelu gonada kao i uslovi merenja tih doza najviše su uticali pri izboru instrumenata za merenje. Za vrednosti doza, kada su gonade bile u direktnom snopu X-zraka, koristili smo Victoreen jonizacione komore, dok u slučaju kada gonade nisu bile u direktnom snopu X-zraka koristili smo instrument "VA-J-15A" Rendgen gama dozimetar. Merni instrument, zavisno od očekivane vrednosti doze u predelu gonada, postavljali smo pre samog pregleda, kod muških pacijenata, što bliže testisima, a kod ženskih pacijenata, na mesto projekcije

ovarijuma u nivou abdomena. Izmerene vrednosti doza u predelu gonada korigovali smo za faktor zaštite koji potiče od tkiva koja prekrivaju gonade.

Rezultati istraživanja

Anketnim ispitivanjem smo obuhvatili 13.696 pacijenata od kojih je 55,6% bilo muških pacijenata a 44,2% ženskih pacijenata. Analizom izvršenih usluga konstatovali smo da je kod 100 muških pacijenata izvršeno 113 rendgen-usluga za koje je utrošeno 187 filmova sa 209 ekspozicija. Kod 100 ženskih pacijenata izvršeno je 117 usluga sa 200 utrošenih filmova i 219 izvršenih ekspozicija. U 86-88% slučajeva bila je zastupljena grafija kao metod pregleda dok je skopija bila u 12-14% slučajeva. Pregledi pluća su jedan od najmasovnijih rendgenskih pregleda. Medju muškim pacijentima pregledi pluća i srca čine 48,1% od ukupnog broja rendgenskih pregleda dok kod ženskih pacijenata taj procenat iznosi 42,3%. Posle pregleda pluća po masovnosti dolaze pregledi glave i vratnog dela kičme pa zatim pregledi želuca i duodenuma.

Procena broja pacijenata

Na osnovu poznatih podataka o ukupnom broju rendgenskih usluga za područje grada Beograda procenili smo broj pacijenata sa tog područja koji su te godine bili na rendjgenskom pregledu. Na sledećoj tabeli vidimo da je u toku 1971.godine u Beogradskim zdravstvenim ustanovama, sa područja Beograda, bilo ukupno 1.100.785 pacijenata na rendgenskim pregledima. U odnosu na ukupan broj stanovnika to iznosi u proseku 91%. Medjutim, muški pacijenti su zastupljeni sa 102% dok su ženski pacijenti zastupljeni samo sa 80%.

Tabela I

Broj pacijenata na rendgenskim pregledima u zdravstvenim ustanovama u Beogradu u toku 1971.godine

	muški	ženski	ukupno
Broj stanovnika na podr. Beograda (31.03.1971.)(4)	590.352	619.009	1.209.361
Procentualni odnos:	49%	51%	100%
Broj pacijenata rendg. pregl. u Beogradu 1971.	602.576	498.209	1.100.785
Procentualni odnos	54,5%	45,5%	100%
Broj pregledanih pacijenata na 100 stanovnika	102	80	91

Broj očekivane dece (P_i)

Proračun broja dece koja se očekuju u budućnosti (P_i) zasnovan je na postavci da će prosečno pojedinac imati u buduće decu u skladu sa natalitetom koji je utvrdjen za tu godinu. Ukupan broj buduće dece kod pojedinca unutar neke odredjene grupe po starosti i polu odredjuje se iz zbira proizvoda stope specifičnog fertiliteta (f) za svaku uzastupnu starosnu grupu (n) i broja živećih (na bazi verovatnoće preživljenja) te starosne grupe (L).

$$Pi = \frac{\sum n^f x \; n^L x^n}{\sum n \; 10^5 \cdot 10^5}$$

Tabela II

Broj očekivane dece za uže područje SR Srbije (1970)

Starosna dob stanov.	P_i muški	P_i ženski
0 - 14	1.855	1.746
15 - 19	1.861	1.746
20 - 24	1.686	1.428
25 - 29	1.024	0,712
30 - 34	0.486	0,286
35 - 39	0,183	0.084
40 - 44	0,081	0,019
45 +	0,055	0,005

Procena genetski značajne doze

Genetski značajna doza (G.Z.D.) smatra se ona gonadna doza koja, ukoliko ju je primila svaka (bilo koja) jedinka unutar populacije, može proizvesti isti ukupan genetski efekat na populaciju kao i zbor pojedinih doza koje su stvarno primljene.

Ovako definisana G.Z.D. može se matematički prikazati kao proizvod srednje gonadne doze (D_i) koju je primila osoba rendgenski pregledana ($\bar{N}_i$) i broja dece (P_i) te osobe (što se smatra da će ih imati u budućnosti). Zbir tih proizvoda za sve jedinke unutar populacije kod kojih su vršeni rendgenski pregledi daće pokazatelj ukupnog genetskog efekta za tu populaciju. Tako, G.Z.D. može algebarski da se izrazi Penfil-Brownovom formulom (5).

$$G.Z.D. = \frac{\sum_i \sum_j \left[(\bar{N}_{ij} P_i D_{ij})_m + (\bar{N}_{ij} P_i D_{ij})_ž \right]}{\sum_i \left[(N_i P_i)_m + (N_i P_i)_ž \right]}$$

Ukupna G.Z.D. za stanovnike područja Beograda za 1971. godinu iznosi 49,2 ± 11 mrada. Ova vrednost G.Z.D. potiče od primene rendgen-aparata u medicinskoj dijagnostici bez doprinosa rendgen-dijagnostike u stomatologiji i rendgen-dijagnostike u vojnim ustanovama.

Tabela III

Procenjene vrednosti G.Z.D. prema autorima (6)

Procena vršena u:		G.Z.D.u mrad	Br.pac. na 100 st.	G.Z.D. po pacijen.
SAD	(1964)	55	53	104
Švedska	(1955.)	38	28	131
Japan	(1960.)	39	41	95
Danska	(1956.)	22	24	92
Vel.Britanija	(1957.)	14	28	50
Novi Zeland	(1963.)	12	37	32
SR Slovenija(7)	(1963.)	9,1	100	9,1
Ovaj rad	(1971.)	49	91	54

Iz ove tabele vidomo da je G.Z.D. po našoj proceni manja od vrednosti GZD za SAD a veća od vrednosti GZD za Švedsku, Dansku, Japan, Vel.Britaniju i dr.medjutim, GZD po jednom pacijentu daje drugu sliku.

Zaključak

1. Broj pacijenata na rendgenskim pregledima dosta je veliki i za područje Beograda taj broj iznosi 91%.

2. Medju rendgenski pregledanim pacijentima su 55,8% muški i 44,2% ženski pacijenti.

3. Kod svakog pacijenta na rendgenu izvršene su više od dve ekspozicije u cilju pregleda.

4. Grafija kao metod rendgenskih pregleda zastupljena je sa 86-88% od ukupnog broja rendgenskih pregleda.

5. Po masovnosti pregleda na prvom su mestu rendgenski pregledi pluća i srca, zatim pregledi glave i vrata i konačno pregledi želuca.

6. Ukupna G.Z. D. za stanovnike područja Beograda za 1971.godinu procenjena je na 49,2 mrada što iznosi 80% od doze koju daje prirodni fon.

Bibliografija

1. Stevenson A.(1958). The practitioner, 181: 559-571.
2. Report ofthe United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (1958). Gen.Assembly Official Records. 13 th Sess. Suppl. No 17 (A) 3838 , New York
3. Magarašević M. i Ojdanić Z., Zbornik radova IV Jugosl.simpoz. o radiol.zaštiti, I, Baško polje, 1969.
4. Gradski zavod za statistiku,Broj stanovnika Beograda, 31.III 1971.
5. Penfil-Brown, Radiology, vol.90, No 2. february 1968.
6. Population Dose from X Rays U.S.1964. Public Health Servis Publication No 2001, October 1969.
7. Mihajlović M., Pavlić M. at al, IV Jug.simpozijum, Baško Polje

Summary

More and more frequent use of X-Ray machine for diagostic purposes in medicine results in higher irradiation of population. This study has been undertaken with the aim of assessing "genetically significant dose" that is result of the use of X-Ray in diagnostic purposes for Beograd territory during 1971.

From 100 inhabitants of Beograd territory it was found 91 to be a patients with 97 X-Ray examinations. By asessments it was found that this quantity of X-Ray examinations in diagnostic purposes resulted in genetically significant dose of 49,2 mrad in 1971. This value represents 80% of the natural phone for the area of SR Serbia.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

Dr Slobodan Milićević, san.ppuk.
Dipl.fizičar Olivera Nikolić

Odeljenje za medicinu rada
Higijenski zavod VMA - Beograd

NEKI PROBLEMI U KONTROLI JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

U radu je obuhvaćeno 196 rendgen kabineta, od čega je 42% zadovoljavalo zahteve zaštite na radu, a 58% nije. Konstatovano je da skoro trećina ovih prostorija ima neadekvatne smeštajne uslove, a više od polovine /58%/ ne poseduje odgovarajući ventilacioni sistem. To i daje loše mikroklimatske uslove /25%/ i buku iznad dozvoljenih normi /93%/. Zbog toga se zahteva redovna kontrola i uslova radne sredine u okviru dozimetrije.

U v o d

Zaštita od joniaujućeg zračenja se sastoji od dozimetrijske kontrole izvora zračenja, filmdozimetrijske kontrole lica koja rade sa izvorima zračenja i njihove medicinske kontrole. Dozimetrija izvora obuhvata kontrolu uslova smeštaja i zaštite izvora zračenja, kao i kontrolu uslova radne sredine. Kontrola izvora joniznjućeg zračenja u našoj zemlji je organizovana u skladu sa važećim propisima o zaštiti od jonizujućeg zračenja /i,2,3,4,5/. Do sada su dati brojni radovi i analize iz ove oblasti. Specifična zaštita se odvija na zadovoljavajući način, ali uslovi radne sredine /posebno ventilacija/, rendgen kabineta se ne kontroliše prema propisima. Zbog toga smo se i prihvatili da damo rezultate našeg rada o kontroli nslova radne sredine.

Materijal i metodika rada

Analizom uslova rada obuhvaćeno je 196 rendgen kabineta. Mikroklimatska merenja /temperatura vazduha, relativna vlaga i brzina strujanja vazduha/ su vršena Assman-ovim aspiracionim psihrometrom i katatermometrom. Efikasnost ventilacije ili brzina protoka vazduha merena je mehaničkim anemometrom sa krilcima /Georg Rosen-Müller Dresden N6/. Kao norma služio nam je zahtev čl.23 Pravilnika /3/.

Merenje i analiza buke je vršeno aparatom firme Brüel i Kjaer tip 2204 i skupom oktavnih filtera tip 1613. Za metodiku merenja i dozvoljene kriterijume izloženosti buci služili smo se postojećim saveznim propisom /6/.

Rezultati rada i diskusija

Od ukupno 196 obuhvaćenih rendgen kabineta ovom analizom, samo 42% zadovoljava zahteve zaštite na radu, dok 58% ne zadovoljava iste. Na tabeli 1. dat je pregled neuslovnosti smeštaja, zaštite i uslova rada za 113 rendgen kabineta. Mi ćemo se u analizi zadržati samo na parametre uslova radne sredine. Skoro trećina prostorija ne zadovoljava smeštajne uslove, što je sigurno jedan od činioca za pogoršanje i uslova radne sredine.

TAB.br.1.

Smeštaj	Zaštita aparata	Lična zaštitna sredstva	Ventilacija	Mikroklima	Buka
31 %	39%	26%	57%	25%	93%

Pregled neuslovnosti smeštaja, zaštite i uslova rada rendgen kabineta /N=113/.

Nešto više od polovine /57%/ rendgen kabineta ne poseduje uredjaj za provetravanje koji obezbedjuje najmanje 4 izmene vazduha u toku jednog sata, kako je to čl.23 Pravilnika predvidjeno./3/. Skoro u svim slučajevima se radi o ugradnji zidnih ventilatora, koji su ili loše postavljeni - locirani ili nemaju kapacitet da obezbede dovoljan broj izmena. Postavljanje ovih ventilatora pored prozora ili otvora daje mogućnost stvaranja tzv. "kratkog spoja", tako da se ne vrši obnavljanje prostorije svežim vazduhom, a veći deo ostaje u tzv. "mrtvom prostoru". Osim toga, loše usmereno strujanje vazduha utiče da se takvi ventilatori ne koriste zbog pojačanog hladjenja tela i neprijatnog osećaja. Poznato je da strujanje vazduha iznad o,5 m/sec. štetno deluje na radnu i zdravstvenu sposobnost radnika /7/. To je veoma važan parametar za odredjivanje efikasnosti i kvaliteta ventilacionog sistema. Neki ventilatori se slabo koriste zbog upada zraka i osvetljavanja prostorije usled podizanja rešetkastog štitnika na zidu, što ometa rad. U mnogim slučajevima nije se vodilo računa i o osnovnom pravilu dobre ventilacije, a to je da se prema količini vazduha koja se ubacuje ili izvlači obezbede odgovarajući otvori za izlaz, odnosno ulaz iste količine vazduha. Ima slučajeva da su otvori za ubacivanje vazduha postavljeni u nivou poda, što stvara prašinu pri radu istih, te je i to jedan od razloga neradog korišćenja ventilatora.

Zbog lošeg rešenja ventilacionih uredjaja često dolazi do pogoršanja mikroklimatskih uslova. U 25% slučajeva utvrdjeno je da efektivna temperatura nije u granicama normativnih zahteva /17,2 - 21,2^{o}C/. Ne treba posebno naglašavati da loši mikroklimatski uslovi imaju negativan radni efekat, a nepovoljno utiču i na zdravstveno stanje zaposlenog osoblja. Nagomilavanje ustajalog vazduha, raznih mirisa od isparenja /znojenje, disanje i dr./ i eventualna

jonizacija vazduha nepovoljno utiču na respiratorni i kardiovaskularni sistem, a to ugrožava organizam čoveka u celini.

U 93% kabineta koji ne zadovoljavaju uslove rada, utvrdjeno je povećanje nivoa buke iznad normativnih zahteva. Prema pomenutom Pravilniku /6/, dozvoljeni nivo buke za ovu vrstu delatnosti iznosi 55 dB/A/. Nivo buke u našoj analizi kretao se oko 67 ± 5 dB /A/, što znači za više od 10 dB iznad dozvoljenog. Bilo je i ekstremno visokih nivoa buke - do 80 dB /A/, ali to su ipak retkosti. Ovakva buka svojim intenzitetom i neprekidnim radom otežava sporazumevanje izmedju osoblja /lekara/ i pacijenata u toku pregleda. To je i razlog što se često ne koriste bučni ventilatori, jer buka potiče uglavnom od njih. Pored toga što ovakvi nivoi buke deluju zamorno na čulo sluha, poznata su i nespecifična dejstva buke na autonomni živčani, kardiovaskularni i endokrini sistem. Nije onda iznenadjujuće što su autori našli u 35% pregledanih subjektivne tegobe u vidu: glavobolja, umora, pospanost, probada u predelu srca itd. /8/. Zbog toga treba nastojati da se ventilatori koji stvaraju buku zamene tišim tzv. "bezšumnim" ventilatorima. Dobru ventilaciju može da obezbedi samo uredjaj sa vazduhovodima ili klima uredjaj.

Zaključak

Na osnovu dobijenih podataka, 58% rendgen kabineta ne zadovoljava uslove smeštaja i radne sredine. Od toga, više od polovine /57%/ obuhvata loše rešenje ventilacije, 25% ima neadekvatne mikroklimatske uslove, a 93% povećani nivo buke /67 ± 5 dB,A/. To govori da je ovom delu nespecifične zaštite od jonizujućeg zračenja nedovoljno posvećena pažnja. Samo u SR Srbiji ima oko 1000 rendgen kabineta, prema nepotpunim podacima /9/, a prema našem

uvidu problem uslova radne sredine se obradjuje samo delimično. Posebno naglašavamo problem ventilacije, koji se ne obradjuje stručno i na nivou, a što nas obavezuje Pravilnik. Pretpostavljamo da je slična situacija i u drugim republikama. Problem ventilacije daje loše mikroklimatske uslove i povećanje nivoa buke, što sve negativno utiče na zdravstveno stanje zaposlenog osoblja.

Zbog toga smatramo da kompletna zaštita od jonizujućeg zračenja treba da obuhvati i ovaj deo - uslove radne sredine, a to zahteva timski rad većeg broja stručnjaka, uz obavezno angažovanje i službe medicine rada.

Summary

SOME PROBLEMS IN THE CONTROL OF IONIZING RADIATION

Satisfactory protection measures are found in 42% and unsatisfactory in 58% of 196 examined work places in X-ray stations. It is found that inadequate work conditions are result of inadequate locations of X-ray stations in 30%, poor ventilation in 57%, microclimate in 25% and noise above established intensity in 93%.

Literatura

1. Osnovni zakon o zaštiti od jonizujućeg zračenja; Službeni list SFRJ br.12/65.
2. Pravilnik o dozvoljenim dozama jonizujućih zračenja kojima mogu biti izložena lica koja rade sa izvorima tih zračenja; Službeni list SFRJ br.31/65.
3. Pravilnik o korišćenju Rö aparata i o merama zaštite od Rö zraka; Službeni list SFRJ br.36/65.
4. Naredba o individualnoj dozimetriji i odredjivanju izloženosti radnih mesta jonizujućim zračenjem u JNA; Službeni vojni list br.22/60.

5. Naredba o posebnim i periodičnim zdravstvenim pregledima vojnih i gradjanskih lica koja rade na poslovima štetnim po zdravlje n JNA; Službeni vojni list br.19/64.

6. Pravilnik o opštim merama i normativima zaštite na radn od buke Službeni list SFRJ br.29/71.

7. Djuričić I. "et al": Medicina rada, Medicinska knjiga, Beograd - -Zagreb, 1966.

8. Pejušković B. "et al": Uslovi rada, ekspozicija zračenjn i zdravstveno stanje lica koja rade na rendgen aparatima, Zbornik radova IV Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti - I, 47 - 54, Baško Polje, 28-30. maj 1969.

9. Ignjatović S.: 15 godina kontrole doza zračenja pri R6 dijagnostici, radovi VII Jugoslovenskog simpozijuma zaštita od zračenja, lol-llo, 22-26. oktobar, Kastel Stari, 1973.

VIII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja.
Herceg Novi 20.-23.5.1975.

Dobreslav Cesar i Ferber Branke
Higijenski epidemiološki odred Zagreb

DISTRIBUCIJA MJESEČNIH DOZA PO OSOBI OD 1962. DO 1974.

U saopćenju je prikazano kretanje mjesečnih doza ozračenja osoba koje rade sa dijagnostičkim rendgen aparatima od 1962. do 1974. Podaci su rezultati rutinske filmdozimetrijske kontrole, a razvrstani su u šest nejednakih razreda za svaku godinu. Za svaki razred je učinjena statističkom metodom eksponencijalna funkcija koja aproksimira stvarne podatke. Analizom dobivenih funkcija zaključeno je da mjesečne doze ozračenja opadaju i teže k vrijednosti 9 milirendgena. Učinjena je i eksponencijalna funkcija godišnjih prosječnih mjesečnih doza po osobi i ta funkcija opada i asimptotski se približava vrijednosti 9 milirendgena.

Na VII Jugoslavenskom simpozijumu o zaštiti od zračenja iznjeli smo saopćenje sa naslovom " Jedanaest godina individualne filmdozimetrijske kontrole". Tada smo iznjeli da su se prosječne mjesečne doze osoba koje su upotrebljavale rendgenske aparate u medisinskoj dijagnostici od 1962. do 1972. godine smanjivale po funkciji $y = 13,65 \cdot 0,9262^x + 9$ uz 5% značajnosti. Diskusija prisutnih u prostoriji koja se razvila poslije izloženog saopćenja ponukala nas je da napišemo ovo saopćenje. U ovom saopćenju korišteni su isti podaci kao i u prije navedenom kojima su dodati podaci iz 1973. i 1974. godine.

Podaci koji su upotrebljeni u ovom saopćenju su mjesečne doze ozračenja osoba koje u svom redovnom radnom vremenu rade s rendgen aparatima u medicinskoj dijagnostici. To su rendgenolozi, fiziziologi, kirurzi, internisti i rendgen tehničari. Te

osobe su pod stalnom rutinskom filmdozimetrijekom kontrolom od 1.1.1962. do 31.12.1974. Tu grupu ljudi možemo smatrati nepromijenjenom kroz proteklih trinaest godina, jer su broj i osnovna svojstva radnih mjesta bili uglavnom isti, iako su pojeninci grupu napuštali, a umjesto njig dolazili su drugi. Svaka osoba je svaki mjesec koristila po jedan filmdozimetar. Dozimetrijski filmovi obradjivani su standardnom metodom, a bili su od raznih proizvodjaća. Izmjerene mjesečne doze ozračenja osoba razvrstali smo u šest nejednakih razreda i to:

1.	0 -	9	milirendgena
2.	10 -	99	- "" -
3.	100 -	399	- "" -
4.	400 -	2999	- "" -
5.	3000 -	4999	- "" -
6.	5000 i	više	- "" -

Na takove granice razreda odlučili smo se, jer svaka od tih granica ima svoje praktično značenje. Svaki filmdozimetar koji je bio na upotrebi kod korisnika, a na kojemu je izmjerena doza manja od 10 mr registriran je sa 9 mr. Doza ozračenja od 100 mr je tjedna maksimalno dozvoljena doza. 400 mr je prema tome približno mjesečna maksimalno dozvoljena doza. 3000 mr je maksimalna dozvoljena doza ozračenja posljednjih 13 tjedana, a 5000 mr je godišnja maksimalno dozvoljena doza. Navedene maksimalno dozvoljene doze odnose se na osobe koje su na svom radnom mjestu izložene ionizirajućim zrakama.

Da bi mogli usporedjivati podatke proteklih trinaest godina izračunali smo relativne frekvencije (%) po razredima za svaku godinu. Osnovica kod računanja tih relativnih frekvencija bile su ukupne frekvencije za pojedinu godinu. To nam je dozvoljeno, jer se ukupne frekvencije svake godine kreću oko 1000. Dobiveni podaci prikazani su u tabeli A.

Podatke u tabeli A razred 1., 2., 3. i 4. upotrebili smo za izradu eksponencijalnih funkcija, gdje je y vrijednost eksponencijalne funkcije dobivene aproksimacijom podataka u tabeli A,

Tabela A : Relativne frekvencije po razredima i godinama.

Godina	1	2	3	4	5	6	Ukupno
1962.	76,04	20,59	2,69	0,68			100
1963.	69,94	28,47	1,35	0,12	0,12		100
1964.	71,03	27,80	0,74	0,32		0,11	100
1965.	74,27	24,06	1,56	0,11			100
1966.	85,87	13,36	0,55	0,11	0,11		100
1967.	84,32	14,84	0,53	0,32			100
1968.	85,34	12,98	1,26	0,42			100
1969.	91,43	7,22	1,01	0,34			100
1970.	87,59	9,46	2,71	0,24			100
1971.	85,75	12,14	1,78	0,33			100
1972.	83,41	15,62	0,87	0,10			100
1973.	89,86	9,88	0,26				100
1974.	92,89	6,09	1,02				100

$x = g - 1961$, dok je g godina. Metoda za izradu tih funkcija prikazana je u našem većovdje spomenutom saopćenju sa VII Jugodlavenskog simpozijuma zaštite od zračenja. Dobivene su slijedeće funkcije:

za 1. razred $y = -30,681 \cdot 0,9076^x + 100$

" 2. " $y = 28,177 \cdot 0,9037^x$

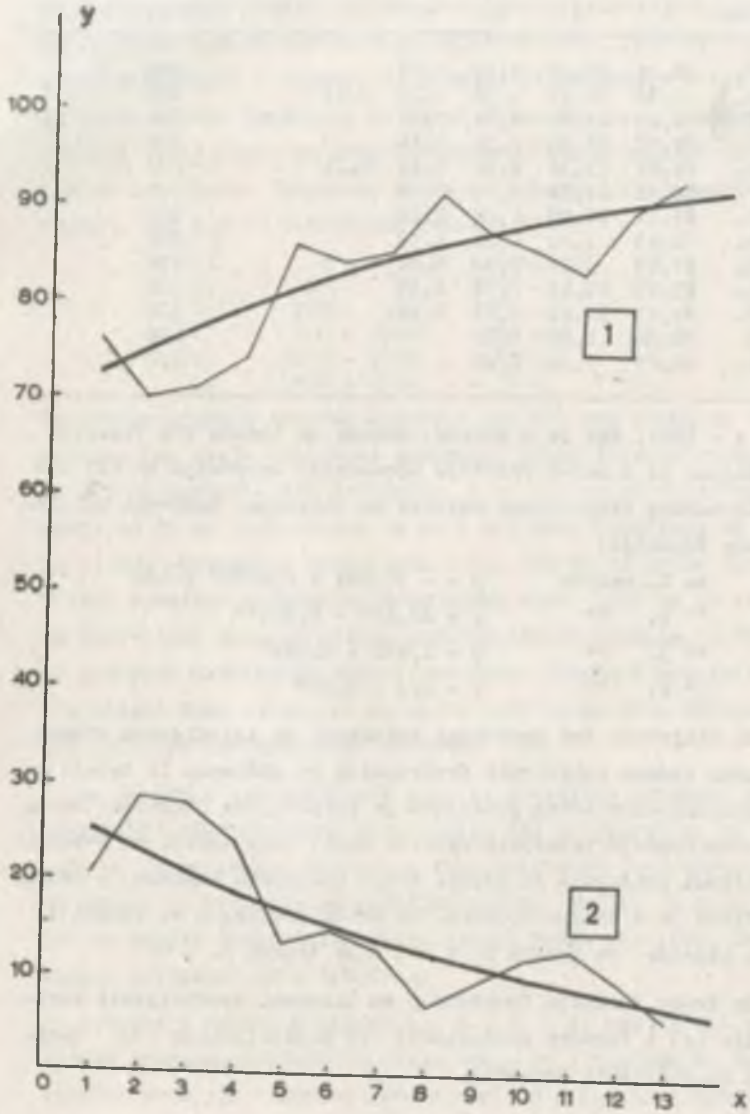
" 3. " $y = 1,481 \cdot 0,951^x$

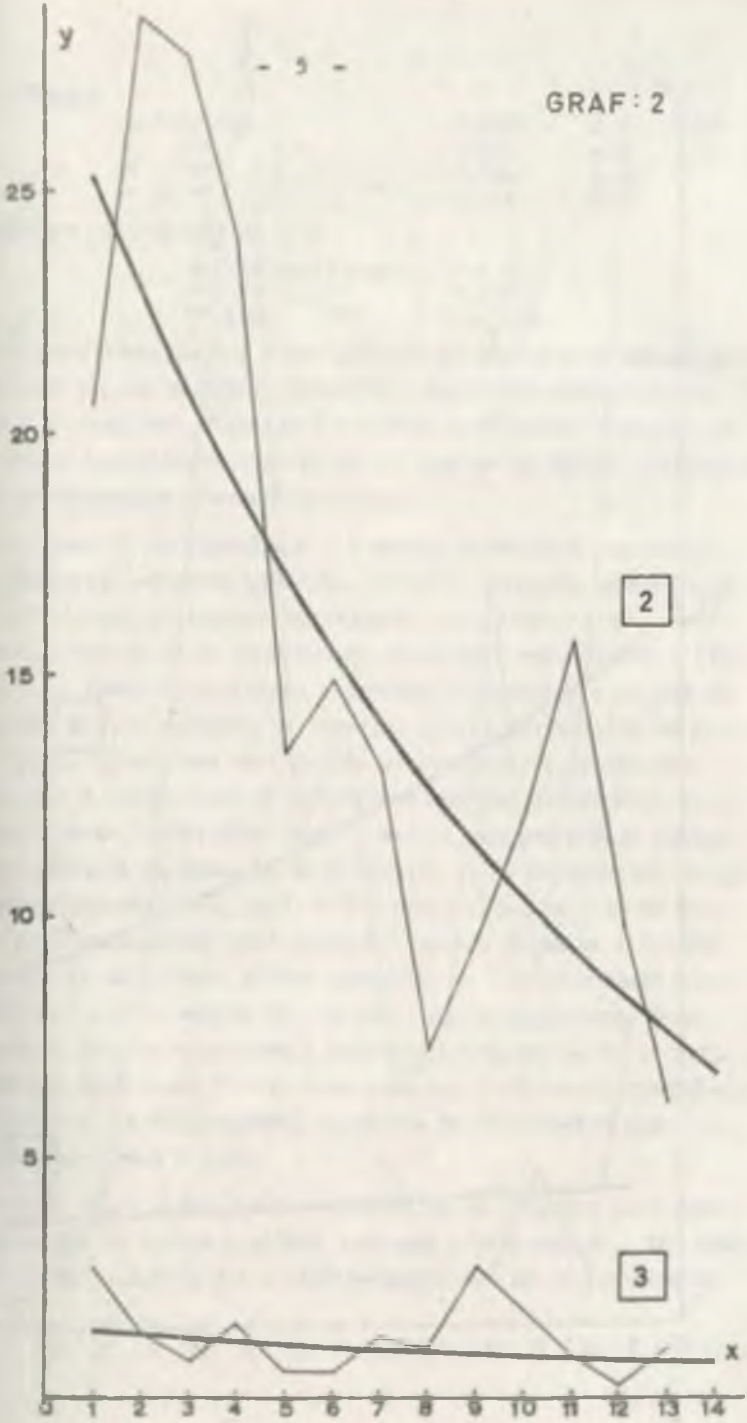
" 4. " $y = 0,3 \cdot 0,98^x$

Na slijedeća tri grafikona prikazani su izlomljenim crtama stvarni podaci relativnih frekvencija po godinama iz tabele A, a neizlomljenom crtom prikazana je pripadajuće funkcija. Da bi se veze izmedju pojedinih razreda mogle boje uočiti na svakom grafikonu prikazani su podaci dvaju susjednih razreda, a svaki grafikon je u drugom mjerilu. Na prvom grafikonu su podaci 1. i 2. razreda, na drugom 2. i 3., a na trećem 3. i 4.

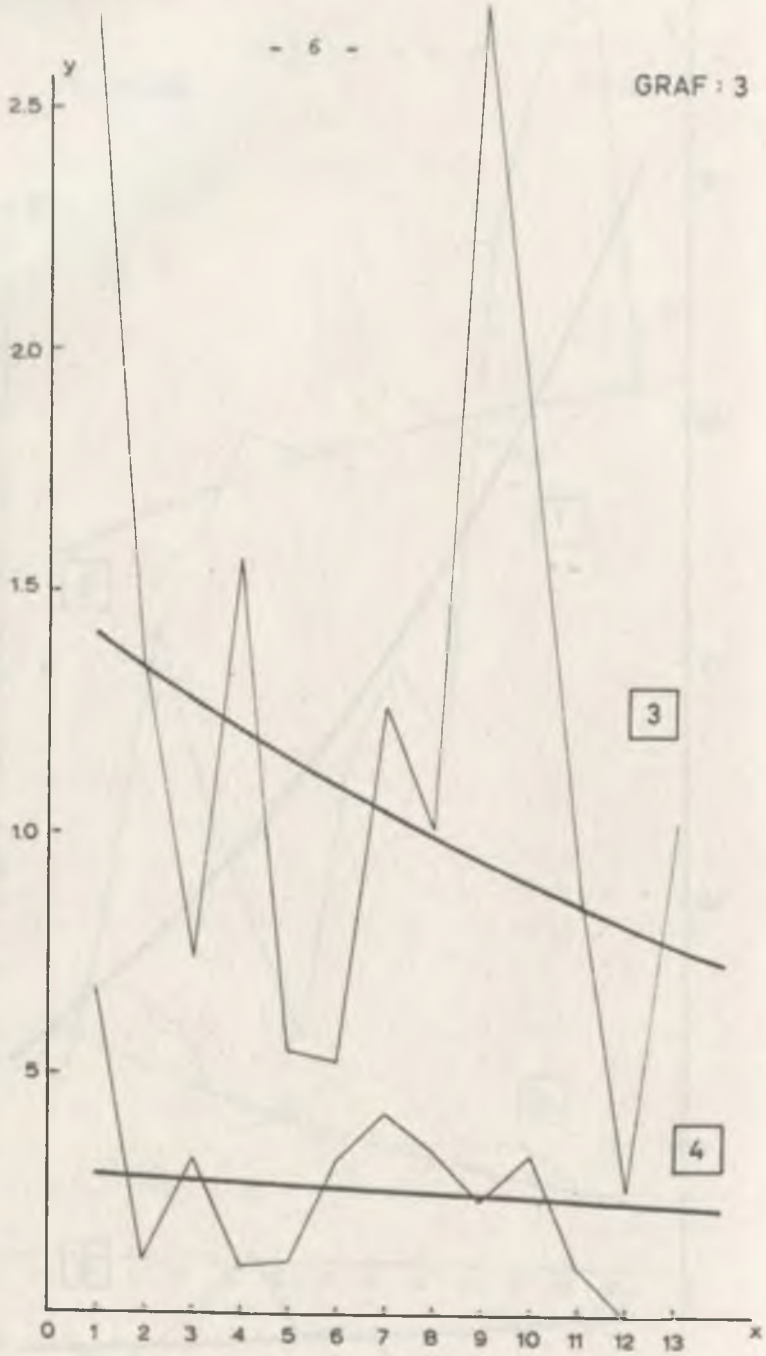
Za svaku funkciju izračunati su linearni koeficijenti korelacije (r) i faktori značajnosti tih koeficijenata (t). Dobiveni su slijedeći brojevi:

GRAF: 1




y
- 5 -
GRAF : 2
25
20
15
10
5
2
3
x
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

GRAF : 3



	r	t
za funkciju 1	0,828	4,9
" " 2	- 0,801	4,4
" " 3	- 0,294	1,02
" " 4	- 0,120	0,36

Minimalne vrijednosti za t su:

uz 1% značajnosti	t = 3,11
" 5% "	t = 2,20
" 10% "	t = 1,80

Prema tome funkcije 1 i 2 statistički su značajne na razini značajnosti 1%, pa ih možemo prihvatiti kao dobre aproksimacije stvarnih podataka. Funkcije 3 i 4 nisu statistički značajne ni na razini značajnosti 10%, pa ih po tome ne bi smjeli prihvatiti kao aproksimacije stvarnih podataka.

Pokazano je da funkcije 1 i 2 možemo prihvatiti kao dobre aproksimacije stvarnih podataka. Svojstvo funkcije jedan je da se asimptotski približava vrijednosti 100 (100%), a svojstvo funkcije dva je da se asimptotski približava vrijednosti 0 (0%). Osim toga znamo da su podaci relativne frekvencije i da smo ih za svaku godinu računali iz osnovice ukupne frekvencije te godine (100%). Prema tome prvi razred se iz godine u godinu sve više puni i asimprotski se približava ukupnoj frekvenciji za pojedinu godinu (100%) zbog toga se ostali razredi moraju prazniti asimptotski do nule. Za drugi razred je to statistički signifikantno dokazano, no, za 3. i 4. razred nije. Iako to za 3. i 4. razred statistički nije dokazano logično je da se i ti razredi moraju kroz iduće godine prazniti, pa i koeficijenti korelacije za 3. i 4. razred to pokazuju, jer su negativni. Osim toga u 4. razredu apsolutna i relativna frekvencija su za 1973. i 1974. godinu nula. To što nije pokazana statistička značajnost za funkcije 3 i 4 vjerojatni je razlog da te funkcije nisu tog oblika nego nekog drugog.

Uzevši sve u obzir možemo smatrati da se mjesečne doze ozračenja osoba iz godine u godinu gomilaju u prvi razred, što znači da iznose izmedju 0 i 9 milirendgena, dok se ostali razredi

sa većim dozama proporcionalno prazne. Prema tome i prosječna mjesečna doza po osobi za svaku godinu mora težiti k vrijednosti 9 mr.

Koristeći podatke od 1962. do 1974. izradili smo i funkciju koja aproksimira prosječnu mjesečnu dozu po osobi za svaku godinu. Ta funkcija je $y = 15,83 \cdot 0,903^{x} + 9$, čiji je $r = -0,8$, a $t = 4,49$. Prema tome ta funkcija je statistički značajna na razini značajnosti 1%, pa ju možemo smatrati dobrom aproksimacijom stvarnih godišnjih prosječnih mjesečnih doza. Ta funkcija pokazuje da se godišnja prosječna mjesečna doza asimptotski približava vrijednosti 9 mr.

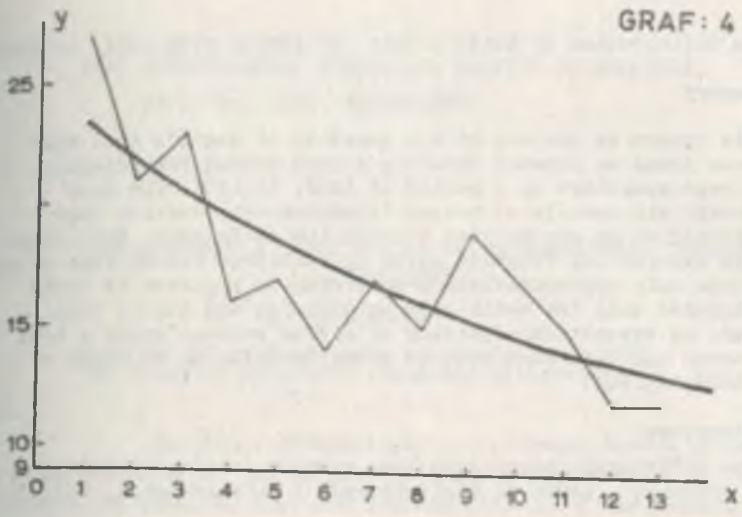
Metoda za izradu ove funkcije prikazana je u već spomenutom našem ranjem saopćenju, a izradjena je na temelju slijedećih podataka:

g	D
1962.	27
1963 .	21
1964.	23
1965.	16
1966.	17
1967.	14
1968.	17
1969.	15
1970.	19
1971.	17
1972.	15
1973.	12
1974.	12

x	y
1	23,3
2	21,9
3	20,7
4	19,5
5	18,5
6	17,6
7	16,7
8	16,e
9	15,3
10	14,7
11	14,1
12	13,6
13	13,2

Ovdje je g godina, D stvarna godišnja prosječna mjesečna doza po osobi u milirendgenima, $x = g - 1961$, y je vrijednost eksponencijalne funkcije dobivene aproksimacijom vrijednosti D u milirendgenima.

Na grafikonu broj 4 prikazani su izlomljenom crtom podaci D, a neizlomljenom pripadajuća funkcija.



Iz svega što je prikazano možemo zaključiti slijedeće:

- U proteklih 13 godina mjesečne doze po osobi bile su sve manje. Sve veći je broj mjesečnih doza izmedju 0 i 9 mr, a sve manji doza većih od 9 mr.
- Godišnja prosječna mjesečna doza po osobi se smanjivala.
- U budućnosti možemo očekivati da će se vrijednosti i mjesečnih doza po osobi i godišnjih prosječnih mjesečnig doza po osobi kretati u okvirima vrijednosti prikazanih funkcija u koliko se bitno ne promjene uslovi rada i ozračenja.
- Do sada u ovom razmatranju 5. i 6. razred tabele A nije spominjan, iako su podaci u njima od prvorazrednog značaja. Prekoračenje doze od 3000 mr ili 5000 mr je značajno ozračenje i kao posljedicu ima da osoba ozračena tolikom dozom prestaje sa radom uz rendgen aparat za duže ili kraće vrijeme. Od 1966. godine nije registriran ni jedan takav slučaj.

Na kraju se mora naglasiti da je broj osoba čiji su filmdozimetrijski rezultati razmatrani relativno malen uzorak (oko 100 osoba), pa se zaključci na temelju ovog uzorka nesmiju proširiti na sve ljude koji rade sa rendgen aparatima. Osim toga možda ovaj uzorak i po drugim svojstvima nije reprezentativan.

The Distribution of Month`s Dose per Person from 1962. to 1974.

Summary

This report is dealing with a quantity of month`s dose that has been found on persons treating x-rays coming from diagnostic x-rays aparature in a period of 1962. to 1974. The data represents the results of rutine filmdosimetric control that are classified in six unequal classes for every year. Each class has its exponential function given by statistic method that shows real data only approximatively. According to analyses it could be concluded that the month`s doses diminish and aim at value of 9 mr. An exponential function of a year average month`s dose per person has been made too. It shows diminishing to value of 9 mr asimptoticly.

Literatura:

Cerovac H."Kontrola primljenih doza radnika izloženih ionizirajućem zračenju", Arhiv za higijenu rada i toksikologiju. Vol.19 1968.

Fugaš M. et al "Filmdozimetrija x-zračenja i gama zračenja". Arhiv za higijenu rada i toksikologiju. Vol. 10 Zagreb 1959.

Petz B. "Osnove statističke metode". Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar" Zagreb 1964.

Pavlić I. " Matematička statistika". "Privreda" Zagreb 1962.

Serdar V. "Udžbenik statistike". Školska knjiga Zagreb 1961.

Pejušković B. et al "Uslovi rada, ekspozicija zračenja i zrdavstveno stanje lica koja rade na rendgen aparatima". IV Jugoslavenski simpozijum o radiološkoj zaštiti Baško polje 1969.

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
20-23 Maj 1975. HERCEG NOVI

DOZE ZRAČENJA U OČNOJ REGIJI PRI STOMATOLOŠKOJ RENTGEN DIJAGNOSTICI

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

Zapažanja oftalmologa da bi izvesna doza u predelu oka mogla učestvovati kao kofaktor za razvoj katarakte u oku, navela nas je da izmerimo doze rentgenovog zračenja u tom predelu pri snimanju patoloških promena na zubima gornje vilice,aposebno pri snimanju očnjaka.

Kao izvor zračenja upotrebljen je dijagnostički stomatološki Ro aparat Dent. Na osnovu ispitivanja magistra M.Tomaševića, karakteristike ovog aparata su sledeće: (sl.1)

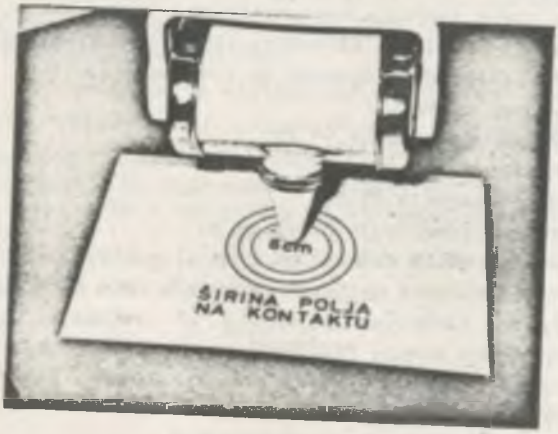
a/ polutalasni aparat
b/ maksimalni napon anode 55 kV
c/ anodna struja 10 mA
d/ efektivna energija 23 keV
e/ filterska poluvrednost 0,1o5 cm Al
f/ ukupna unutrašnja filtracija 2 mm Al ekvivalenta
g/ diametar ozračenog polja na mestu kontakta 6 cm (sl.2)

Kao merni instrument za doze u "R" jedinicama upotrebljena je sferna jonizaciona komora "PICHLAU" pogodna za merenje doza u malim zapreminama. Karakteristike komore su sledeče: (sl.3)

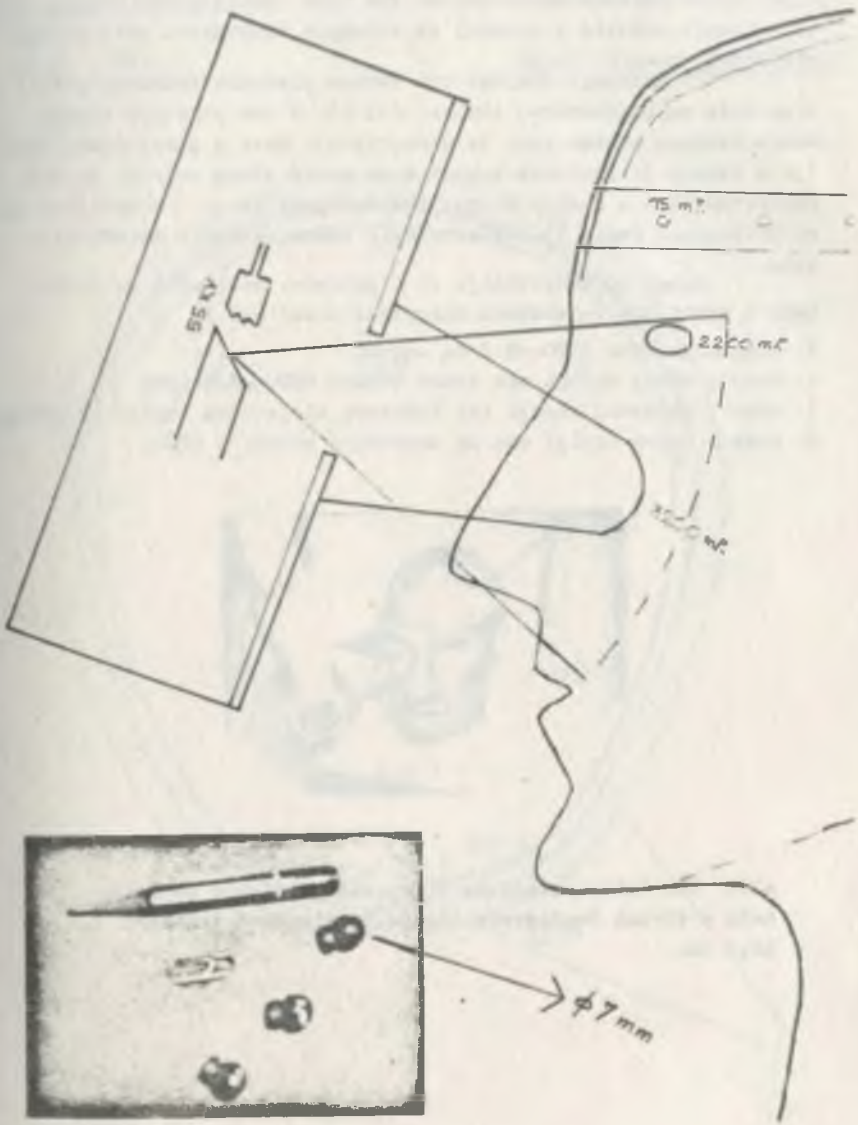
a/ apoljni prečnik komore je 7 mm
b/ energetski opseg za merenje do 3 MeV
c/ energetski kapacitet 7 "R"
d/ brzina ekspozicije 100 R/sek
e/ greška u mernim podacima 7% (za 30 keV)

Za merenje doza napravljena je fantom-glava na lobanji prirodnog ljudskog kostura. Fantom je formiran smesom prirodnog voska i parafina, shodno parametrima standardnog čovečijeg tela.

sl.1 Pozicija rentgen aparata DENT pri snimanju korena prednjih zuba na gornjoj vilici.Vrh tubusa usmeren ka vrhu nosa u sagitalnoj ravni.



sl 2. Diametar zračnog polja na kontaktnoj površini pod uslovom da je blenda sa otvorom r= 7,5 mm


55 kV
75 mr
2200 mr
ϕ 7 mm

EKSPERIMENTALNI RAD I REZULTATI

Za merenje su izdvojena dva tipa ozračivanja: položaj za snimanje očnjaka i položaj za snimanje frontalnih zuba gornje vilice.

Za snimanje očnjaka vrh tubusa zračnika dodiruje površinu kože na Čendlerovoj liniji. (sl.4). U tom položaju zračni konus zahvata oblast oka. Za odredjivanje doze u samoj očnoj duplji u fantom je umetnuta komorica na mestu očnog sočiva. Za komparativne doze u regiji mozga, iza koštanog sloja, postavljene su, po priloženoj šemi, 13 dozimetriskih komorica istih karakteristika.

Nakon 10 ekspozicija po 2 sekunde, dozimetri su pročitani i utvrdjena je sledeća raspodela doza: (sl.5)

1. kontaktna doza 3200 mR / po snimku
2. doza u očnoj duplji oka iznad tubusa 2200 mR/snimku
3. doza u moždanoj regiji iza koštanog sloja očne duplje 15 mR/snimku
4. doza u očnoj duplji oka na suprotnoj strani 4 mR/h.

sl.4 Vrh tubusa zračnika RŌ aparata dodiruje površinu kože u visini Čendlerove linije.FK distanca iznosi 10,5 cm.

5

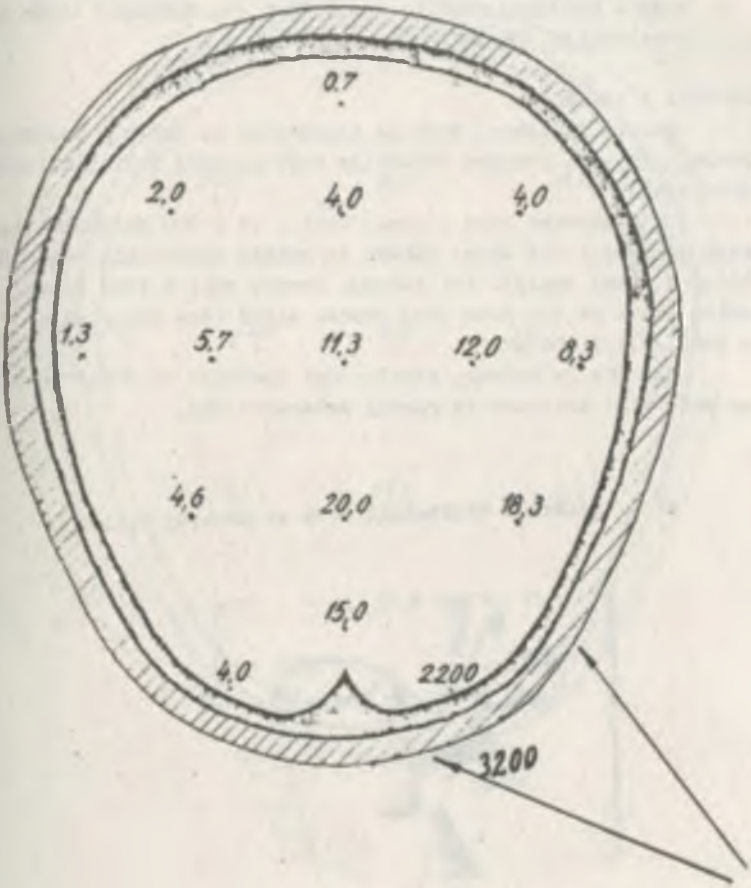
DATUM 13. VII. 74

TIP SNIMKA LEVI GOR. KUT.

RTG APARAT DENT.

BROJNA VREDNOST mR/SNIMKU

kV 55 mAs



Za snimanje frontalnih zuba gornje vilice vrh tubusa zračnika dodiruje sredinu nosa, 1 cm od vrha nosa (sl.6). Raspored dozimetara je isti kao i u prethodnom slučaju. Nakon 10 ekspozicija po 2 sekunde dozimetri su registrovali sledeće doze:

1. kontaktna doza 3200 mR/snimku
2. doza u očnoj duplji 415 mR/snimku
3. doza u moždanoj regiji, neposredno iza koštanog sloja iza očne duplje, 36 mR/snimku.

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Rad sa fantomom, koji je napravljen na lobanji čovečijeg kostura, otklanja problem korekcije koji se mora vršiti na nehomogenu sredinu.

Registrovane doze u očnoj duplji od 2 200 mR/snimku za snimak očnjaka i 415 mR/po snimku za snimak frontalnih zuba daju 2600 mR u očnoj duplji. Pri lečenju korena zuba u toku jedne sedmice obavi se tri puta ovaj proces usled čega oko primi 3 x 2600 mR = 7.800 mR.

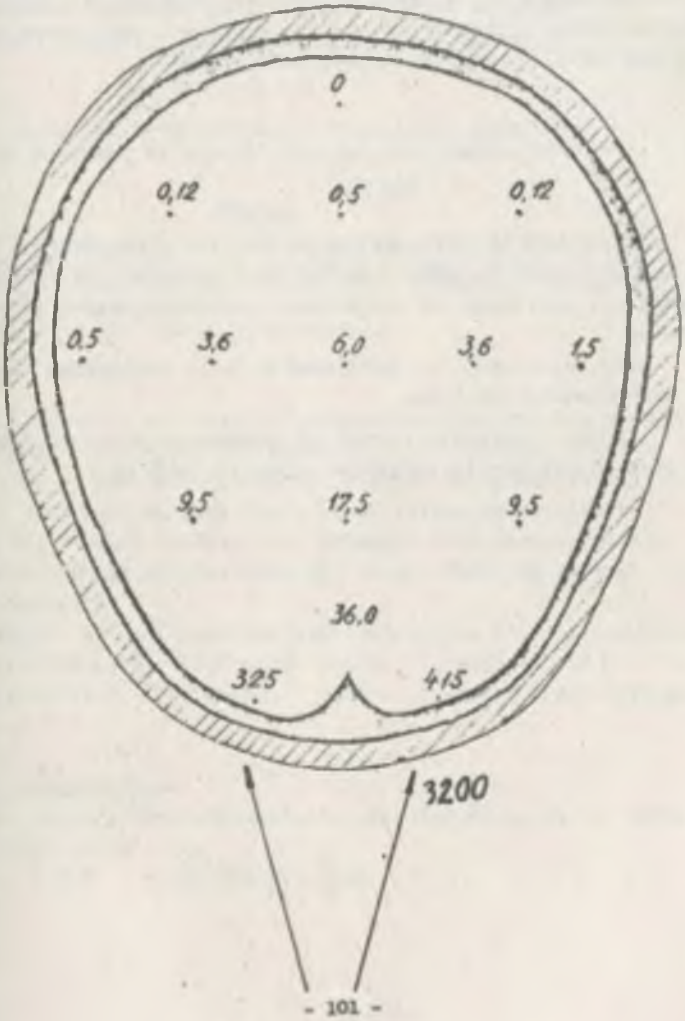
Kao što je rečeno, oftalmolozi smatraju da doza ove veličine može biti kofaktor za razvoj katarakte oka.

sl.6 Snimanje frontalnih zuba na gornjoj vilici

DATUM 11. VII 74 | 1 | TIP SNIMKA GOR. VILICA

RB APARAT DENT. | BROJNA VREDNOST mR / 2SEK.

kV 55 mAs



REZIME

Merena je doza zračenja u očnoj duplji pri snimanju očnjaka i frontalnih zuba gornje vilice. Merenja su obavljena na fantomu sa prirodnom lobanjom ljudskog kostura. Kao merni instrument korišćena je kuglasta jonizaciona komora prečnika 8 mm. Za jednu dijagnostičku seriju snimaka u toku jedne sedmice oko je u radijacionom polju od 7.200 mR.

Summary

The dosis in eye hole due to the röntgenography of the frontal teeth in upper iaw has been measured. The measurements are performed on the phantom containing skull of human skeleton.

The measurement is performed by ball ionization chamber with diameter of 8 mm.

In one diagnostic series of röntgenographies during one week the eye was in radiation field of 7200 mR.

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

20-23 Maj 1975. HERCEG NOVI

GENETSKI ZNAČAJNA DOZA ZA STANOVNIŠTVO BEOGRADA USLED PRIMENE X ZRAČENJA U STOMATOLOŠKOJ PRAKSI

Mr. Tomašević M.

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

Rezime

U periodu od 1972. do kraja 1974.godine vršena su ispitivanja na području Beograda na osnovu kojih je data procena GZD za stanovništvo ove teritorije usled izlaganja rendgenskom zračenju pri snimanju zuba.
Procenjena vrednost iznosi 0,03 mrada.

Uvod

Ispitivanje ozračenosti populacije usled primene rendgenskog zračenja u dijagnostičke svrhe nebi bilo potpuno kada bi se izostavilo područje stomatološke rendgen dijagnostike. Iz tih razloga a posebno zbog toga što je obim izlaganja stanovnika Beograda rendgenskom zračenju pri snimanju zuba znatan posebna pažnja posvećena je odredjivanju GZD za ovo područje primene rendgenskog zračenja.

Radovi su bili započeti još 1969.godine (1) a zatim su iz godine u godinu podaci bili popunjavani. Sistematski rad na ovom problemu započet je 1972.godine i trajao je sve do kraja 1974.godine.

Genetski značajna doza

Za procenu genetski značajne doze korišćena je već dobro poznata relacija (2):

$$GZD = \frac{\sum Di \; Ni \; Pi}{\sum Ni \; Pi}$$

gde su:

Di = prosečna gonadna doza osoba starosti i koji se izlažu zračenju (3)

Ni = broj pacijenata u populac iji starosti i koji se izlažu zračenju (tabela br.1)

Pi - broj očekivane dece za osobe starosti i u budućnosti (tabela br.2)

Ni = broj osoba populacije starosti i (6)

i = indeks vrste ispitivanja.

Podaci potrebni za procenu GZD dati su na sledećim tabelama:

Tabela br.1

Broj pacijenata kojima je bilo izvršeno snimanje zuba

STAROSNA DOB	POL PACIJENATA muški	POL PACIJENATA ženski	UKUPNO
0 - 14	4.298	7.925	12.223
15 - 19	8.488	13.963	22.251
20 - 24	10.274	17.096	27.370
25 - 29	6.231	9.171	15.402
30 - 34	14.319	18.346	32.665
35 - 39	3.755	7.503	11.258
40 - 44	12.531	15.429	27.960
45 i više	31.190	35.859	67.049
UKUPNO	91.086	125.092	216,178

Tabela br.2

Broj očekivane dece za uže područje SR Srbije

STAROSNA DOB	POL DECE	
	MUŠKA	ŽENSKA
0 - 14	1. 855	1.746
15 - 19	1.861	1.746
20 - 24	1.686	1.428
25- 29	1.o24	o.712
30.- 34	0.486	0.286
35 - 39	0.183	0.084
40 - 44	0.081	0.019
45 i više	0.055	0.005

Broj ženske dece izračunat je na osnovu podataka sa kojima raspolažemo a broj muške je procenjen na osnovu odnosa muška - ženska deca koji su dali strani autori.

Na osnovu iznetih podataka i vrednosti sa kojima smo od pre raspolagali izračunata je vrednost GZD za stanovništvo Beograda usled njegovog izlaganja rendgenskom zračenju pri snimanju zuba. Nadjeno je da ova vrednost iznosi 0,03 mrada.

Zaključak

Ispitivanja koja su bila sprovedena u periodu od 1972. do 1974.godine doprinela su da se izvrši procena GZD za stanovništvo Beograda usled njegovog izlaganja rendgenskom zračenju pri snimanju zuba. Kako su to bila prva ispitivanja ove vrste na posmatranom terenu to dobijenu vrednost od 0,03 mrada za GZD moramo prihvatiti sa rezervom posebno zbog toga što su mnoge potrebne veličine bile procenjene dosta slobodno. Razlog za to je nepostojanje evidencija u ustanovama, takve vrste koje su neophodne za procenu GZD. Zato dobijenu vrednost smatramo samo orijentacionom dok će konačan odgovor dati naredna ispitivanja.

GENETICALLY SIGNIFICANT DOSE FOR THE POPULATION OF BEOGRAD AS RESULT OF THE APPLICATION OF-RAY IN STOMATOLOGY PRACTICE

M.Sc. Tomašević Miroslav
Institute of Occupational and Radiological Health "Dr D. Karajović", Beograd, Deligradska 29

Summary

During the period from 1972 to the end of 1974 there were performed the investigations on the territory of Beograd. Based on these investigations there was done an estimation of GSD for the population of this territory as the result of exposure to X-Ray radiation during teeth radiography.
Estimated GSD value was found to be 0,03 mrad.

Literatura:

1. Tomašević M.: Doze zračenja i zaštita pacijenata pri grafiji zuba. Zbornik radova IV. Jug. simp. o rad.zaštiti str. 62-69. Baško Polje 28-30 maj 1969.

2. ICRP / ICRU : Exposure of Man to Ionizing Radiation Arizing From Medical Procedures. Phys. in Med. and Biol. No.2, 1o7-156, October 1957.

3. Tomašević M.: Opšta i lokalna ozračenost pacijenata i njihova zaštita pri stomatološkoj rendgendijagnostici. Mag. rad.Zagreb 1971.

4. Savezni zavod za statistiku: Skraćene aproksimativne tablice mortaliteta za SFRJ i SR. 1967-1968. Beograd str.30-31. Februar 1971.

5. Savezni zavod za statistiku: Demografska statistika str. 52. 1970.godina

6. Gradski zavod za statistiku: Podaci o popisu stanovnika za grad Beograd od 31. marta 1971.godine.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUSTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
HERCEG NOVI, 20-23.maj 1975.

POPOVIĆ PUNIŠA
VOJNA BOLNICA SARAJEVO

KRETANJE STOPE RENDGENSKIH SNIMANJA U STOMATOLOŠKOJ PRAKSI

Na stomatološkom odelenju analizirana je godišnja frekvencija rendgen-dijagnostičkih snimanja zuba u vremenu od 1970. do 1974. godine. Utvrdjeno je da stopa rendgenskog snimanja zuba stalno pada unatoč povećanja broja lečenih i da su stomatolozi češće izloženi zračenju nego dentisti.

UVOD

Medicinska primena jonizujućeg zračenja je najmasovniji izvor aplikacije radijacionih doza stanovništva, a 70-90% primljenih doza od tih izvora otpada na dijagnostičku upotrebu rendgen aparata /1/. Raširenost upotrebe rendgen dijagnostičkih aparata u medicini studirana je u mnogim zemljama /2/. U nas kod procene broja i strukture rendgen dijagnostičkih postupaka u zdravstvenim ustanovama SFRJ /3,4,5/ nisu obuhvaćeni rendgen dijagnostički pregledi u vojno-sanitetskim ustanovama.

U poslednje vreme dentalna rendgenologija sve češće se koristi kao glavno pomoćno sredstvo u postavljanju dijagnoze. U nastojanjima da se iz primene rendgen-dijagnostičkih aparata u medicini postigne maksimalni efekat uz najmanji rizik po pacijenta, velika pažnja poklanja se stručnosti kadrova koji primenjuju jonizujuće zračenje /6/. Ovo se posebno odnosi na kadrove kao što su na primer ortopedija, pedijatrija i stomatologija, koji u svom redovnom školovanju ne stiču dovoljno znanja u rukovanju sa aparatima i zaštiti od zračenja.

Ovim saopštenjem prikazuje se učestalost korištenja rendgen-dijagnostičkih aparata u petogodišnjem periodu na stomatološkom odelenju.

METOD RADA

Iz postojeće medicinske dokumentacije stomatološkog odelenja prikupljeni su podaci o broju rendgen-dijagnostičkih postupaka za period 1970-1974.godina. Frekvencija ovih pregleda preračunavana je na ukupan broj pacijenata javljenih radi obolenja zuba i usta.

Takodjer su prikupljeni podaci o broju izvršenih rendgenskih snimanja od strane stomatologa i dentista.

REZULTATI I DISKUSIJA

Od ukupnog godišnjeg broja rendgenskih pregleda zuba u 1970.godini stomatolozi su izvršili 39,9%, a dentisti 60,1% /tabela broj 1./. Medjutim, u ostalim godinama stomatolozi su izvršavali više od polovine ovih poslova.

TAB.br.1

Broj rendgenskih snimanja zuba u odnosu na stručnu spremu lica koja rukuju aparatom

Stručnost /kvalifikacija/	G o d i n a									
	1970.		1971.		1972.		1973.		1974.	
	broj	%	broj	%	broj	%	broj	%	broj	%
Stomatolozi	602	39,9	932	50,02	1068	57,1	740	58,8	868	56,6
Dentisti	906	60,1	931	49,98	803	42,9	554	41,2	650	43,4
U k u p n o	1508	—	1863	—	1871	—	1294	—	1518	—

Ispitujući stručnost kadrova koji rukuju rendgen-dijagnostičkim aparatima u zdravstvenim ustanovama SFRJ, Jokić je /7/ ustanovio da od ukupnog broja redgenskih pregleda zuba stomatolozi izvrše 10,8%, a dentisti odnosno lica sa srednjom stručnom spremom 89,2%.

Polazeći od saznanja da stomatolozi i dentisti u velikoj meri rade sa rendgenskim aparatima, a da za taj posao nisu posebno obrazovani, trebalo bi ih putem pogodnih formi educirati u tehnici rukovanja sa aparatima, a posebno u primeni mera zaštite od jonizujućeg zračenja.

TAB.br.2

Godišnja stopa rendgenskih snimanja zuba kod pacijenata javljenih na stomatološko odelenje

Godina	Ukupan broj pacijenata sa bolestima zuba	Izvršeno snimanje	
		Broj	%
1970.	6.864	1.508	21.9
1971.	9.411	1.863	19.8
1972.	10.417	1.871	17.9
1973.	12.486	1.294	10.4
1974.	16.244	1.518	9.3

Godišnja stopa rendgenskih snimanja zuba kod pacijenata sa mogućim indikacijama za snimanje prikazana je na tabeli broj 2. Iz tabele se vidi da se broj pacijenata lečenih na odelenju od 1970. godine iz godine u godinu povećava, a istovremeno se uočava smanjenje stope snimanja zuba. Najviša stopa rendgenskih snimanja bila je u 1970.godini /21,9%/, a najmanja 1974.godine /9,3%/.

TAB.br.3.

Godišnja stopa rendgenskih snimanja zuba
u odnosu na kategorije osiguranika

Godina	Kategorije osiguranika			
	Aktivna vojna lica	Vojnici i pitomci	Članovi porodice	Gradjanska lica
1970.	24,36%	33,80%	18,38%	26,05%
1971.	33,09%	20,33%	15,69%	21,22%
1972.	26,86%	22,33%	15,1[illegible]%	18,40%
1973.	12,29%	15,59%	8,48%	16,65%
1974.	12,23%	19,16%	8,08%	21,70%

Slična situacija uočava se i kod petogodišnjeg praćenja rendgentskog snimanja zuba u odnosu na razne kategorije osiguranika. /Tabela broj 3/. Kod vojnika i pitomaca, kao i članova porodice najviše stope snimanja bile su 1970.godine /33,80% odnosno 18,38%/ a najniže kod vojnika i pitomaca 1973.godine /15,59%/, a kod članova porodice 1974.godine /8,08%/. U grupi aktivnih vojnih lica najviša stopa snimanja /33,09%/ bila je 1971.godine, a najniža /12,23%/ 1974.godine. I kod gradjanskih lica stopa snimanja najviša je bila /26,05%/ 1970.godine, a u ostalim posmatranim godinama kretala se izmedju 16,65% i 21,70%.

Iako je poslednjih godina porastao broj pacijenata lečenih na stomatološkom odelenju broj rendgenskih snimaka ostao je manje-više isti. To znači da je frekvencija snimanja manja, odnosno da se ovakvim smanjenjem rendgenskih pregleda smanjio i udeo primljenih doza jonizujućeg zračenja u lečenoj populaciji zbog dijagnostičke upotrebe rendgen aparata.

ZAKLJUČAK

1. Stomatolozi godišnje izvrše 52,48%, a dentisti 47,52% od ukupnog broja rendgenskih snimanja zuba.
2. Stopa rendgenskih snimanja zuba se od 1970.godine pa nadalje svake godine smanjuje iako broj pacijenata lečen na ovom odelenju konstantno raste.

LITERATURA

1. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation /1958/, Gen. Assembly Official Record, 13th Sess. Suppl. No 17 /a/ 3838, New Yuork;

2. MORGAN, R.H., /1963/, American Ind. Hygiene 24:588-599;

3. PETROVČIĆ, F., MARGRAITNER, K. /1960/: Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 11:34-52;

4. JOKIĆ, J., MARJANAC, A., /1970/, Procjena obima korištenja rendgen-dijagnostičkih postupaka u zdravstvenim ustanovama SFRJ., Materijali V simpozijuma Jugoslovenskog društva za radiološku zaštitu, No 6/08, Bled;

5. JOKIĆ,J., MARJANAC, A., /1972/, Hentgenski pregledi pluća u zdravstvenim ustanovama SFRJ, Materijali VI simpozijuma Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, 595-601, Ohrid;

6. Public Health and the Medical Use of Jonising Radiation /1965/, WHO, Technical Report Series, No 306, Geneva;

7. JOKIĆ,J., MARJANAC,A., /1971/, Medicinski glasnik, 6:221-225.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
HERCEG NOVI, 20-30, 1975

VESELIN VUJNIĆ, ZLATKO MERKAŠ, MILAN MILENKOGIĆ, MILOŠ BEKERUS
RADIOLOŠKI INSTITUT MEDICINSKOG FAKULTETA U BEOGRADU
DIREKTOR: Prof. Dr. Zlatko Merkaš

RADIOLOŠKA ZAŠTITA KOD UREDJAJA ZA BRAHITERAPIJU SA IZVORIMA VISOKOG AKTIVITETA

ABSTRAKT: Na Radiološkom institutu u Beogradu leči se godišnje oko 1000 bolesnica sa ginekološkim malignomima. Glavna metoda lečenja je intrakavitarna aplikacija Co-60 fokusa a zatim transkutano zračenje. Preko 1500 aplikacija godišnje dovodi do ozračivanja većeg broja lica na bolesničkim odeljenjima i u aplikacionoj sali. U cilju smanjenja doza zračenja uvedena je januara 1974 godine, afterloading metoda sa izvorima Co-60 koji su oko 300 puta jači nego kod klasičnog sistema. Novo odeljenje nazvano "Katetron" je posebno projektovano u cilju maksimalne zaštite osoblja i komfora bolesnica. U radu se govori o specifičnostima ove nove tehnike sa aspekta zaštite od zračenja i organizacije rada.

UVOD: AFTERLOADING METODA SA IZVORIMA VISOKOG AKTIVITETA

Princip afterloadinga u brahiterapiji podrazumeva aplikovanje neaktivnih cevčica u tumor i zatim, kada je optimalizovan i proveren položaj aplikatora, bolesnia se odvozi u sobu gde se iz posebnog kontainera ubacuju radioaktivni fokusi u aplikatore. Ovo se radi ručno, ali su ipak doze zračenja isključene u aplikacionoj sali i u toku voženja bolesnice do odeljenja, radna mesta koja su bila posebno opterećena. Ovaj sistem je prvi uveo Haenschke i kod nas je bio u prihvaćen u ograničenom obimu.

Medjutim, zbog velikog broja aplikacija na našem institutu (i preko 40 nedeljno), rešenje sa manuelnom afterloading metodo-m nije bilo i konačno. U dužem periodu vršena su proučavanja raznih metoda koja bi pružila bolju zaštitu. Kada su rezultati pojedinih autora (Joslin, O. Connell) pokazali da se mogu koristiti visoki aktiviteti izvora bez ikakve opasnosti od pogoršanja rezultata izlečenja, ali uz vanredne mogućnosti zaštite od zračenja

i poboljšanja konfora kod bolesnica, odlučeno je da se uvede metoda automatskog afterloadinga sa izvorima visokog intenziteta. Takav uredjaj, Cathetron, već je opisan u literaturi i sastoji se od komandnog stativa i kontainera koji su medjusobno povezani cevima kroz koje prolaze specijalne sajle. Kontainer ima ukupno 9 kanala u kojima su smešteni fokusi sa Co-60, aktiviteta od 1 do 10 Ci. Simultano je moguće aktivirati jedan, dva ili tri kanala kojom prilikom radioaktivni izvori izlaze automatski iz kontainera i dospevaju u katetre pogodnog oblika i dimenzija. Izvori se vraćaju u bezbedan položaj automatski, posle isteka zadatog vremena zračenja. Zbog visoke aktivnosti vremena zračenja su samo nekoliko minuta, za razliku od klasičnih aplikacija gde fokusi ostaju u tu moru 24, 48 ili više sati. Kontainer sa izvorima se nalazi u specijalnom bunkeru koji je obezbedjen po principima teleterapijskih mašina, a komandni sto je u zasebnoj prostoriji.

ODELJENJE KATETRON i Co-60 IZVORI

Posle odluke o tipu aparata analizirana je potrebna veličina i raspored prostorija i izvršen je izbor broja i jačine Co-60 fokusa. Odlučeno je da novi izvori budu takve jačine da je moguće aplikovati dozu od 1000 rad u ginekološku tačku A u vremenu ne dužem od 3 minuta. Broj izvora je limitiran na 4, a njihove aktivne dužine su odabrane da budu sasvim slične sa već korišćenim klasičnim izvorima, čiji aktiviteti nisu bili veći od 50 mCi Co-60.

Polazeći od iznetih zahteva odlučili smo se za fokuse sledeće aktivnosti i aktivne dužine:

TABELA 1

Kanal	Ci Co-60	aktivna dužina u sm	
1	5,00 (5,10)	1,3	U zgradama su stvarni
3	5,00 (4,97)	1,3	aktiviteti isporučeni od
5	8,60 (8,82)	3.9	strane firme:
7	11,00 (11,40)	5,8	The Radiochemical Centre
			Amersham

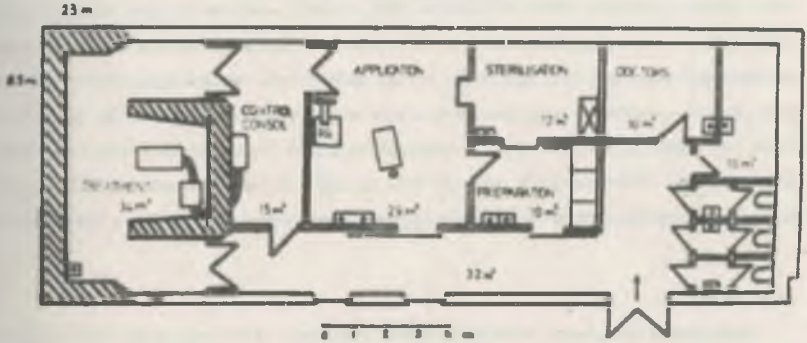
Aktivitet Co-60 izvora u Cathetronu

Aktivne dužine odgovaraju našim "klasičnim" fokusima sa Co-60 koji su 1964 zamenili radijumske fokuse, o čemu smo već referisali. (Vujnić).

Obzirom na izrazito veliki broj Ca PVU na našem institutu (Merkaš), po čemu zauzimamo istaknuto mesto u svetu, raspored prostorija trebao je da omogući veliku frekvenciju rada na katetronu. Odlučili smo da bunker ima dva ulaza, odnosno izlaza, tj. labirint sistem u vidu slova p (ćirilicom). Komandna soba i aplikaciona sala su povezani sa bunkerom u jednu celinu. Pored ovih prostorija predvidjene su soba za sterilizaciju pribora i instrumenata kao i prostorija za pripremu osoblja pre ulaska u sterilnu salu. Pomoćne prostorije (garderoba i mokri čvor) kao i lekarska soba upotpunjuju odeljenje (Sl. 1)

INSTITUT OF RADIOLOGY – BELGRADE

CATHETRON DEPARTMENT



Sl. 1 Odeljenje Cathetron

Debljina zidova odredjena je na osnovu procenjene frekvencije od najviše 20 aplikacija za radno vreme od 7 časova i korišćenja aktivnosti od 20 Ci Co-60. Barijera je napravljena od baritnog betona radi uštede u ukupnoj dužini odeljenja. Dubina labirint hodnika je tako odredjena da kod normalnog položaja vozećeg ginekološkog stola, fokusi koji su u bolesnici nikako ne mogu zračiti direktno prema vratima.

Posle izgradnje bunkera, montaže aparata i probe sa aktivnim izvorima u raznim položajima konstatovano je da se jedino pored samih vrata može izmeriti najviše oko 1mR/h.

Ulazna vrata bunkera snabdevena su signalnim svetlima koji pokazuju kada su izvori vani (crveno), odnosno kada je aparat spreman za rad (zeleno). Na vratima su i kontakti

koji prekidaju zračenje u slučaju otvaranja.

Radi pouzdanog indikovanja da se je izvor vratio u kontainer, postavljen je GM monitor zračenja koji zvučnim signalom pokazuje da je izvor izvan kontainera.

Za slučaj akcidenta sa izvorima predvidjen je olovni blok dovoljne veličine, u čiji otvor može da se smesti eventualno oštećen izvor koji se iz bilo kog razloga ne bi vratio u kontainer.

Kada je bolesnica u bunkeru i izvori su u njoj, osoblje se nalazi u komandnoj sobi odakle je u kontaktu sa bolesnicom preko TV sistema i mikrofona, a samo je u potpunosti poštedjeno bilo kakvog zračenja.

Posle aplikovanja katetrona u njih se ručno stavljaju mikro izvori sa Co-60 koji imaju ukupno oko 16 mCi (tri izvora koji se čuvaju u posebnom ručnom kontaineru). Mikro izvori sasvim imitiraju aktivne dužine terapiskih izvora. Pomoću ovih izvora i jednog scintilacionog monitora mere se rektalne doze zračenja. Ako su ove doze veće od toleranih onda se koriguje položaj katetera. Ova operacija merenja rektalne doze doprinosi ozračivanju lekara koji vrši aplikaciju (ostalo osoblje tada napušta aplikacionu salu) ali primljene doze zračenja su neuporedivo manje nego kod klasičnih aplikacija. mikro izvori su 4 do 6 puta manje aktivnosti, a merenje traje i do 10 puta kraće vreme nego klasična aplikacija. Posle rektalnih merenja vrši se snimanje katetera pomoću pokretnog Ro uredjaja, medjutim tada je Ro tehničar iza paravana a ostali članovi ekipe napuštaju salu.

DISKUSIJA:

Posle godinu dana rada, lečenih blizu 400 bolesnica i obavljenih preko 1600 pojedinačnih aplikacija, moglo se je konstatovati da su doze zračenja kod osoblja odeljenja svedene na jedva merljiv nivo. Mesečni izveštaj lične film dozimetrije to pokazuje.

Komfor lečenja bolesnica je neuporedivo poboljšan i mnoge su lečene ambulantno, što sa gledišta ušteđe bolesničkih dana prestavlja veliki dobitak.

Rezultati lečenja posmatrani preko prvih kontrola su veoma povoljni nema postraničnih efekata a tumori su reagovali kao i kod najuspešnijih klasičnih aplikacija, pa i bolje.

Broj bolesnica koji se ovom metodom može lečiti je ograničen na oko 500 godišnje. Dve smene nije moguće organizovati jer rad odeljenja zahteva pomoć i drugih službi koje rade samo pre podne. Znači da i dalje ostaje klasični tip intrakavitarnih aplikacija za blizu 500 bolesnica godišnje. Za njihovo lečenje predvidjeno je korišćenje manuelne afterloading tehnike sa Cs-137 fokusima. Specijalni polietilenski aplikatori koji će biti proizvedeni u Institutu Boris Kidrič-Vinča već su u pripremi i metoda će biti u upotrebi u drugoj polovini 1975 godine.

ABSTRACT

At the Institute of Radiology in Belgrade about 1,000 new cases of feemale genitalia malignances are treated annually by the combined methods of radiotherapy. This high number of patients receive over 1,500 intracavitary applications, which provoke a conciderable irradiation of the wards personnel.

By the introduction of the "CATHETRON" unit in January 1974 as the leatest remotely controled afterloading method with high intensity Co-60 sources, the cofort of the treatment of patients has been improved as well as the radiation protection of the personal.

In the paper details are given about the layout of the department, activites of sources and their active lenghts and other relevant data from the protection against radiation point of viev.

LITERATURA:

1. Henschke, U. K. (1960) Radiology, 74, 834.

2. Henschke, U. K. (1963) Am. J. Roentg., 90, 386

3. Vujnić V., Merkaš Z., Zbornik radova, Baško polje, maj 1969, strana 254.

4. Joslin, C. A. F. et al. (1970). Proc. R. Soc. Med. 63, 1029.

5. " " O Connell, D. (1967) Br. J. Radiol. 40, 895.

6. " " Liversage, W. E. (1969), Br. J. Radiol. 42, 108

7. Merkaš Z., (1967) Srpski Arhiv, 95, 2 173.

8. Merkaš Z., Vujnić V., Dj. Nemoda (1965), Radioaktivni izotopi i zračenja, IV, 108

9. IAEA, Vienna (1967), Tehnical Reports No. 75.

10. NCRP, Report No. 40 (1972) Washington, D. C. 20014.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi,20-23.maja 1975.

Ristić Dj. i Vuković S.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

IZRADA UZORAKA OD BARITNOG BETONA I REZULTATI ISPITIVANJA NJEGOVOG KVALITETA

U radu su prikazani: priprema, proračun, postupci za izradu, negovanje i rezultati ispitivanja fizičkih i mehaničkih osobina baritnog betona, izradjenog od domaćeg baritnog agregata i cementa.

Uvod

Zbog sve šireg korišćenja izvora jonizujućih zračenja i njihovog štetnog dejstva na čoveka i organizovanu materiju uopšte iznalaženje postupaka, uredjaja i tehnike za zaštitu od zračenja je neophodno radi uspostavljanja prihvatljivih nivoa izlaganja zračenju.

Ekranizacija je jedan od tri osnovna principa zaštite od jonizujućeg zračenja i u praksi najčešće korišćena. Zaštitni ekrani se izradjuju od materijala čiji izbor zavisi od vrste i energije zračenja i drugih činioca.

Beton spada u materijale koji se najčešće koriste za izradu zaštitnih ekrana. Literaturni podaci pokazuju da je za zaštitu od gama zračenja energija većih od 1 MeV-a najcelishodnije koristiti beton.

Zaštitna moć materijala koji su sastavljeni od elemenata sa srednjom atomskom tehnikom, od kojih je mahom sastavljen i beton, je približno proporcionalna specifičnoj i zapreminskoj težini. To znači, betoni sa visokom gustinom su odlični materijali za zaštitu od gama zračenja.

Medjutim, pri projektovanju objekata koji služe za smeštaj i korišćenje snažnih izvora zračenja nailazi se na poteškoće,zbog toga što u našoj stručnoj literaturi nema podataka o: mogućnostima ko-

rišćenja domaćih sirovina za izradu kvalitetnih betona za zaštitu od zračenja, takozvanih "teških betona", recepturama i procedurama za izradu, zaštitnim svojstvima takvih betona itd.

Cilj ovoga rada je da doprinese prevazilaženju gore iznete teškoće.

Kvalitet i čvrstoća betona zavise od:

1. kvaliteta i vrste cementa;
2. kvaliteta agregata tj. od
   a) čvrstoće,
   b) čistoće i
   c) zrakastog sastava agregata;
3. kvaliteta i čistoće vode;
4. recepture spravljanja betona tj. u kojim količinskim odnosima učestvuju komponente pri spravljanju betona;
5. propisnog mešanja;
6. nabijanja sirovog betona i
7. negovanja[3].

Za spravljanje uzoraka od betona upotrebljeni su: cement,baritni agregat i voda.

Cement. Pregledom velikog broja recepata za spravljanje baritnog betona ustanovili smo da se uglavnom koristi portland cement PC 350. Mi smo za izradu uzoraka upotrebili cement "Novi Popovac" sa oznakom PC 25 Dt 350, izradjen 7.8.1972.godine.

Agregat. Za izradu uzoraka upotrebili smo, i kao krupan i kao sitan agregat, isključivo baritni agregat, dobijen iz rudnika "Bosnabarit"-Velika Kladuša. Baritni agregat-baritna ruda je imao specifičnu težinu $\rho=4,3$ g/cm^3, a sadržaj $BaSO_4$ u iznosu od 90%.

Priprema agregata. Proverom baritne rude na čistoću ustanovili smo da je nečistoća u dozvoljenim granicama (prema našim propisima dozvoljava se prisustvo mulja do 2%), jer je sadržaj mulja bio 0,70%, a prisustvo organskih materija u zanemarljivim količinama (tečnost posle stajanja agregata 24 h neznatno je promenila boju).

Zbog težnje da radimo sa potpuno čistim agregatom pristupili smo ispiranju baritnog agregata. Posle brižljivog ispiranja i ponovnog merenja sadržaj mulja je iznosio 0,14%.

Iza ovoga pristupili smo radovima za postizanje potrebnog gra-

nulometrijskog sastava.

Pošto smo prilikom pranja agregata izgubili fina zrna, pomoću valjka smo izvršili usitnjavanje i dodali izgubljenu količinu.

Da bi dobili što bolju krivu prosejavanja odlučili smo se da agregat pripremimo u tri frakcije:

veličina zrna	0 - 7 mm
veličina zrna	7 -15 mm i
veličina zrna	15 -30 mm.

Iako je isporuka bila u pogodnim frakcijama mi smo, ipak, prosejali materijal na sitima sa okruglim rupama veličine ϕ=7mm, ϕ =15 mm i ϕ=30 mm. Posle prosejavanja uzeli smo tri uzorka iz frakcije 0-7 mm. Prosejavanjem materijala iz ove frakcije kroz set sita, dat na slici 1. dobili smo posle merenja; zrnasti sastav dat u tabeli 1.

Uporedjivanjem ovih rezultata sa idealnim zrnastim sastavom uočićemo da je procenat materijala koji je prošao kroz sito ϕ=4 mm veći nego što je propisan prostorom izmedju linija P i P´ (prilog 1) Zbog toga smo izvršili korekciju (dodavanjem 10%, od količine koju pripremimo, materijala sa zrnastim sastavom većim od 4 mm).

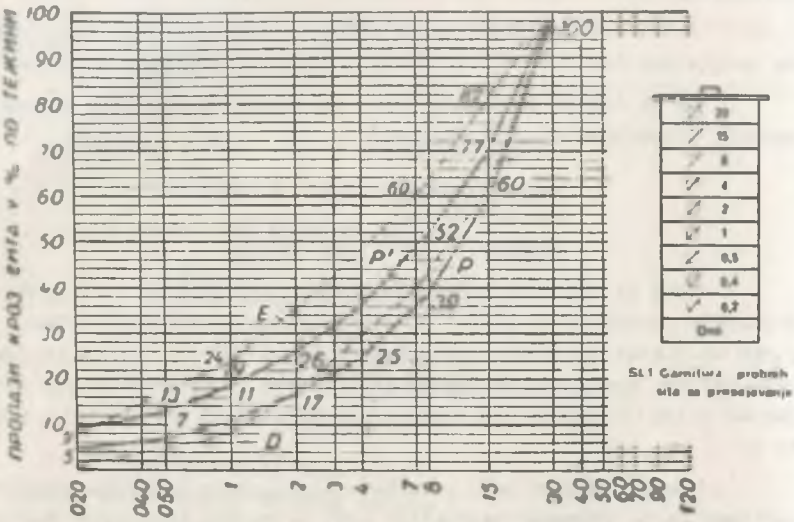
Ponovnim uzimanjem uzoraka, presejavanjem i merenjem dobijen je sastav prikazan u spomenutoj tabeli. Rezultati zrnastog sastava, kako se vidi iz tabele su još odstupali od idealnog sastava.

Još jednom korekcijom (dodavanjem 10% materijala veličine zrna veće od 4 mm, i uzimanjem uzoraka, prosejavanjem i merenjem dobili smo zrnasti sastav frakcije veličine zrna 0-7 mm blizak idealnom sastavu.

Sa ovako pripremljenim frakcijama agregata pristupili smo razmatranju kakav količinski sastav odabrati u cilju dobijanja kompletne propisane krive prosejavanja. Količinsko učešće materijala iz pojedinih frakcija dat je u prilogu 1. Na istoj strani data je i linija prosejavanja dobijena na osnovu količinskih učešća materijala iz pojedinih frakcija.

Zatim smo proračunom izvršili procenu količine betona potrebne za izradu uzoraka za ispitivanje fizičko mehaničkih osobina i odredjivanje zaštitnih svojstava. Ustanovili smo da će biti dovoljna količina u iznosu od 1/3 m^3 gotovog betona. Na osnovu ovog podatka izvršen je proračun težinske količine baritnog agregata potreb-

ЛИНИЈА ПРОСЕЈАВАЊА



Sl.1 Granulska probirka sita za prosejavanje

ОРДИНАТЕ КРИВИХ P и P' у % ТЕЖИНА ЗА НАЈВЕЋА ЗРНА D ≤ mm															
Отвори рупа у mm			0,2	0,5	1	2	4	8	15	30	40	50	60	10	90	120
Просечна величина зрна D у mm	15	P	7	11	16	35	39	63	100							
		P	12	18	26	36	52	73	100							
	40	P	4	6	9	14	21	32	49	80	100					
		P	8	12	16	22	32	45	61	87	1 0					
	50	P	4	6	8	12	18	28	42	69	75	109				
		P	7	10	14	20	28	40	55	78	90	100				
	60	P	3	5	7	11	16	25	38	60	74	88	100			
		P	6	9	13	48	26	37	50	71	82	91	100			
	70	P	3	6	7	10	15	22	34	54	66	78	88	100		
		P'	6	8	12	17	24	34	46	66	76	85	93	100		
	90	P	3	4	6	9	13	19	29	46	55	65	74	83	100	
		P	5	8	10	15	21	30	41	58	67	75	82	86	100	
	120	P	2	3	5	7	11	16	24	38	46	53	60	68	81	100
		P	4	7	9	13	18	26	35	50	58	55	71	77	87	100

$$P = 50\left(\frac{d}{D} + \sqrt{\frac{d}{D}}\right)$$

$$P = 100\sqrt{\frac{d}{D}}$$

ПРОЛАЗИ КРОЗ СИТА % СУВЕ ТЕЖИНЕ (ПРИ ПРОСЕЈАВАЊУ)														
	Врста мат	0,2	0,4	0,5	1	2	3	4	7	8	15	30	40	50
I	0 – 8	12,7	19,4	22,2	32,8	43,7		73,1		100				
II	8 – 15									0,06	100			
III	15 – 30										0,02	100		
IV														
Фракција	Дес. количина	СРАЧУНАТЕ КОЛИЧИНЕ У % СУВЕ ТЕЖИНЕ АГРЕГАТА												
I	46 %	5,97	8,94	10,23	15,1	20,1		33,66		46	46	46		
II	20									0,01	20	20		
III	34										0,00	34		
IV														
Добијена мешавина (агрегат)		6	8,9	10,2	15,1	20,1		33,7		46,0	66,0	100,0		

nog za spravljanje betona. Da bi izvršili ovaj proračun potrebni su nam i podaci o zapreminskoj težini, specifičnoj težini i vlažnosti pripremljenog baritnog agregata. Njih smo dobili na sledeći način:

Zapreminska i specifična težina. Uzimanjem tri uzorka od svake frakcije dobili smo srednje vrednosti njihovih zapreminskih i specifičnih težina, vidi tabelu 2.

Tabela 2.

Frakcija baritnog agregata mm	Srednja vrednost težine uzorka kg	Srednje vrednosti zapreminskih težina gr/cm^3	Srednje vrednosti specifičnih težina gr/cm^3
0 - 7	29,183	2,432	4,200
7 - 15	26,686	2,223	4,080
15 - 30	26,563	2,213	4,000

Vlažnost baritnog agregata. Za odredjivanje vlažnosti izražene u procentima (sadržaj vode po 1 cm^3) uzimali smo takodje po tri uzorka od svake frakcije baritnog agregata. Uzete uzorke smo izmerili pre sušenja i posle sušenja na 80°C u trajanju od 20 časova. Rezultati merenja i računanja dati su u tabeli 3.

Posle dobijanja ovih podataka pristupili smo proračunavanju težinske količine baritnog agregata potrebne za spravljanje betona:

Tabela 3.

Frakcija baritnog agregata mm	Srednje vrednosti težina uzoraka pre sušenja gr	Srednje vrednosti težina uzoraka posle sušenja gr	Srednje vrednosti vlažnosti %
0 - 7	1269,20	1267,75	0,150
7 - 15	1179,33	1178,20	0,113
15 - 30	1187,00	1186,11	0,089

S obzirom da je maksimalna količina cementa za osetljive i specijalne konstrukcije 350 kg/cm^3, a minimalna 250 kg/m gotovog betona mi smo se odlučili za količinu od 280 kg/m^3. Ovo je učinjeno zbog toga što kod teškog betona raste zapreminska težina sa smanjenjem količine cementa i vode. Zatim smo u cilju dobijanja betona sa boljom markom, odabrali vodocementni faktor W = 0,5 odnosno W = 0,536 jer smo usvojili da količina vode po 1 m^3 gotovog betona bude 150 l.

Na osnovu ovako usvojenih podataka, a prema uslovu:

$$\frac{Z(t)}{Aagr(t/m^3)} + \frac{C(t)}{B_{cem}(t/m^3)} + W(m^3) = 1\ m^3$$ gotovog betona izračunata je količina baritnog agregata potrebna za 1 m^3 gotovog betona.

$$\frac{Z}{4,070} + \frac{0,280}{3,180} + 0,150 = 1$$

$Z = 3,101\ t/m^3$ gotovog betona.

Voda. Za zamešavanje betonske mešavine upotrebljena je voda iz vodovoda Instituta "Boris Kidrič", Vinča.

Izrada uzoraka. Uzorci su radjeni u metalnim kalupima veličine 20x20x20 cm i drvenim kalupima - sanduku, veličina: 5x50x50 cm; 10x50x50 cm i 20x50x50 cm.

Spravljanje mešavine je izvodjeno na otvorenom prostoru. Betonska mešavina je mešana u mešalici - mašinski, a nabijena je u kalupima ručno.

Napominjemo da je betonska mešavina bila veoma dobra za ugradjivanje. Zbog toga što je dobra ugradljivost poželjna i neophodna mi smo se opredelili za spomenuti sastav agregata mada smo mogli da postignemo veću gustinu betona, smanjivanjem količine vode i cementa. Dobra ugradljivost je poželjna kada su količine koje se spravljaju i ugradjuju velike.

Temperatura vazduha za vreme spravljanja je iznosila 26°C, vlažnost 35% i pritisak 760,5 mm Hg.

Kalupi su čuvani u zatvorenoj prostoriji na temperaturi od 20-22°C. Pokrivali smo ih sargijama, koje smo kvasili 2 puta u 24 časa, a u trajanju 10 dana od dana izrade.

Uzorke iz metalnih kalupa smo izvadili 48 časova posle iz-

rade, a iz drvenih kalupa posle 20 dana.

Ispitivanje fizičkih i mehaničkih osobina betona. Uzorci betona su ispitivani samo na pritisak, jer je primena teških betona takva da se u praksi ne javljaju ostale vrste naprezanja, kao što su otpornost na savijanje, modul, elastičnost i dr. Teški beton se redje upotrebljava za noseće elemente konstrukcije, ali nezavisno od toga mi smo tokom projektovanja sastava betona težili (a to opet, na račun gustine betona, jer smo mogli upotrebiti još manju količinu cementa) da dobijemo vrlo dobru marku betona.

Rezultati ispitivanja na pritisak i odredjivanje gustine uzoraka dati su u kopiji izveštaja Instituta za ispitivanje materijala SR Srbije na sledećoj strani.

Zaključak

Ovim radom smo dobili: originalnu recepturu i postupak za spravljanje baritnog betona od domaće rude barita.

Dobijeni baritni beton ima vrlo dobre tehnološke, fizičke i mehaničke osobine, jer se može lako da spravlja i ugradjuje i poseduje zavidnu gustinu i čvrstoću na pritisak za ovakvu vrstu betona.

Abstract

This paper deals with all phases of warking a barytic concrete from domastic baryta and the results of the examinations of the Physical and mechanical properties of the so obtained are presented.

Literatura

1. B.T. PRICE, M.A., C.C.HORTON, RADIATION CHIELDING, NEW YORK,1957.
2. USA Atomic Energy Comission, REACTOR HANDBOOK, New York, 1962.
3. M.MILOVANOVIC: Beton i armirani beton sa osnovama statike,Beograd 1969.
4. Spravočnik Biologičeskaja zaščita jadernih reaktorov, Atomizdat, Moskva, 1968.
5. Enginering 1959 - Farmer: Reactor Safety
6. A.E.DESOV, Tjaželie i gidratnie betoni (naučnoe saoščenie CNIIPS) M.Gosudarstvenie izdatelstvo literaturi po stroitelstvu i arhitekture, 1956.
7. E.J.CALLAN, Concrete Radijation Shilding, J.Amer.Conc.Inst.25, No 1 (1953)
8. E.G.TIRPAK, Bryte Agregates make Heavy Concrete for Shilding, C.Eng., 21, No 8, 33; 36, (1951).

3 01 73

Analiza IM br. 5038

INSTITUT
ZA ISPITIVANJE MATERIJALA
SOCIJALISTIČKE REPUBLIKE SRBIJE
02-13490

210 28.08/3

Beograd
Bulevar Vojvode Mišića broj 43
Poštanski fah 858
Telefon: 650-322
Tekući račun broj 608-8-675-8

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE
"BORIS KIDRIČ"
Laboratorija za zaštitu od zračenja
VINČA

Na zahtev br. 2888 od 31.10. 19 72 godine ovaj Institut izvršio je ispitivanje dostavljenih betonskih kocki ivice a = 20 cm.

A. DOSTAVLJENI PODACI O BETONU:

Oznaka tela: -

Datum izrade: 4.10.1972 god.

Cement: Novi Popovac PC 25 Dt 350 kg/m³

količine cementa nije date

Agregat: ruda barita, granulisana: a-7.7-15.15-30 mm

Gradilište, objekat i konstruktivni deo: Vinča

B. REZULTATI ISPITIVANJA prethodnih tela:

Starost betona u danima	Broj grba	Zapreminska težina kg/dm³		Čvrstoća na pritisak kp/cm²		Tražena MB
		Pojedinačna	Srednja	Pojedinačna	Srednja	
	1	3,61		425		
28	2	3,60	3,603	410	405	-
	3	3,60		381		

Srednja čvrstoća pri pritisku kp/cm² četiristotinepet

Oznaka na kockama: M I-III

Račun za izvršena ispitivanja dostaviće se naknadno

Šef odeljenja za beton,
Žarko [illegible] dipl. inž.

OBR-II-B-1

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi, 20-23. maja
1975.

Ristić Dj., Ninković M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

TEORISKO I EKSPERIMENTALNO ODREDJIVANJE KOEFICIJENTA SLABLJENJA ZA BARITNI BETON

U radu su prikazane metode i rezultati odredjivanja masenog koeficijenta slabljenja gama zračenja u oblasti energija od 100 do 3.000 KeV za baritni beton, sopstvene proizvodnje, gustine 3.6 g/cm^3.

Uvod

U radu pod naslovom "Izrada uzoraka od baritnog betona i rezultati ispitivanja njegovog kvaliteta" saopšteno je da smo po našoj recepturi izradili uzorke od baritnog betona dimenzija: 50x50x5 cm, 50x50x10 cm i 50x50x20 cm; gustine 3,60 g/cm^3 i čvrstoće na pritisak 405 kg/cm^2.

Dobijeni baritni beton ima veoma dobre tehnološke, fizičke i mehaničke osobine, kao što su: lako spravljanje i ugradjivanje, velika gustina, za ovakvu vrstu betona, velika čvrstoća na pritisak i drugo.

Medjutim, nedostaje nam važno fizičko svojstvo, i to zaštitna moć ovoga betona od gama zračenja, bez kojeg se ne može zamisliti proračun zaštite.

S obzirom da je osnovna veličina koja karakteriše apsorpciono-zaštitna svojstva zaštitnog materijala, za gama zračenje, koeficijent slabljenja u zavisnosti od energije, to je cilj ovoga rada da odredimo ovaj koeficijent za beton, najpre izračunavanjem, a zatim merenjem.

Koeficijent slabljenja za uzorke od baritnog betona eksperimentalno smo odredili za energetski interval od 300 do 3.000 KeV, odnosno za najčešće, u primeni, korišćenje radioaktivnih izotopa, gama emisije: Cr-51, Na-24, Cs-137 i Ir-192.

Izračunavanje masenog koeficijenta slabljenja

Koeficijent slabljenja zavisi od efektivnog rednog broja posmatranog materijala, kao i od energije gama zračenja.

Odredjivanje koeficijenta slabljenja za elementarne materijale kao što su: Al, Fe, Pb itd., ne predstavlja veliku teškoću. Medjutim odredjivanje iste veličine za zaštitne materijale koji predstavljaju smešu hemijskih elemenata ili jedinjenja, je dosta složeniji proces.

Koeficijent slabljenja gama zračenja za složen zaštitni materijal, kao što je baritni beton, izračunava se na bazi koeficijenata slabljenja za sve elemente koji ulaze u njegov sastav. Upravo totalni koeficijent slabljenja jednak je zbiru koeficijenata slabljenja za pojedine komponente pomnoženih sa iznosom težinskog učešća (izraženog u %) komponente u smeši. Kao komponente smeše koje sačinjavaju baritni beton uzeti su svi hemijski elementi dobijeni elementarnom hemijskom analizom (prilog br.1). Ukupni maseni koeficijent se izražava sledećom formulom[6].

$$(\mu/\rho) = \sum_{i=1}^{n} P_i \, (\mu/\rho)_i \cdot \frac{1}{100} \qquad (1)$$

gde je (μ/ρ) - maseni koeficijent slabljenja gama zračenja za posmatrani materijal koji predstavlja smešu hemijskih elemenata - cm^2/g;

$(\mu/\rho)_i$ - maseni koeficijent slabljenja gama zračenja za i-tu komponentu u smeši;

P_i - težinski dec, izražen u %, sa kojim i-ta komponenta učestvuje u smeši;

n - ukupan broj komponenata u smeši.

Na osnovu podataka iz priloga 1. i podataka o parcijalnim koeficijentima slabljenja za pojedine komponente našeg baritnog betona (tabela 1.)[7,13,15] izračunati su maseni koeficijenti slabljenja gama zračenja (tabela 2. i slika 1.).

Na slici 1. je, poredjenja radi, data i kriva koeficijenata slabljenja u zavisnosti od energija gama zračenja za baritni beton gustine 3,40 g, za koji su podaci uzeti iz literature[8]

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE
„BORIS KIDRIČ"
Laboratorija za fizičku hemiju

A N A L I Z A . Br. .....

Uzorak BARITNI BETON I CEMENT

Zahtev ukupna hemijska analiza

Narudžbenica br. 8266 Naručilac B-22-17-07-210(P.Rinti)

Datum prijema 14.11.1973.

R E Z U L T A T I

	Baritni beton	Cement
Si	2,26 %	14,30 %
Fe	1,80	1,75
Al	0,54	3,20
Ba	48,18	1,75
S	11,37	0,95
Mg	0,23	1,80
Ca	2,55	33,20
Na	0,02	0,20
O	31,38	41,20
H	0,64	0,65
K	0,88	0,90
Spec.Težina	3,50 g/ccm	2,50 g/ccm

Vinča, 8.12.1973.

Analitičar radio. laboratorije
Za Direktora laboratorije,

Mr Maja Pravica

TABELA 1. Maseni koeficijenti slabljenja za elemente koji ulaze u sastav baritnog betona

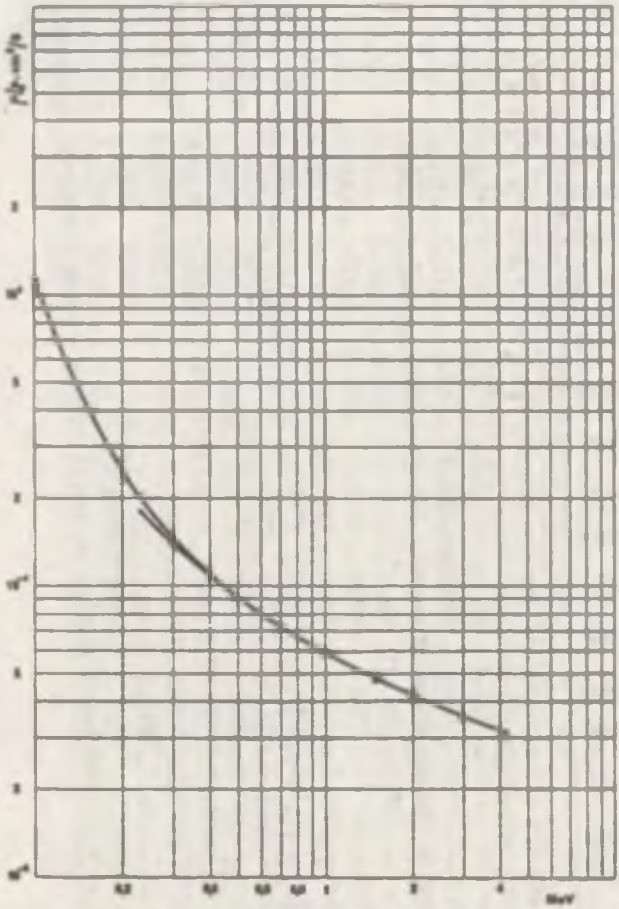
ENERGIJA	MASENI KOEFICIJENT SLABLJENJA μ/ρ [cm²/g]										
MeV	H	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Ba
0,10	0,294	0,156	0,159	0,169	0,171	0,184	0,202	0,233	0,256	0,370	2,16
0,15	0,262	0,136	0,134	0,140	0,138	0,145	0,151	0,158	0,168	0,196	1,28
0,20	0,243	0,124	0,120	0,125	0,122	0,128	0,130	0,132	0,138	0,146	0,400
0,30	0,211	0,107	0,103	0,106	0,104	0,108	0,109	0,108	0,112	0,110	0,186
0,40	0,189	0,0957	0,0918	0,0949	0,0927	0,0962	0,0966	0,0949	0,0979	0,0940	0,124
0,50	0,173	0,0873	0,0836	0,0864	0,0844	0,0875	0,0878	0,0859	0,0875	0,0840	0,097
0,60	0,160	0,0808	0,0774	0,0797	0,0780	0,0808	0,0810	0,0792	0,0814	0,0769	0,083
0,80	0,140	0,0708	0,0678	0,0701	0,0684	0,0707	0,0709	0,0692	0,0712	0,0669	0,067
1,00	0,126	0,0637	0,0609	0,0628	0,0613	0,0635	0,0638	0,0621	0,0639	0,0599	0,058
1,25	0,115	0,0577	0,0553	0,0559	0,0557	0,0559	0,0578	0,0564	0,0580	0,0544	0,0538
1,50	0,103	0,0518	0,0497	0,0512	0,0500	0,0518	0,0518	0,0506	0,0520	0,0488	0,0474
2,00	0,0875	0,0446	0,0428	0,0442	0,0432	0,0448	0,0449	0,0439	0,0453	0,0425	0,0410
2,75	0,0737	0,0381	0,0369	0,0382	0,0374	0,0386	0,0391	0,0382	0,0397	0,0378	0,0380
3,00	0,0691	0,0360	0,0349	0,0361	0,0354	0,0368	0,0371	0,0366	0,0378	0,0362	0,0370

TABELA 2. Vrednosti masenih koeficijenata za baritni beton gustine 3,60 g/cm^3 dobijene izračunavanjem

ENERGIJA MeV	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,25	1,50	2,00	2,75	3,00
μ/ρ cm^2/g	1,135	0,485	0,259	0,147	0,109	0,093	0,087	0,073	0,061	0,058	0,049	0,044	0,038	0,036

Vrednosti masenih koeficijenata za baritni beton gustine 3,40 g/cm^3 dobijene izračunavanjem [13]

ENERGIJA MeV	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
μ/ρ cm^2/g	0,1421	0,1053	0,0900	0,0806	0,0735	0,0685	0,0635	0,0609	0,0571	0,0544	0,0524	0,0506	0,0488	0,0476	0,0462	0,0450	0,0438	0,0429	0,0412	0,0397	0,0385	0,0376	0,0368



SL. 1 BAZENI KOEFICIENTI SLABLJENJA ZA BARITNE BETONE GUSTINE 3,05 i 3,45 g/cm³ DOBIJENI IZRAČUNAVANJEM.

○ VREDNOSTI ZA BETON $\rho = 3,05$ g/cm³
▲ VREDNOSTI ZA BETON $\rho = 3,45$ g/cm³

Eksperimentalno odredjivanje koeficijenta slabljenja

Šematski prikaz eksperimentalnog uredjaja koji je korišćen za eksperimentalno odredjivanje koeficijenta slabljenja gama zračenja za baritni beton, dat je na slici 2.

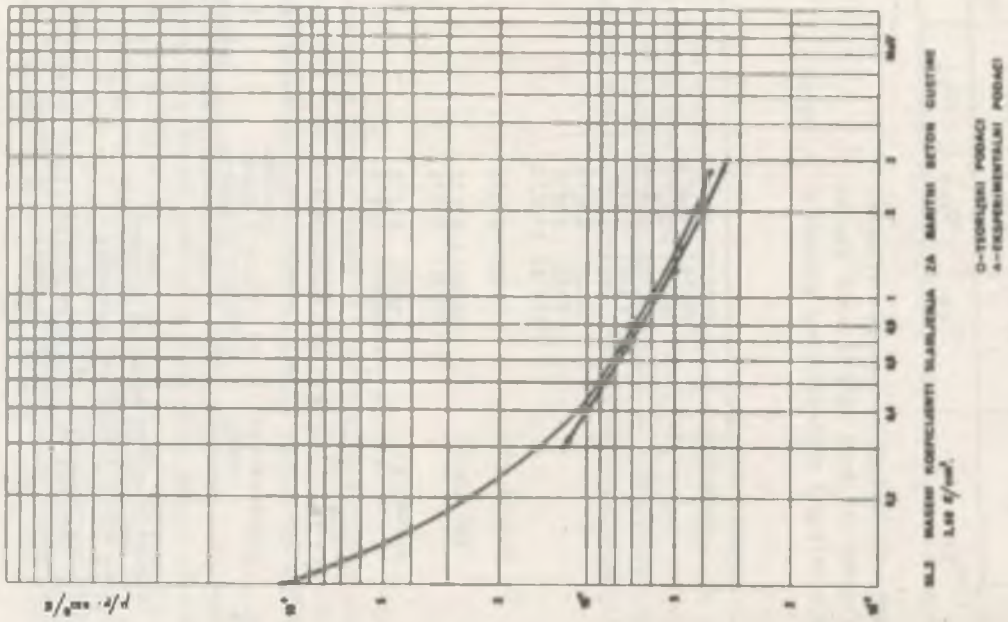
Kao detektor služila je scintilaciona sonda koja se sastoji od: kristala - NaJ (Tl) 3x3 inča, fotomultiplikatora tipa No 9531k/A i predpojačivača tipa T3 (NE 5281).

Ispred detektora, kako je na slici 2. prikazano, nalazio se olovni kolimator dužine oko 15 cm i unutrašnjeg preseka 50x5 mm. Izvori gama zračenja nalazili su se na stativu, na udaljenosti oko 110 cm od centra scintilacione sonde. Kao izvori gama zračenja služili su, u praksi najčešće korišćeni radioaktivni izotopi. Fizičke karakteristike ovih izotopa date su u tabeli 3.[13,15] Pri merenju, uzorci od baritnog betona su slagani jedan iza drugog, idući od detektora prema izvoru zračenja. Geometrija eksperimentalnog uredjaja i metoda merenja bili su takvi da su u potpunosti ostvareni zahtevi uslova uskog snopa gama zračenja.

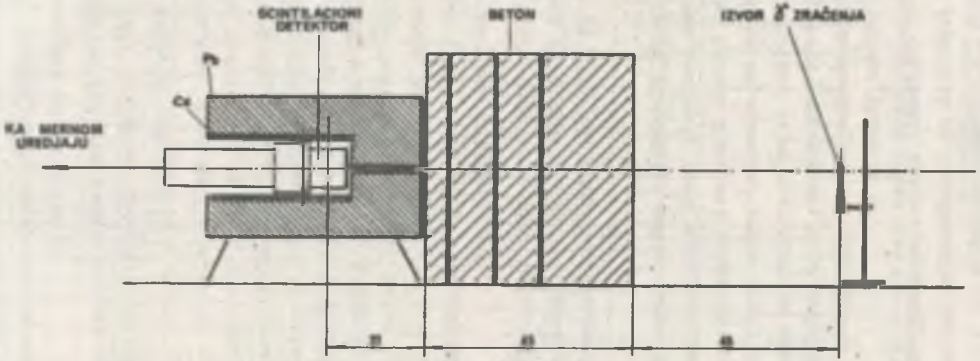
Pomoću spektara gama zračenja, radioaktivnih izotopa iz tabele 3, snimljenih iza zaštitnih zidova od baritnog betona debljina: 5, 10, 15, 20, 25, 30 i 35 cm, odredjeni su koeficijenti slabljenja gama zračenja.

Na osnovu krivi slabljenja uskog snopa gama zračenja, za korišćenje radioaktivne izotope, izračunati su maseni koeficijenti slabljenja za baritni beton. Dobijeni numerički podaci dati su u tabeli 4. Na slici 3. date su uporedno kriva koeficijenta slabljenja za baritni beton, dobijena izračunavanjem na osnovu elementarnih koeficijenata slabljenja komponenata koje sačinjavaju beton i kriva dobijena na osnovu eksperimentalnih podataka o slabljenju uskog snopa gama zračenja u betonu (tabela 4.).

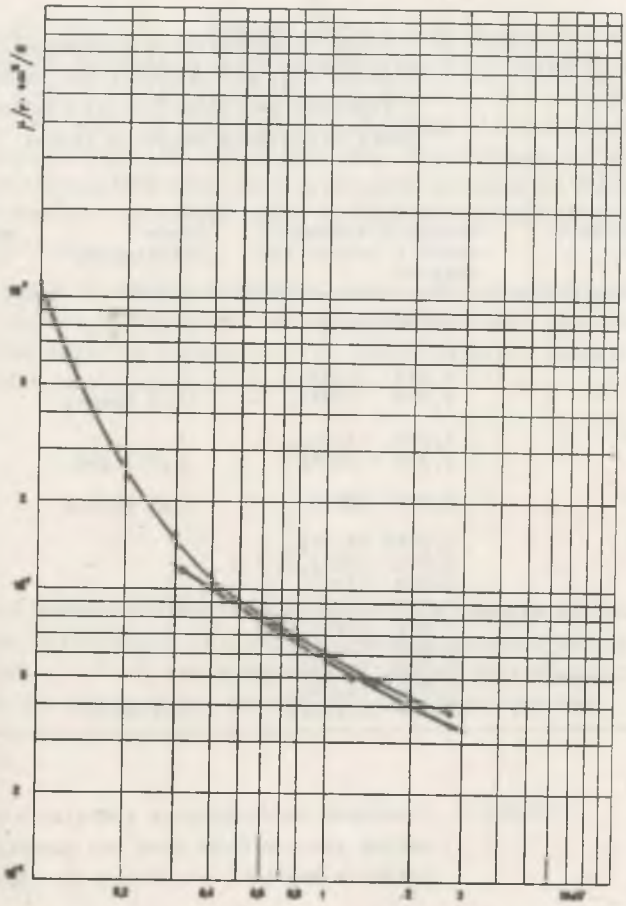
Uporedjujući vrednosti eksperimentalno dobijenih koeficijenata slabljenja gama zračenja sa izračunatim vredostima zapaža se zadovoljavajuće slaganje, u oblasti energija od 500 do 3.000 KeV.



SI. 2 ŠEMATSKI PRIKAZ EKSPERIMENTA ZA ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA APSORPCIJE γ ZRAČENJA ZA BARITNI BETON



Sl. 23 ŠEMATSKI PRIKAZ EKSPERIMENTA ZA ODREDJIVANJE KOEFICIJENTA APSORPCIJE γ ZRAČENJA ZA BARITNI BETON



SL.3 MASENI KOEFICIJENTI SLABLJENJA ZA RABITNI BETON GUSTINE 3,88 g/cm³.

O-TEORIJSKI PODACI
Δ-EKSPERIMENTALNI PODACI

TABELA 3. Fizičke karakteristike radioaktivnih izotopa koji su korišćeni kao izvori γ zračenja pri odredjivanju koeficijenta slabljenja baritnog betona.

Radioaktivni izotop	Energija zračenja (MeV) i prinos po raspadu	Vreme poluraspada	Aktivitet u mCi
^{51}Cr	0,320 (9%)	27,8 dana	730
^{24}Na	1,369 (100%), 2,754 (100%)	15,0 časova	98
^{60}Co	1,173 (100%), 1,332 (100%)	5,263 god.	2678
^{137}Cs	0,662 (85%)	30,0 godina	1000
^{192}Ir	0,2058 (3,5%), 0,296 (29%), 0,308 (30%), 0,317 (81%), 0,468 (49%), 0,484 (3,3%), 0,588 (4,8%), 0,604 (8,7%), 0,612 (5,5%)	74,2 dana	93

TABELA 4. Vrednosti koeficijenata slabljenja baritnog betona gustine 3,60 g/cm^3 za energije gama zračenja najčešće korišćenih izotopa

IZOTOP	^{51}Cr	^{137}Cs	^{60}Co	^{24}Na	
ENERGIJA MeV	0,320	0,662	1,25	1,368	2,753
μ/ρ cm^2/g	0,130	0,0750	0,0502	0,0527	0,034

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata hemiske analize baritnog betona i literaturnih podataka za koeficijente slabljenja hemiskih elemenata koji ulaze u sastav ovog betona, izračunati su koeficijenti slabljenja kao aditivne funkcije koeficijenata slabljenja komponenti, u domenu energija od 100 do 3000 KeV. Eksperimentalno je takodje, meren koeficijent slabljenja u oblasti energija od 300 do 3000 KeV. Dobijeni rezultati slažu se zadovoljavajuće sa izračunatim vrednostima.

Ovim radom smo dobili najvažniji parametar koji karakteriše zaštitna moć ovakve vrste betona. On nam pruža mogućnost proračunavanja potrebne debljine ekrana, koji se često koriste u oblasti tehničke zaštite od jonizujućih zračenja.

Abstract

In this paper experimental and theoretical results for the mass attenuation coefficients of gama radiation in domastic baryta whose density was 3,6 g/cm^3, are given. The values of mass atenaution coefficients are obtained for the energy range 100-3.000 KeV.

L I T E R A T U R A

1. B.T. Price, M.A., C.C. Horton, Radiation chielding, New York,1957.

2. S.V. Rumjancev, A.S. Štanov, Ju.F. Popov, Spravočnik rentgeno i gama defektoskopista, Moskva, 1969.

3. A.Charamadthien, M.Jacquemin, J. Le Tohnic, Coeficients d´attennation des photons et facteurs B des verres et des betons, Note C.E.A. n° 420, 1963.

4. Radiological health handbook, Revised Edition 1970., For sale by the Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office Wachington, D.C. 20402.

5. Lucien Brunelet, Les rayonnements jonisants, calculs techniques, Tables de valuesrs numériques a l´usage des ingéneurs, radiologues, offisiers, Paris, 1960.

6. K.K.Aglincev, Dozimetrija jonizirujuščih izlučenii, Moskva,1957.

7. M.Ninković, Spektroskopija nekih gama izvora i njena primena u izračunavanju gama konstante, Doktorska disertacija, Beograd, 1971.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

Herceg Novi 20 - 23 maj 1975

AKTIVACIJA TELESNOG SADRŽAJA NATRIJUMA U ZAVISNOSTI OD DIMENZIJE OZRAČENOG FANTOMA*

Ubović Ž., Mirić I., Trajković M.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

REZIME

U radu je odredjena zavisnost specifične aktivnosti ^{24}Na od debljine fantoma, za jedan od mogućih spektara neutrona na reaktoru RB u Vinči.

Na osnovu izmerenih aktivnosti odredjena je srednja verovatnoća za zahvat neutrona za različite debljine fantoma. Primenom metode najmanjih kvadrata dobijeno je da se za korišćeni spektar neutrona zavisnost specifične aktivnosti ^{24}Na, odnosno srednje verovatnoće za zahvat neutrona, od debljine fantoma najbolje mogu prikazati linearnim funkcijama.

Dobijeni rezultati su iskorišćeni za teorijsko predvidjanje raspodele specifične aktivnosti ^{24}Na u pojedinim segmentima fantoma tipa Bomab i za odredjivanje srednje specifične aktivnosti za ceo fantom. Odstupanja izračunatih vrednosti od eksperimentalno odredjenih bila su u granicama od 20%.

U V O D

Dosadašnja iskustva na polju neutronske dozimetrije u vanrednim slučajevima pokazala su da poseban problem pri odredjivanju apsorbovane doze predstavlja intermedijarna oblast neutrona (0.4 eV $< E_n <$ 0.7 MeV). Doprinos od neutrona iz ove energetske oblasti često predstavlja značajan deo ukupno apsorbovane doze, a većina ličnih dozimetrijskih sredstava u ovoj oblasti ne pokazuje zadovoljavajuće karakteristike.

---

* U finansiranju ovog rada učestvovala je i Medjunarodna agencija za atomsku energiju, Beč

U poslednje vreme se pojavljuju radovi koji ukazuju da se dobra procena apsorbovane doze intermedijarnih neutrona može postići odredjivanjem indukovane aktivnosti telesnog sadržaja natrijuma ozračenih osoba, posebno u slučaju kada je spektar neutrona termalizovan (1). Indukovana specifična aktivnost natrijuma za dati spektar zavisi od većeg broja, danas još nedovoljno ispitanih, parametara medju koje spada i dimenzija ozračenog tela.

Reaktor RB predstavlja pogodan izvor za ispitivanja aktivacije natrijuma intermedijarnim neutronima. U ovom radu je ispitan uticaj debljine fantoma (koji simulira telo ozračene osobe) na vrednost specifične indukovane aktivnosti ^{24}Na i dobijene vrednosti su iskorišćene za procenu srednje aktivacije natrijuma tela pri parcijalnom ozračivanju.

EKSPERIMENTALNI PODACI

Izvor neutrona

Ispitivanje aktivnosti ^{24}Na u funkciji debljine fantoma vršeno je ozračivanjem polietilenskih cilindričnih fantoma neutronskim spektrom koji se dobija na reaktoru RB u Vinči. Za ova ispitivanja odabrana je takva rešetka reaktora za koju je odnos fluksa brzih neutrona prema sporim maksimalan, a koja istovremeno daje simetričnu raspodelu neutrona oko tanka reaktora (2).

Merenje fluksa i homogenosti neutronskog polja na odredjenim rastojanjima od površine tanka su pokazala da se zadovoljavajuća homogenost polja (unutar ± 5%) i potreban intenzitet zračenja dobija na 3 m od površine tanka, ako je integralna snaga reaktora veća od 1 kWh. Oblik neutronskog spektra na mestu ozračivanja izmeren je pomoću Bonner-ovih sfera i niza aktivacionih detektora, u saradnji sa dozimetrijskom grupom iz CEN de Cadarache (3). Integralni fluks neutrona kojim su ozračivani fantomi odredjen je pomoću akcidentalnog neutronskog dozimetra IBK (4), a vrednost fluksa na svakom fantomu je monitorsana pomoću Cu-folija.

Fantomi

Pri odredjivanju aktivnosti ^{24}Na u funkciji debljine fantoma korišćene su polietilenske boce različitih prečnika. Visina boca je bila veća od 30 cm, da bi se smanjio uticaj efekta ivica (5). Boce su bile napunjene vodenim rastvorom Na_2CO_3, koncentracije 1.5 mg natrijuma po gr rastvora.

Aktivnost ^{24}Na u fantomima

Aktivnost ^{24}Na odredjena je merenjem integralne gama aktivnosti iznad praga detekcije od 0.5 MeV pomoću NaI(Tl) kristala sa jamom veličine 2"x2" koji je kalibrisan standardnim rastvorom ^{24}Na. Izmerene aktivnosti ^{24}Na su korigovane na raspad u toku ozračivanja i na raspad od kraja ozračivanja do početka merenja.

U svim eksperimentima vrednost neutronskog fluksa kojim su fantomi ozračeni je odredjena pomoću aktivacionih detektora. Izmerene aktivnosti ^{24}Na su obračunate na integralni fluks neutrona od $35 \cdot 10^{10}$ n/cm^2 (srednja vrednost od pojedinačnih ozračivanja).

Rezultati merenja

Izmerene vrednosti specifičnih aktivnosti ^{24}Na (A_i) u fantomima različitih debljina (d_i) dati su u Tabeli br.1. Kao što se iz tabele vidi, specifična aktivnost ^{24}Na neprekidno opada sa porastom debljine fantoma.

Primenom Hurst-Ritchie-eve jednačine (6) na izmerene vrednosti specifične aktivnosti ^{24}Na odredjene su srednje verovatnoće za zahvat neutrona (ξ_i) u zavisnosti od debljine fantoma. Rezultati su dati u Tabeli br.1, gde ξ_i, za gore opisani spektar, predstavlja srednju verovatnoću za zahvat 1 n/cm^2. Može se zaključiti da ξ_i raste sa porastom debljine fantoma, zbog činjenice što je zadovoljena nejednakost $A_i \cdot d_i < A_{i+1} \cdot d_{i+1}$.

TAB.BR.1. Promena aktivnosti ^{24}Na i srednje verovatnoće za zahvat neutrona sa debljinom fantoma

d_i (cm)	$A_i \cdot 10^{-3}$ (μCi ^{24}Na/mg ^{23}Na)	ξ_i
8	1.316	0.108
10	1.188	0.121
12	1.272	0.156
14	1.075	0.154
15	1.191	0.183
18	0.952	0.175
20	0.949	0.194
21	0.945	0.216
28	0.624	0.293

ANALIZA REZULTATA

Da bi se uspostavila funkcionalna veza izmedju indukovane specifične aktivnosti ^{24}Na, odnosno verovatnoće za zahvat neutrona i debljine fantoma, primenjena je metoda najmanjih kvadrata pri čemu je pretpostavljeno da se navedene promene mogu opisati funkcijama sledećih oblika:

$$y_i = ad_i + b,$$

$$y_i = me^{nd_i},$$

$$y_i = \frac{p}{d_i} + q.$$

gde su

y_i - vrednosti za specifičnu aktivnost ^{24}Na, odnosno srednje verovatnoće za zahvat neutrona,

d_i - odgovarajuće debljine fantoma,

a, b, m, n, p, q - konstante čija je vrednost odredjena primenom metode najmanjih kvadrata na vrednosti date u Taheli br. 1.

Za naše uslove ozračivanja dobijeno je da se posmatrane promene najbolje aproksimiraju linearnim funkcijama i to:

- promena specifične aktivnosti ^{24}Na sa debljinom fantoma funkcijom oblika

$$A_i = 1.596 - 0.032\, d_i;$$

- promena verovatnoće za zahvat neutrona sa debljinom fantoma, funkcijom oblika

$$\xi_i = 0.0383 + 0.0086\, d_i.$$

Rezultati su grafički prikazani na slikama br. 1 i 2.

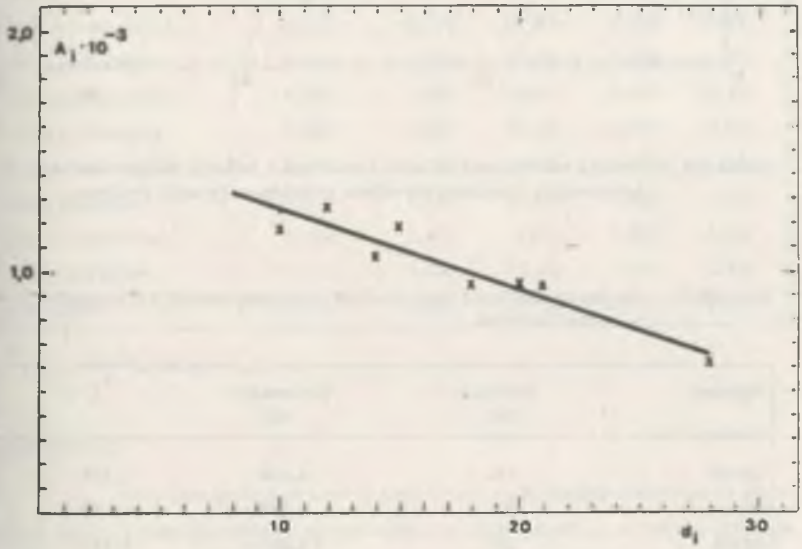
PRIMENA DOBIJENIH REZULTATA NA FANTOM TIPA BOMAB

Dobijene vrednosti za srednju verovatnoću za zahvat neutrona u funkciji debljine fantoma, grafički prikazane na slici br. 2, iskorišćene su za teorijsko predvidjanje aktivacije natrijuma u pojedinim segmentima fantoma tipa Bomab, pri čemu je pretpostavljeno da srednja verovatnoća za zahvat neutrona u datom spektru zavisi samo od debljine fantoma.

Dimenzije fantoma, uporedo sa odgovarajućim izračunatim vrednostima za srednje verovatnoće za zahvat neutrona date su u Tabeli br. 2. Pomoću njih su izračunate srednje specifične aktivnosti natrijuma u pojedinim segmentima fantoma, izra-

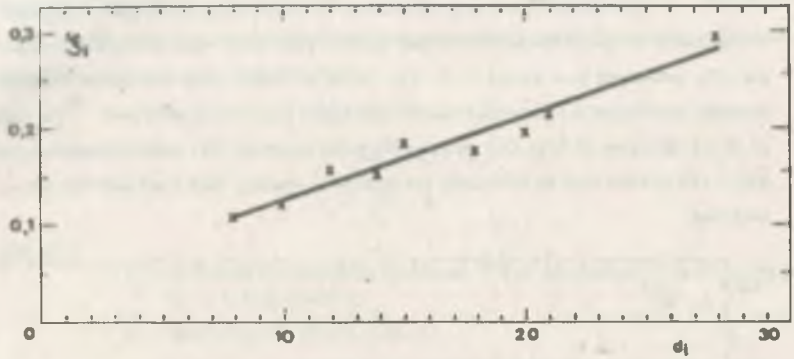
žene u jedinici $\mu Ci\ ^{24}Na/mg\ ^{23}Na$ po 1 n/cm^2, za ranije opisani spektar neutrona na reaktoru RB.

Izračunate vrednosti, uporedjene sa ranije eksperimentalno dobijenim vrednostima za specifične aktivnosti natrijuma u pojedinim segmentima fantoma Bomab (7), prikazane su u Tabeli br.3. Kao što se iz Tabele vidi, odstupanja izmedju teorijski predvidjenih i eksperimentalno odredjenih specifičnih aktivnosti ^{24}Na nalaze se u granicama od 20%. Ovo slaganje se može smatrati vrlo zadovoljavajućim, imajući u vidu greške koje se vrše kako pri teorijskoj analizi, tako i pri merenju fluksa neutrona.



SLIKA BR.1. Aktivnost ^{24}Na (A_i) u funkciji debljine fantoma (d_i)
x - izmerene vrednosti; --- funkcionalna zavisnost odredjena metodom najmanjih kvadrata

Pomoću teorijski predvidjenih specifičnih aktivnosti ^{24}Na u pojedinim segmentima izračunata je srednja aktivnost ^{24}Na za ceo fantom. Kao što se iz Tabele br.3 vidi, odstupanje teorijski predvidjenih vrednosti od eksperimentalno odredjenih specifičnih aktivnosti ^{24}Na iznosilo je 12.0%, odnosno 1.3%.



SLIKA BR.2. Srednja verovatnoća za zahvat neutrona u funkciji debljine fantoma; funkcionalna zavisnost odredjena metodom najmanjih kvadrata.

TAB.BR.2. Dimenzije fantoma i odgovarajuće vrednosti srednje verovatnoće za zahvat neutrona

Segment	Debljina (cm)	Zapremina (ml)	ξ
Glava	14	4.000	0.159
Vrat	13	1.330	0.150
Grudi	20	18.400	0.210
Trbuh	20	11.100	0.210
Nadkolenica	15	7.090	0.167
Podkolenica	12	4.690	0.141
Nadlaktica	10	2.340	0.124
Podlaktica	8	2.120	0.107

TAB.BR.3. Izračunate i izmerene aktivnosti ^{24}Na u pojedinim segmentima fantoma

Segment	Aktivnost ^{24}Na po 1n/cm^2 (μCi ^{24}Na/mg ^{N}a) · 10^{-15}				
	Izračunato (A)	i z m e r e n o			
		(A_1)	Δ_1*	(A_2)	Δ_2*
Glava	3.155	3.315	5.1%	3.105	1.6%
Vrat	3.212	3.047	5.1%	2.934	8.6%
Grudi	2.923	2.912	0.4%	2.536	13.2%
Trbuh	2.923	3.181	8.8%	2.735	6.4%
Desna nadkolenica	3.135	3.719	18.6%	3.476	10.9%
Leva nadkolenica	3.135	3.763	20.0%	3.177	1.3%
Desna podkolenica	3.268	3.987	22.0%	3.675	12.4%
Leva podkolenica	3.268	3.987	22.0%	3.561	9.0%
Desna nadlaktica	3.452	3.763	9.0%	3.533	2.3%
Leva nadlaktica	3.4[illegible]2	3.987	15.5%	3.248	5.9%
Desna podlaktica	3.714	4.077	9.8%	3.932	5.9%
Leva podlaktica	3.714	4.211	13.4%	3.504	5.7%
Ceo fantom	3.122	3.495	12.0%	3.162	1.3%

* $\Delta_i = \frac{A - A_i}{A} \cdot 100 \quad (i = 1,2)$

ZAKLJUČAK

Rezultate prikazane u ovom radu nije moguće uopštiti s obzirom da su dobijeni samo za jedan karakterističan termalizovani fisioni spektar sa velikim prinosom intermedijarnih neutrona. Medjutim, bez obzira da li se u svim slučajevima promena verovatnoće za zahvat neutrona sa debljinom fantoma može aproksimirati linearnom funkcijom, može se očekivati da će uticaj debljine fantoma (tela ozračene osobe) biti značajan na vezu izmedju indukovane aktivnosti ^{24}Na i apsorbovane doze neutrona.

Dobijeni rezultati su takodje pokazali da je sa zadovoljavajućom tačnošću moguće predvideti aktivaciju natrijuma u pojedinim delovima tela i srednju aktivaciju natrijuma u homogeno ozračenom telu, ako se poznaje funkcionalna veza izmedju verovatnoće za zahvat neutrona i debljine ozračenih delova tela.

SUMMARY

BODY SODIUM ACTIVATION IN DEPENDENCE ON PHANTOM THICKNESS*

(Ubović Ž., Mirić I., Trajković M.)

The dependence of ^{24}Na activity on phantom thickness is measured for one special neutron spectrum arising around the Vinča RB reactor. This dependence is used for determination of the mean neutron capture probabilities for different phantom thicknesses. For the above neutron spectrum it was obtained that the dependence of the specific ^{24}Na activity and the mean neutron capture probability on phantom thickness can be represented in the best way by linear functions.

The determined mean neutron capture probability values are used for evaluation of the specific ^{24}Na activity distribution in different Homab phantom compartments, as well as for determination of the mean specific activity of ^{24}Na in the whole phantom. The discrepancy between the evaluated and measured values was in limits of 20%.

BIBLIOGRAFIJA

1. Delafield H.J., Boot S.J., Proc.Symp. "Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes, Vol.2" p.375, IAEA, Vienna 1973.
2. Mirić I., Ubović Ž., "Third IAEA Nuclear Accident Dosimetry Intercomparison Experiment, May 14-25, 1973", IBK-1275, 1974.
3. Mirić I., et al. "Determination of Leakage Spektra near RB Reactor" Int.publ. SESR-CI 73/129, Aug.1973.
4. Mirić I., Mirić P., Veličković D., Radovi V Jugosl.simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Bled 1970 Nr/3/4.
5. Adams N., Dennis J.A., "UK Measurements at the Fifth International Intercomparison of Nuclear Accident Dosimetry Systems July 1968" AERE-R 6008,1969.
6. Hurst G.S., Ritchie, R.H., Emerson L.C., Health Physics 2, 121, 1959.
7. Ubović Ž., Mirić I., Trajković M., "Srednja aktivacija telesnog sadržaja natrijuma pri parcijalnom ozračivanju", IBK-1236, januar 1974.

* This work was supported by the IAEA contract No.891/RB.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA.

Heroeg Novi 20-23. maj 1975.

Dr. I. Voskresensky i Dr. M. Kubović
Zavod za kliničku onkologiju i radioterapiju Medicinskog fakulteta Zagreb

RADIOOŠTEĆENJA NEKIH VITALNIH ORGANA IZA RADIOTERAPIJE

Sažetak. Sve veća primjena radioterapije u liječenju malignih tumora zahtijeva tokom zračenja pažljivo praćenje svih promjena, kako na tkivu tumora tako i na zdravim tkivima koje se nalaze u snopu ionizantnih zraka. Praćenje tih pojava omogućava radioterapeutu da u odredjenom momentu kad zapazi znakove prvih radiooštećenja izvrši s fizičarom eventualnu korekciju plana zračenja. U koliko se pak ta oštećenja zapaze na kontrolnim pregledima po završetku radioterapije, tada se pristupa odgovarajućem liječenju. Ovaj referat obradjuje radiooštećenja plućnpg parenhima koji se javlja kao posljedica uobičajene postoperativne TCT kod karcinoma dojke.

Suvremena radikalna terapija karcinoma dojke, predstavlja radikalna mamektomija uz naknadnu postoperativnu radioterapiju lokoregionalnog područja. Ovo se područje obasjava pomoću nekoliko tehnika zračenja. Mi ćemo opisati tako zvanu perifernu tehniku, pošto je upotrebljavamo na našem Zavodu. Kod te tehnike zračenja obasjavamo lokoregionalno područje pomoću tri kožna polja; aksilarnog (10x10 cm), supraklavikularnog (10x10 cm), te parasternalnog (8x14 cm). Dnevna doza iznosi 350 rada po polju, a ukupna doza po polju iznosi 4900 rada (u 4 tjedna). Jedan dan obasjavamo jedno polje, a drugi dan dva polja itd.

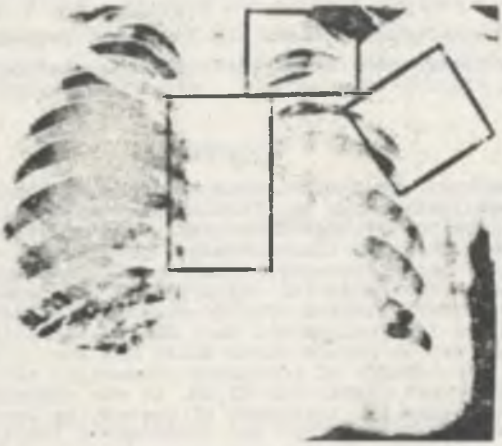
Naša Co^{60} aparatura je Gamatron III-Siemens. Zračimo na

udaljenosti od 75 cm od izvora do kože bolesnika. Mjerenja su pokazala da je dio plućnog parenhima u snopu ionizantnih zraka kod zračenja svakog opisanog kožnog polja. Količina ozračenog plućnog parenhima koji je u snopu gama zraka iznosi i do 50% od ukupne aplicirane doze pojedinog kožnog polja. Doza u dijelovima pluća u snopu ionizantnih zraka ovisi o apliciranoj kožnoj dozi na svako polje, o kutu centralne zrake na kožno polje, te ekskurziji pluća za vrijeme obasjavanja. Ekspoziciona doza pojedinog kožnog polja definirana je u planu zračenja, a ona je povezana veličinom i položajem tumora u dojci, odnosno položaju i broju metastaza u aksili. Kut centralne zrake prema kožnom polju definiran je fiksnim položajem bolesnice na stolu kod obasjavanja, odnosno parametrima položaja kobaltne glave. Na kobaltogramima kožnih polja najbolje možemo proučavati opisane parametre.

Prema provedenim mjerenjima neki dijelovi pluća koji se nalaze u zračenom volumenu primaju i preko 2450 rada. Bate i Guttmann opisuju radiopneumonitis kod doza u plućima iznad 3000 r u 3 tjedna (1). Sweany i sur. zapažaju radiooštećenja plućnog parenhima i kod 3200 r u 2 mjeseca (2). Mi smo registrirali fibrozu pluća iza TCT i kod doza od 2000-3000 r u 4 tjedna (3). Te promjene otkrili smo kod bolesnica s karcinomom dojke 6 i više mjeseci iza završetka terapije.

Kod nekih bolesnica uspjeli smo u periodu vremena pod konac radioterapije odnosno iza nje, registrirati tako zvanu ranu fazu plućnih radiooštećenja (3). U toj fazi dolazi do dilatacije krvnih žila, promjene permeabiliteta stijenki kapilara, odnosno alveola, te pojave bjelančevinastog eksudata u alveolama i intersticiju. Ovaj oblik oštećenja često se registrira kao intersticijelna odnosno bronhopneumonija ili specifični infiltrat (4). Kod većine bolesnica ovaj oblik radiooštećenja se ne zapazi. Na kontrolnim pregledima više mjeseci iza završetka radioterapije, otkrivamo uglavnom kasnu fazu radiooštećenja plućnog parenhima. U toj fazi dolazi do bujanja kolagenih vlakana i sve jačeg zadebljanja interalveolarnih septi. Kasnu fazu plućnih radiooštećenja zapazili smo u 11,2% od ukupnog broja bolesnica s karcinomom dojke iza postoperativne TCT (3). Radiooštećenja smo registrirali kao fibrozne promjene dijelova plućnog parenhima koje smo kod nekih bolesnica mogli najbolje pri-

kazati tek na tomogramima. Na razvitak kasne faze radiooštećenja pluća uz ostvarenu dozu na plućnom parenhimu ima veliki utjecaj i sekundarna infekcija (5, 6, 7). Naša zapažanja govore u prilog mišljenju da baš sekundarna infekcija ima velik udio u formiranju fibroznih promjena na plućima i kod primjene manjih doza u tkivu pluća, kao što je to bilo i kod naših bolesnica (3), slika 1.



Slika 1.

(Inhomogeno zamućenje u visini lijevog hilusa od kojeg se zrakasto u svim smjerovima pružaju prugaste sjene (fibrozni tračci))

Stoga smo odlučili da promatramo jednu grupu od 50 bolesnica s karcinomom dojke sa područja grada Zagreba, u kraćim vremenskim intervalima u periodu vremena primjene odnosno iza završetka TCT (1971-1973 godine). Praćenje smo vršili u kliničkoj bolnici Jordanovac, Zavodu za kliničku onkologiju i radioterapiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu, te DNZ grada Zagreba. Svrha ovog promatranja bila je da registriramo sve promjene na plućnom parenhimu u tom vremenskom intervalu. Isto tako kod bolesnica vršene su plinske analize krvi funkcionalnim testovima pluća uz rendgensku analizu plućnih promjena.

Kod svih bolesnica kod kojih smo registrirali plućne promjene u vidu bronhopneumonije, primijenili smo odgovarajuće antibiotike

uz kortikosteroide te chondroitin sulfat radi djelovanja na promjene rane faze radiooštećenja plućnog parenhima. U toku praćenja opisanih bolesnica registrirali smo bronhopneumoniju kod 12 bolesnica, a kasnu fazu radiooštećenja plućnog parenhima samo kod 2 bolesnice.

U zaključku želimo istaći da fibrozne promjene pluća koje se razviju nakon postoperativne TCT kod karcinoma dojke ovise većim dijelom od sekundarne infekcije. Pažljivim praćenjem ovih bolesnica u periodu vremena iza zračenja, kao i odgovarajućim medicinskim intervencijama u tom intervalu vremena, možemo znatno smanjiti burnost i broj pojava fibroza plućnog parenhima.

S U M M A R Y

We informed in the previous reports, that radiation damages of pulmonary parenchyma manifest themselves in 11,2% of our patients treated by postoperative radiation of breast cancer (3,4).

We described the tissue damages detected in the first days of radiation (early damages), and the tissue damages noticed half a year after radiation was applied (late damages). These late damages show the signs of fibrosis which causes greater inferences in the lung excursion. Such features are irreversible and there is no way to reduce them. While the number of patients with the late damages of pulmonary parenchyma after the radio therapy of breast cancer was 11,2%, it was reduced to 4% in the group of patients the treatment of preventing secondary infections was applied to.

L I T E R A T U R A

1. BATE, D. GUTTMANN, R.J: Radiology 69, 372. 1957.
2. SWEANY, S. K. et al.: Clin. res. proc. 5, 310. 1957.
3. KUBOVIĆ, M., JAKASA, Dj. i BISTROVIĆ, M.: Oštećenja pluć. parenhima iza primjene postop. TCT kod karcinoma dojke, IV. Jug. simp. o radiol. zaštiti, Baško Polje, 1969.
4. KUBOVIĆ, M.: Ionizantna terapija raka pluća, ZIH, 1967.
5. WATSON, W. L.: Lung cancer mosby, Sant Louis. 1968.
6. HANDLEY, R. S.: Proc. roy. soc. Med. 65/V. 437. 1972.
7. DEELEY, T. J.: Carcinoma of the bronchus, Butterworths, London, 1967.

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

2o-23 MAJ 1975. HERCEG NOVI

ISPITIVANJE POJAVE BINUKLEARNIH LIMFOCITA KOD RADNIKA EKSPONOVANIH RADONU I PRODUKTIMA NJEGOVOG RASPADA

Panov D., Jeremić M.,Kilibarda M.,Hajduković D.

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

Rezime:

U saopštenju se iznose rezultati ispitivanja pojave binuklearnih limfocita kod radnika koji su izloženi radonu i produktima njegovog raspada. Najveća učestalost pojave ovih elemenata registrovana je kod radnika zaposlenih u rudnicima urana (K. i G.V.) u opsegu od 0,02% do iznad 0,1% sa srednjom vrednošću od 0,06% ± 0,05, dok je kod radnika zaposlenih u rudnicima olova i cinka njihova pojava bila u opsegu od 0,02% do 0,1% sa srednjom vrednošću od 0,04% ± 0,02%.

Uvod.

Rezultati dosadašnjih ispitivanja mnogih autora koji su se bavili izučavanjem dejstva jonizujućih zračenja na ljudski organizam ukazuju na činjenicu da su pojedini uobličeni elementi krvi veoma osetljivi na zračenje i da medju njima elementi limfocitne loze pokazuju naročitu radiosenzitivnost. Morfološkim i citogenetskim promenama u limfocitima periferne krvi, koje nastaju kao posledica hronične ekspozicije malim dozama jonizujućih zračenja, posvećuje se poslednjih godina sve veća pažnja. Mada se o mehanizmu nastajanja ovih promena još uvek malo zna, uočeno je da pojava povećanog broja morfološki izmenjenih ćelija ili ćelija koje se normalno retko pojavljuju u perifernoj krvi predstavlja jedan od najsenzitivnih indikatora radijacionog oštećenja (Ingram, 1971). Medju ovu vrstu indikatora ubraja se i pojava binuklearnih limfocita.

Pojava binuklearnih limfocita u perifernoj krvi normalnog, neozračenog čoveka, iznosi približno 1/1o.ooo limfocita ili 3o.ooo leukocita (Ingram i Barnes, 1949; Ingram i sar.,1952; Dobson i Chupp, 1957). Rezultati ispitivanja Ingrama i Barnes-a uka-

zuju da pri dozama koje se nalaze u granicama maksimalno dopustivih za profesionalnu ekspoziciju može doći do tranzitornog povećanja broja ovih ćelija za pet do deset puta (Ingram i Barnes, 1949; Ingram, 1971). Ovakvo povećanje broja binuklearnih limfocita bilo je zapaženo kod radnika zaposlenih na radu sa ciklotronom, radnicima zaposlenim u rudnicima urana i dr.

Dobson i Chupp (1956) konstatovali su povećanu učestalost binuklearnih limfocita kod lica koja su bila intermitentno izložena X i gama zracima u dijapazonu doza od 0,1 do 0,2 R nedeljno. Kod osam eksponovanih osoba srednja incidencija binuklearnih limfocita iznosila je 5,9 na 5o.ooo leukocita, dok je u kontrolnoj grupi ova incidencija bila 1,4 na 5o.ooo leukocita.

Lambin (1961) napominje da pojava binuklearnih limfocita nije specifična za dejstvo jonizujućih zračenja i da se može zapaziti u toku nekih virusnih infekcija, a da je na eksperimentalnom materijalu (miševi, pacovi, zamorci) konstatovana posle izlaganja životinja običnoj toploti od 55-65°C.

Naša je namera da u ovom saopštenju iznesemo rezultate ispitivanja pojave binuklearnih limfocita kod radnika koji su u toku svoje profesionalne ekspozicije izloženi radonu i produktima njegovog raspada.

Materijal i metod ispitivanja

Za ispitivanje su odabrane dve grupe radnika: 89 radnika zaposlenih u rudnicima urana (K. i G.V.) i 163 zaposlena u rudnicima olova i cinka (Z. i R.).

Rezultati kontrole koncentracija radona dati su u godišnjim prosečnim vrednostima za ceo ispitivani period i prikazani su na tabeli br.2.

Za analizu binuklearnih limfocita uzimano je 4,5 ml. venske krvi i 0,5 ml 3,8% natrijum citrata. Posle centrifugiranja krvi u konusnim epruvetama, radi obogaćenja preparata leukocitima, i posle bojenja preparata, vršeno je brojanje limfocita sa dva jedra, kao i onih limfocita čija su jedra bila filamentozno spojena. Ukupno je brojano 5.ooo leukocita po jednom slučaju.

Rezultati i diskusija

Rezultati učestalosti pojave binuklearnih limfocita u ispitivanim grupama prikazani su na tabeli br 1. Oni pokazuju da

je učestalost pojave binuklearnih limfocita u svim ispitivanim grupama znatno veća u odnosu na neeksponovane osobe. Najveća učestalost konstatovana je u grupi radnika zaposlenih u rudniku urana (K. i G.V.) gde je kod šest radnika konstatovana učestalost od 1 binuklearnog limfocita na 1.000 leukocita. Rezultati kontrole radona pokazuju da su u ovim rudnicima srednje vrednosti radona bile veće u odnosu na rudnike olova i cinka (Z. i R.).

Naša ispitivanja, medjutim, pokazuju da je incidencija binuklearnih limfocita znatno veća i u drugoj ispitivanoj grupi (Pb + Zn) što i nas navodi na pretpostavku da i drugi toksični faktori, u ovom slučaju teški metali Pb i Zn, mogu prouzrokovati povećanu učestalost binuklearnih limfocita.

Zaključak:

Izvršena su ispitivanja pojave binuklearnih limfocita u dve grupe radnika: radnika eksponovanih radonu i produktima njegovog raspada i radnika izloženih prašini teških metala (Pb + Zn). Rezultati ispitivanja pokazuju da se učestalost binuklearnih limfocita kod radnika zaposlenih u rudnicima urana (u 54% slučajeva ispitivanih radnika u rudniku K.i 28% u rudniku G.V.) kreće od 0,02% do više od 0,1%, sa srednjom učestalošću od 0,06%, a da se učestalost ovih elemenata kod radnika izloženih prašini teških metala kreće od 0,02 do 0,1% sa srednjom učestalošću od 0,04% (u 15,8% slučajeva u rudniku Z. i 54% u rudniku R.).

Summary

Results of investigation of occurence of binuclear lymphocytes in miners exposed to radon and its decay products have been presented in this paper. The lighest frequency of the occurence of binuclear lymphocytes was found in uranium mine workers (K. and G.V.) in the range of 0,02% to above 0,1% with mean value of 0,06%, but in lead and zinc workers the range of occurence of binuclear lymphocytes was from 0,02% to 0,1% with mean value of 0,04%.

Tab. 1

Učestalost pojave binuklearnih limfocita kod radnika eksponiranih radonu i produktima njegovog raspada

Grupa	broj ispitivanih lica	Učestalost binuklearnih limfocita						% radnika sa bin. limfoc.	Srednja vred. ± S.D.
		do 0,02%	0,04%	0,06%	0,08%	0,1%	iznad 0,1%		
K. (uran)	63	12 19,0%	6 9,5%	9 14,2%	1 1,6%	3 4,7%	3 4,7%	34 54%	0,06 ± 0,05
G.V. (uran)	26	2 7,7%	2 7,7%	-	-	3 11,5%	-	7 26,9%	0,06 ± 0,04
Z. (Pb+Zn)	95	7 7,4%	6 6,3%	1 1%	-	1 1%	-	15 15,8%	0,04 ±0,02
R. (Pb+Zn)	68	18 26,4%	9 13,2%	5 7,3%	3 4,4%	2 3%	-	37 54%	0,04 ±0,02
Ukupno	252	39 15,5%	23 9,1%	15 5,9%	4 1,5%	9 3,5%	3 1,1%	93 36,9%	0,05 ±0,04

$t = 2,65$
$P < 0,01$

TAB. 2

Frekfencija izmerenih koncentracija radona 222 na radilištima rudnika urana u K., istražnog rudnika urana G.V. i rudnicima olova i cinka Z.D. i R.

Rudnici		Izmerene koncentracije radona 222								
		10^{-12} do $5x10^{-12}$	$5x10^{-12}$ do 10^{-11}	10^{-11} do $5x10^{-11}$	$5x10^{-11}$ do 10^{-10}	10^{-10} do $5x10^{-10}$	$5x10^{-10}$ do 10^{-9}	10^{-9} do $5x10^{-9}$	$5x10^{-9}$ do 10^{-8}	10^{-8} do $5x10^{-8}$
K.	FREKVENCIJA (%)	/	/	/	14,9	48,2	15,5	19,2	1,5	0,7
G.V.		/	/	12,8	11,4	45,3	11,0	18,9	0,6	/
Z.D.		1,6	4,0	19,2	20,6	43,2	9,3	2,1	/	/
R.		16,8	12,7	48,0	13,9	8,6	/	/	/	/

Bibliografija

1. Dobson R.L. and Chupp M.M.
University of California Radiation Laboratory, Berkley, Report No. UCRL 3574 (October 1956)

2. Dobson R.L. and Chupp M.M.
Proc. 2d U.N. Intern. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy, 23, 188-194,(1958).

3. Ingram M. and Barnes S.W.
Phys. Rev; 75; 1756, (1949)

4. Ingram M.
In: Manual on Radiation Haematology, IAEA, Vienna, 265,(1971)

5. Ingram M., Idams M, Coonan J, Jespersen J., Nieson D., Piatt and Yetewich G.
Science, 116, 706-708 /1952/

6. Lambin P.
In: Surveillance medicale des travailleurs exposes aux radiation ionisantes, EURATOM-421, 129 (September 1963/.

VIII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja.
Herceg Novi 20-23 maj 1975.

Petrovčić prof.dr sc.Ferdo

RIZIK IZLAGANJA RADIJACIJI,NAROČITO NEPOŽELJNE POSLJEDICE NAKON MEDICINSKE PRIMJENE ZRAČENJA

Zavod za radiologiju Kliničke bolnice "dr Novosel" Med.fakulteta u Zagrebu, Zajčeva 19.

Kratki sadržaj:

Akutna oštećenja radijacijom su danas rijetka, pa se izražava "mišljenje" da nema nikakove opasnosti od radijacije pri "rutinskom radu", pogotovu u medicini, ako se koriste moderni "zaštićeni" rendgenski aparati.

Kako bi opasnost mogla biti manja pri češćoj primjeni snažnijih rendgenskih aparata, čiji oklopi smiju propuštati u jednom satu "parazitsko zračenje" od 0,1 R na udaljenost od 1 metra. Današnji rizici izlaganja radijaciji spadaju u "kasne" posljedice izlaganja radijaciji: promjene nasljednih osebina, teratogeno, leukemogeno i karcinogeno djelovanje zračenja. Ove su posljedice po pučanstvo pogubnije od akutnih oštećenja.

Autor daje pregled i primjere postupaka prevencije i zaštite od radijacije pri medicinskoj primjeni.

Tekst:

Živimo u vrijeme porasta mirnodobske primjene ionizantnih zračenja. Zbog toga smo prisiljeni naučiti živjeti uz povećanu izloženost radijaciji, jer je njeno korištenje glavna karakteristika ovog"atomskog doba". Korištenje radijacije daje sjajne perspektive ekonomskom, socijalnom i medicinskom razvoju, ali ujedno predstavlja golemu i relativno slabo poznatu

opasnost za zdravlje čovječanstva. Zbog ovih razloga zaštita od zračenja postaje brigom mnogih stručnjaka, a ne samo malobrojnih osoba nekih profesija, ona je danas opći socijalni i medicinski zahtjev zaštite javnoga zdravlja. Kako je zaštita od radijacije veoma složen zadatak treba da na tom poslu najuže surađuju stručnjaci iz različitih područja nauke i liječnici različitih specijalnosti.

Oštećenja kože /od radiodermatitisa, epilacije, pa sve do razvoja karcinoma/ zatim oštećenja krvotvornih organa/s anemijama , aplastičnim anemijama/ nakon izlaganja radijaciji se danas rijetko javljaju, iako su upravo ta oštećenja u pionirskoj eri primjene ionizantnog zračenja bila najčešća.

Budući da su danas dramatična akutna oštećenja ionizantnim zračenjem rijetka, ponekad se susreće "mišljenje" da više nema gotovo nikakve opasnosti od radijacije pri rutinskom radu, pogotovu u medicini, ako se koriste moderni "zaštićeni" rendgenski aparati.

Čudno bi bilo, kada bi opasnost štetnog djelovanja radijacije doista bila manja pri rutinskoj primjeni sve brojnijih radioloških metoda uz golem porast broja bolesnika koje se svakodnevno pregledava i liječi radiološkim metodama,pogotovu kada je pritom neuporedivo veći broj osoba izložen radijaciji /bolesnici i profesionalno osoblje/ nego u "pionirskoj eri".

Upravo je nerazumljiva tvrdnja da je opasnost od radijacije sve manja, da gotovo i ne postoji, i to danas kada se u medicini primjenjuju sve snažniji moderni izvori radijacije koji daju mnogostruko veće intenzitete i radijaciju znatno veće energije. I laiku je jasno da na pr. moderni rendgenski aparat mora biti snažniji ako omogućuje dobivanje dobre rendgenske snimke u vrlo kratkom vremenu ekspozicije / sa stotinkom sekunde/, dok su "pionirski" rendgenski aparati zahtijevali ekspozicije od blizu pola sata.

Da li je moguće da bi takvi snažni moderni izvori zračenja, koji se danas tako često primjenjuju mogli biti manje opasni od slabih aparata pionirske ere? Očito se radi o nekom krupnom nesporazumu koji valja razjasniti.

Bolnica "Svetoga Jurja" u Hamburgu ima u svom parku nekoliko spomenika na kojima su upisana 376 imena profesionalnih smrtnih

žrtava radijacije iz cijelog svijeta. Među njima ima velik broj liječnika i rendgenskih tehničara iz "pionirske" ere radiologije. Te osobe se smatraju mučenicima nauke i medicine, jer u njihovo vrijeme nije bila poznata opasnost kojoj su se izlagali. Tragična iskustva tih pionira upozorila su na potrebu da se izloženost ionizantnom zračenju smanji.

Prve preporuke za zaštitu od rendgenskog zračenja izdali su rengenolozi već 1913. godine, a 1925. su osnovali prvu Komisiju za zaštitu od radijacije u Engleskoj.

Po preporukama radiologa načinjeni su uređaji za zaštitu od zračenja oko rendgenskih cijevi /oklop, uređaj za sužavanje snopa, filtri, uređaji za održavanje minimalnog razmaka žarišta cijevi od bolesnika itd./, na aparatu /olovno staklo ekrana, rese od olovne gume ispod i pred ručkama ekrana/, u prostoriji za rad /zaštitni paravani, zaštitni stolac za liječnika/, sredstva za osobnu zaštitu profesionalnog osoblja /zaštitne pregače i rukavice/ itd. Izrađena su pravila i propisi o smještaju aparata u prostoriji uz određenje minimalne udaljenosti koju moraju imati susjedni zidovi i predmeti od kojih može doći do ponovnog rasapa zračenja; izrađeni su propisi o ispravnom načinu izvođenja radioloških metoda itd. itd.

Da bi sve ova zaštitne uređaje uveli u praksu i osigurali ispravni način rada zahtijevana je sve bolja teoretska naobrazba i praktična uvježbanost profesionalnog osoblja. Smanjenje broja teških dramatskih posljedica izlaganja radijaciji posljedica je sve većeg iskustva i znanja uz stalno poboljšavanje načina rada i radnih uvjeta sa zračenjem.

Često se govori o "neopasnim rendgenskim aparatima". Neopasna je puška ona iz koje se ne može pucati. Tko bi dakle trebao rendgenske aparate koji ne proizvode radijaciju? Korisni snop zračenja modernih rendgenskih aparata je znatno prodorniji / u dijagnostici se danas primjenjuju naponi do 150 kV!/ i znatno većih intenziteta / tisuće mA/. Korisni rendgenski snop je pri medicinskoj primjeni usmjeren na

bolesnika. Pri tome mnogi zaboravljaju da se primarno zračenje u česticama materije / a pri medicinskoj primjeni u tijelu bolesnika/ raspršuje na sve strane po prostoriji. Tom "raspršenom zračenju" su zatim izložene i one osobe koje se ne nalaze u"korisnom" smjeru radijacije.

Krivo je mišljenje da "oklopi" oko rendgenskih cijevi i drugih radioaktivnih izvora posve onemogućuju izlaz zračenju u svim nepoželjnim smjerovima /osim u smjeru korisnog snopa/. Zbog toga mnogi takove aparate sa oklopom nazivaju "posve zaštičenim od radijacije". Oklop rendgenskog aparata sa ispravnim električnim vodovima doista posve zaštićuje od udara visokog napona električne struje. Ali i najispravniji zaštitni oklop samo smanjuje radijaciju koja se širi u nepoželjnim smjerovima. Rijetko se spominje da čak i ispravni oklopi dijagnostičkih rendgenskih aparata smiju propuštati radijaciju na jedan metar udaljenosti od 0,1 R- u jednom satu, a toj količini zračenja se nikada ne smije izložiti profesionalno osoblje u tjedan dana rada. Oklopi terapeutskih aparata / po propisima izgradnje!/ smiju propuštati čak deset puta više zračenja.

Nevjerojatno je velik raskorak između postojećeg teoretskog znaja i praktičnog izvođenja zaštite od radijacije. Oštećenja kože i hemopoetskih organa su još uvijek relativno česta ali premalo poznata. Zavod za zaštitu zdravlja grada Zagreba objavio je od 1946 do 1973. godine /1,2/: ukupno 4 katarakte, 72 kožne promjene, 32 oštećenja hemopoetskih organa kod profesionalnog osoblja koje radi sa radijacijom u medicini. Pri tom treba naglasiti da su ovi podaci vrlo manjkavi jer ne obuhvaćaju niti sve civilne radnike zdravstvenih ustanova Zagreba. Čanić izričito spominje:"da je od zdravstvenom nadzoru podložnog osoblja koje je pregledavala njegova ambulanta 10% pokazivalo znakove oštećenja radijacijom koji su zahtijevali prijevremeno penzioniranje, invalidnost ili duža bolovanja. U taj broj nisu uračunata manja oštećenja, npr. prolazne leukopenije, lakši stupanj dermatitisa i druga slična stanja koja nisu zahtijevala promjenu radnog mjesta ili duže bolovanje".

Zanimljivo je da ni ove vrlo pouzdane /iako nepotpune/ statistike, ne spominju karcinome i leukemije kod profesionalnog osoblja izloženog radijaciji. Jedan je od razloga tome taj, što se u njihovu ambulantu za profesionalne bolesti javljaju samo aktivni službenici, koji čim dobe potvrdu da su obolili /uz prijedlog za invalidnost ili bolovanje/ više se ne vraćaju u njihovu ambulantu.

Budući da nema točnih službenih podataka, a spomenuti se podaci odnose samo na jedan manji broj profesionalnog osoblja i to samo za vrijeme od sredine 1946. do 1973. i samo za područje grada Zagreba pokušali smo anketom saznati za oštećenja izazvana radijacijom u SR Hrvatskoj. Takovu anketu vodili smo među zdravstvenim radnicima od 1954 do 1957., a zatim i u 1974. godini. Nažalost " uspomene o ljudima žive samo tako dugo koliko i njihovi prijatelji", a budući nismo imali prilike ispitivati one koji su se još sjećali" sigurno su naši podaci vrlo nepotpuni.

Anketa je ukazala na 7 /vjerojatno lo/ slučajeva katarakte; 44 oštećenja hemopoetskih organa uz 1 slučaj /objavljen/ aplastične anemije; 94 teška oštećenja kože, sa 16 tako teških oštećenja da su morale biti izvedene amputacije jednog ili više prstiju ili odstranjenje cijele ruke u ramenu /2 liječnika!/. Ovi podaci su naročito manjkavi o pomoćnom osoblju jer se većina starih liječnika još nekako sjećala kolega, ali je rijetko tko mogao spomenuti imena osoblja, a bez imena i oznake zvanja dobivene podatke nismo uzimali u obzir.

Nema nikakovih, pa niti poluslužbenih podataka o zapažanjima teratogenog efekta zračenja - direktnog oštećenja ploda nakon izlaganja profesionalnog osoblja, a još manje o eventualnom genetskom efektu profesionalnog izlaganja radijaciji.

Anketom smo ustanovili da je 5 radiologa /kojima se točno zna uzrok smrti umrlo od karcinoma kolona, daljnjih 5 radiologa i radioloških tehničara je umrlo od metastatskih tumora i 4 leukemije kod liječnika koji su profesionalno

koristili rendgensko zračenje. Poznate su 5 smrti zbog limfosarkoma kod profesionalnog osoblja i trebalo bi se pitati da li je taj broj /sasvim sigurno potpun!/ malignih procesa srazmjerno s brojem tog profesionalnog osoblja.

Nevjerojatno je, da negiraju svaku opasnost izlaganja radijaciji pri medicinskoj primjeni ponekad i one osobe koje su zadužene za kontrolu provođenja zakonskih propisa o zaštiti od radijacije i vrše mjerenja izloženosti osoblja radijaciji-dakle, osobe koje bi morale inzistirati na što većem respektu pred svakim izlaganjem radijaciji, bez čega je nemoguće zahtijevati savjesno poštivanje zakonskih propisa kojima je svrha zaštita od radijacije.

Postoji opasnost da će mit o "neopasnosti pri rutinskoj primjeni radijacije" smanjiti oprez osoblja pri radu i dovesti do ponovnog pogoršanja uvjeta rada u sferi zračenja. Posljedica toga će, naravno, biti opet porast oštećenja radijacijom.

Opasnost od štetnog djelovanja ionizantnog zračenja nije danas manja, ona je sigurno veća i osim toga je znatno veći broj osoba izložen toj opasnosti nego u pionirskoj eri. Smanjenje teških posljedica izlaganja radijaciji je uvjetovano nizom metoda i postupaka "zaštite od radijacije" o kojima ćemo još govoriti. Ipak moramo već sada naglasiti da nije dopušteno omalovažavati opasnost i time smanjiti potreban oprez profesionalnog osoblja, niti pogoršavati uvjete rada profesionalnog osoblja. Obratno, treba dalje stalno usavršavati sve načine zaštite od radijacije, upozoravati na opasnost i zahtijevati "zdravi respekt" pred svakim, pa i najmanjim nepotrebnim izlaganjem zračenja. Treba zahtijevati savjesnu svakodnevnu primjenu svih mjera zaštite od radijacije.

I pri modernoj primjeni radijacije moguća su oštećenja zdravlja ne samo profesionalnog osoblja već i bolesnika /ako se radi o medicinskoj primjeni radijacije/ i cijele populacije. Današnja oštećenja od zračenja su drugačija od onih u pionirskoj eri. Zbog toga su još uvijek premalo poznata, iako su njihove posljedice, naročito po pučanstvo u cjelini,

kudikamo teže nego dramatska, ponekad i smrtonosna oštećenja pojedinaca u pionirskoj eri radiologije.

Pri modersnoj primjeni radijacije najveća opasnost po zdravlje izloženih osoba su "kasne" posljedice izlaganja. Među karakteristična kronična oštećenja koja "kasno" nastaju ubrajamo one za čiju manifestaciju treba proteći dugo vrijeme između izlaganja radijaciji i prve pojave vidljivih oštećenja. Zbog duge "latencije" su ova oštećenja "kasna" i u tom smislu što su vrlo kasno prepoznata kao posljedice izlaganja zračenju, jer slične promjene nastaju i zbog drugih pa i posve nepoznatih razloga, a ne samo zbog djelovanja zračenja. Zbog toga ih je teško dokazati bez opsežnih epidemioloških ispitivanja.

U kasna oštećenja spadaju: sklonost izloženog tkiva na razvoj leukemija i malignih procesa, direktna oštećenja ploda u utrobi majke te promjene nasljednih osebina. Da bi se ove opasnosti od radijacije mogle razumjeti nije dovoljno poznavati samo fizikalnih, već i bioloških, naročito genetičnih naučnih disciplina.

Latencija leukemija izazvanih zračenjem iznosi najmanje dvije, pa do najviše 14 godina. Najčešća pojava leukemija je oko 7. godine nakon izlaganja ionizantnom zračenju. Maligni procesi / karcinomi, a mnogo rjeđe sarkomi/ imadu latenciju od blizu 10, pa i preko 50 godina. Većina statističkih podataka radijacijom izazvanih malignih procesa pokazuje da su se karcinomi u prosjeku javljali oko 33-će godine nakon početka izlaganja radijaciji.

Genetska oštećenja imadu najdužu latenciju. Promjene nasljednih osebina se nikako ne mogu manifestirati prije treće generacije potomstva osobe koja je bila izložena zračenju. a vjerojatno će se zapažati tek iza 40-te generacije. Razlog tako duge latencije je činjenica da se teške deminantne i letalne promjene nasljednih osebina ne mogu nasljeđivati /jer će fetus odumreti, pa će biti resorbiran ili aortiran, odnosno ako se dijete i rodi ima tako teške poremetnje zdravlja da se neće moći razvijati i neće stvarati potomke/.

Dakle, dominantne se štetne mutacije same eliminiraju iz nasljeđa " genetskim putem"/ 3/. Preostaju samo genetska oštećenja manjeg stupnja i recesivne mutacije izazvane radijacijom. Da bi se one mogle manifestirati u potomstvu mora otac i majka imati istovrsnu /recesivnu/ mutaciju, lokaliziranu na istom kromosomu i genu, a pritom ta mutacija mora biti istog stupnja. Zbog toga genetičari smatraju da je nemoguće da bi se recesivna genetska oštećenja /kod čovjeka!/ mogla manifestirati prije treće generacije potomstva izloženog individua. Genetičari upozoravaju da je najveća opasnost radijacije upravo porast broja nepoželjnih nasljednih osebina kod ljudi. Smatra se da već danas svaki zdrav čovjek nosi najmanje 6 nepoželjnih nasljednih osebina, koje se ali još nisu mogle manifestirati.

Veliki broj nepoželjnih mutacija u nekom pučanstvu ugrožava opstanak te populacije. Osim zračenja mogu i drugi učinci, kao što su kemijska sredstva, neka sredstva za konzervaciju hrane, čak i lijekovi /citostatici, sulfonamidi, antibiotici itd./izazvati mutacije, a sve su one kod čovjeka štetne i nepoželjne.

Za pučanstvo kao cjelinu najveću opasnost predstavljaju male mutacije, koje ne mogu uzrokovati smrt fetusa ili novorođenog djeteta, koje dopuštaju da takav pojedinac živi i stvara vlastito potomstvo na koje će onda dalje prenosti / a time i razmnožavati!/ nepoželjne nasljedne osebine. Konačna je posljedica ovih "malih" štetnih nasljednih osebina vrlo veliko ukupno oštećenje pučanstva. Nepoželjna je svaka promjena nasljednih osebina izazvanih zračenjem, jer se njima uvijek smanjuju tjelesne i umne sposobnosti pojedinaca ; one uzrokuju smanjenu sposobnost za život i privređivanje.

Kako nastaju ova "kasna" oštećenja radijacijom? Smatra se danas gotovo dokazanim da je njihov razvoj uvjetovan promjenama genetske "šifre" stanica. Genetska oštećenja su posljedice zračenjem izazvanih mutacija /promjena nasljednih osebina/.koje se preko spermija oplođene jajčane stanice

prenose na potomstvo. Ostala oštećenja: leukemije i karcinomi te nakaznosti čeda uzrokovane su također poremećajem "genetske šifre", ali ne spolnih stanica već ostalih stanica tijela, koje zatim diobom prenose ove nove štetne osebine na svoje "somatske" potomke / 4/. Te nove stanice imaju poremećaj genetske šifre zbog čega se ponašaju "asocijalno"-kao maligne stanice i svojom daljnjom diobom prenašaju anomalne osebine, poremećeni metabolizam itd. na nove grupe stanica-uzrokuju karcinome, odnosno leukemije. Zračenjem /ali i virusima i lijekovima/ oštećene stanice fetusa u razvoju /vjerojatno također preko poremečaja genetske šifre/ uzrokuju nakaznosti djeteta /"teratogeno" djelovanje/. Ove poremećaje genetske šifre spolnih i somatskih stanica može izazvati i najmanja količina ionizantnog zračenja/ 4/. Danas je poznat vrlo veliki broj različitih bolesti koje su uzrokovane prirođenim anomalijama:"aberacijama kromosoma", pogreškama prenosa "enzimatske šifre" i nasljednih nakaznosti. Harris /5/ spominje 74 prirođene pogreške metabolizma, a Dutrillaux i Lejeune /6/ spominju da na 200 djece barem jedno ima oboljenje uzrokovano"kromosomalnom aberacijom".

Koliki je rizik razvoja ovih kasnih štetnih posljedica izlaganja radijaciji teško je ustanoviti budući da nema točno izmjerenih doza kojima su bili izloženi ljudi kod kojih se razvila leukemija ili karcinom nakon izlaganja radijaciji. Iz eksperimenata na životinjama, pak nije dopušteno zaključivati kolika je doza potrebna kod čovjeka da izazove slične efekte. Prema tome, ma koliko savjesno pokušavali statistički izračunati "rizik", ovakvi podaci su očito vrlo nepouzdani. Za naša razmatranja nisu ni nužni. Važno je da smo shvatili, da rizik kasnih posljedica nakon izlaganja radijaciji postoji, da postoji opasnost po zdravlje izloženih osoba i nakon malenih doza zračenja. Dakle, nema neopasnih količina ionizantnog zračenja. Nas u ovom razmatranju najviše treba zanimati kako možemo smanjiti rizik oštećenja zdravlja ljudi nakon izlaganja radijaciji.

Usprkos svim, ispravnim zaštitnim uređajima, ispravnog i stručnog načina izvođenja primjene radijacije, neke opasnosti za zdravlje izloženih osoba su i danas moguće. U prvom redu treba računati na mogućnost razvoja "genetskih oštećenja, zatim "teratogenog" djelovanja zračenja na fetus/ako se trudna žena izlaže zračenju ili virusnoj infekciji i nekim lijekovima/ zbog čega može nastati abortus i, što je mnogo gore, nakaznosti djece. Mnogo je manje vjerojatan razvoj leukemija, a najmanje je vjerojatan razvoj malignih tumora nakon izlaganja zračenju.

Ova kasna oštećenja mogu se razviti nakon kratkotrajnih, ponavljanih ili trajnih /profesionalnih/ izlaganja radijaciji. Dio tih kasnih oštećenja sigurno je izazvan izlaganjem pučanstva radijaciji iz prirodnih izvora. Prema tome, svako dodatno izlaganje čovjeka umjetnim izvorima radijacije predstavlja daljnje povećanje rizika po zdravlje.

Izlaganje radijaciji je, dakle, potencijalna opasnost po zdravlje izloženog pojedinca, a pogotovu - zbog mogućih genetskih oštećenja - je nepoželjno svako izlaganje spolnih žlijezda /"gonada"/. U kulturnoj ljudskoj sredini nema "prirodne selekcije" bolesnih i nesposobnih, osim toga je latencija pojave ovih "kasnih " za pojedinca i pučanstvo najopasnijih oštećenja neobično duga, na razvoj se oštećenja, kad se ono pojavi više ne može utjecati, zbog toga su neobično važne metode sprečavanje nepoželjnog izlaganja ljudi i svi postupci zaštite od štetnog djelovanja zračenja.

Najvažniji umjetni izvor izlaganja pučanstva je medicinska primjena ionizantnog zračenja: rendgenskog te gama i zatim korpuskularnog zračenja radioaktivnih izvora i akceleratora. Primjena ionizantnih zračenja se u modernoj medicini ne može izbjeći, jer su ona potrebna za ranu i točnu dijagnozu bolesti i ponekad služe za liječenje naročito malignih bolesti. Primjena radijacije u medicini je sve češća i sve je veći broj ljudi izlagan pri medicinskoj primjeni zračenja.

Kolika je izloženost pučanstva iz "umjetnih izvora" radijacije ovisi o životnom standardu, razvijenosti industrije, naročito o postojanju "atomske" industrije u zemlji, zatim o broju i rasporedu zdravstvenih ustanova, opremljenosti tih ustanova rendgenskom aparaturom i drugim izvorima radijacije, o broju i opremi naučnih institucija u zemlji itd. Osim navedenih razloga sigurno je da i čest dolazak bolesnika na rendgenske pretrage zbog "besplatnih" zdravstvenih usluga ima pritom važnu ulogu. Gotovo je nemoguće naći osobu stariju od 6 godina koja još nije bila rendgenski pregledavana.

Utvrđeno je, da izloženost pučanstva iz umjetnih izvora radijacije danas gotovo jednaka izloženosti iz prirodnih izvora, a da medicinska rendgen dijagnostika daje do 95% ukupne radijacije koje pučanstvo prima iz svih umjetnih izvora zajedno /7/. Neobično je da je gotovo isti podatak: da je medicinska rendgenska dijagnostika uzrok 90% izloženosti pučanstva dao i Morgan za USA koja ima vrlo razvijenu atomsku industriju /8/. Slične podatke daje Muth /9/ za Zapadnu Njemačku tvrdeći da rendgen dijagnostika daje 5/6 /83%/ ukupne izloženosti pučanstva radijaciji.

Medicinska rendgen dijagnostika je dakle najčešći izvor izlaganja pučanstva umjetnim izvorima radijacije, daje najveće doze zračenja pučanstvu po osobi. Medicinska rendgendijagnostika je ujedno, vjerojatno, jedina primjena radijacije u kojoj se može postići znatnije smanjenje izloženosti bolesnika, dakle populacije. Zbog toga je medicinska rendgen dijagnostika neobično važna u zaštiti od radijacije, pa je i "medicinska zaštita" po mišljenju mnogih stručnjaka najvažnija, od svih ostalih načina zaštite. Taylor spominje /10/: "Do 1925. godine glavna je upotreba zračenja bila u medicini". "Najčešće područje u kojem se stiče iskustvo o zaštiti od zračenja je medicinska upotreba zračenja. Bolnica je mjesto na kojem se dokazuje ne samo praktična vrijednost primjene zračenja, već i praktična primjena zaštitnih mjera. Osnovne forme

zaštite od zračenja u industriji su uglavnom rezultat iskustva i prakse pri medicinskoj primjeni radijacije". Ovo je napisao istaknuti stručnjak Odsjeka za fiziku atoma i zračenja Nacionalnog biroa za standarde USA, koji je po struci fizičar.

Ferlazzo i njegovi suradnici također pišu /11/: "Praktična primjena medicinske fizike, od koje je zaštita od zračenja samo jedan ogranak, može se učiti samo u bolnici...". Oni dalje konstatiraju...." postoji sve veća tendencija, naročito među mlađim suradnicima, da se sve mjere zaštite od zračenja, pa i one u bolnici, smatraju nečim novim, kao da ničega nije bilo prije umjetnih izotopa. Zapravo nema ništa bitno novoga u bolničkom iskustvu nakon uvođenja bilo radioaktivnih izotopa bilo betatrona".

Pod m e d i c i n s k o m z a š t i t o m mislimo na zaštitu od ionizantnog zračenja pri medicinskoj primjeni, kao i medicinske načine zaštite od radijacije u smislu da ih najefikasnije ili gotovo jedino mogu provoditi medicinski stručnjaci-liječnici. Prevencijom-sprečavanjem nepotrebnog ili prečestog izlaganja ljudi radijaciji-mogu i moraju sprovoditi svi liječnici /strogim određivanjem indikacija za radiološke pretrage i terapiju/. Liječnici za profesionalne bolesti nadziru higijenske uslove rada i zdravlje profesionalnog osoblja izloženog zračenju. Njima pomažu specijalisti hematolozi /koji utvrđuju početne promjene "krvne slike"/, dermatolozi /prepoznavaju početne promjene na koži, noktima itd./, ginekolozi itd.

Pri tome ne mislimo umanjiti vrijednost ostalih načina zaštite od radijacije kao što je l e g i s l a t i v n a , koja određuje zakone i propise za zaštitu od radijacije. Internacionalna komisija za radiološku zaštitu osnovana je 1925. Na osnovu preporuka ove komisije određene su i "maksimalno dopuštene doze" i ostale preporuke u vezi da zaštitom od radijacije. Naši zakoni i pravilnici rađeni su također po tim internacionalnim preporukama /ali nažalost spo-

minju "dopuštene doze", umjesto "maksimalno dopuštene doze" čije je značenje "maksimalno dopustivi rizik izlaganja"/.

Veoma je važna f i z i k a l n o - t e h n i č k a zaštita u koju se ubraja nadzor nad izvršavanjem zakonskih propisa u vezi s projektiranjem i izgradnjom ustanova, prostorija, uređaja itd. za rad sa radijacijom, povremena kontrola ispravnosti zaštitnih uređaja, mjerenje izloženosti na pojedinim mjestima prostorije oko izvora radijacije, kao i organiziranje i provođenje dozimetrije /filmske/ za trajno mjerenje izloženosti pojedinog radnika u sferi ionizantnog zračenja.

K e m i j s k a zaštita pokušava kemijskim sredstvima povećati otpornost ljudskih tkiva na djelovanje radijacije. Pokušava se primjenom različitih hranidbenih tvari povećati otpornost tijela ili pojedinih organa na djelovanje zračenja. Taj način zaštite mogli bi nazvati b i o l o š k o m, jer se koristi šećerima, vitaminima, ponekad čajevima sa većom količinom tanina, smanjenjem sadržaja kisika u arterijama i tkivima, umjetnim snižavanjem temperature /"hibernacijom"/ pojedinih dijelova tijela, anemizacijom itd.

Ima i s o c i j a l n o - e k o n o m s k i h mjera kojima se nastoji smanjiti štetne posljedice izlaganja radijaciji na profesionalno osoblje. Kao što se kod bolesnika koji je izložen velikim dozama zračenja pri terapiji ili kod oštećenih radijacijom velikim dozama pri nezgodama ili ratnoj primjeni preporučuju odmor, svrsishodna ishrana itd. tako se i osoblju pokušava smanjiti djelovanje malih doza kojima je izloženo pri profesionalnom radu boljom, svrsishodnijom ishranom, dužim odmorima, boravkom na svježem zraku, higijenskijem stanovanju, tj. povišenjem "životnog standarda".

Skraćeno radno vrijeme i duže godišnje odmore predviđaju zakonski propisi za osoblje koje je profesionalno izloženo štetnim utjecajima po zdravlje. Kod osoblja koje radi sa

radijacijom je svrha tih dužih odmora da posluže kao "vremenski faktor" oporavka u povećanim pauzama između ponovnih izlaganja radijaciji.

U važne mjere zaštite od radijacije trebalo bi ubrojiti n a d z o r n a d n a č i n o m r a d a o s o b l j a , ispravnog odabiranja položaja radnih mjesta, savjesnog korištenja zaštitnih uređaja u toku rada. Nisu opasna sama zračenja, već opasnost ovisi i o onima koji se radijacijom služe! Poznato je, da na istom radnom mjestu pri vršenju istih poslova ima vrlo različito izlaganje pojedino osoblje. Neophodno je potrebna s o l i d n a t e o r e t s k a i z o b r a z b a i dobra uvježbanost svih osoba koje rukuju izvorima ionizantnog zračenja ili sudjeluju u njihovoj primjeni. "Zrno znanja" vrijedi u zaštiti od radijaciji više nego tona olova! Naravno da izvanrednu važnost imaju znanstvena istraživanja i proučavanja teoretskih i praktičnih problema u vezi s radijacijom.

Već smo spomenuli neobičnu važnost medicinske zaštite u koju spada i zdravstveni nadzor nad profesionalnim osobljem. Sanitarni inspektor provodi nadzor nad higijenom rada, a liječnici za profesionalnu medicinu rada vrše zdravstvene preglede prije početka izobrazbe osoblja i provode redovite kontrole zdravstvenog stanja izloženog osoblja sa svrhom da isključe one čije zdravstveno stanje ne dozvoljava rad sa zračenjem, odnosno da otkriju najranije, početne nepoželjne reakcije kako bi se spriječilo daljnje izlaganje takve osobe i onemogućilo razvoj težih oštećenja radijacijom.

MEDICINSKA ZAŠTITA OD RADIJACIJE

Treba smanjiti svako nepotrebno izlaganje ljudi zračenju na najmanju mjeru, ali se kod toga ipak ne smije ometati poželjna i potrebna upotreba zračenja. Moramo spriječiti svako vidljivo oštećenje, ali isto tako treba nastojati

smanjiti mogućnost /"rizik"/ nastanka kasnih oštećenja. Upravo to spominje Internacionalna komisija za radiološku zaštite Svjetske zdravstvene organizacije /1972/ u svojoj definiciji cilja zaštite od radijacije: ...."da se spriječe akutni efekti zračenja i da se ograniči rizik kasnih posljedica na prihvatljivu razinu".

Medicinska zaštita od radijacije dijeli se na 1.mjere prevencije /profilakse/ i 2. mjere zaštite od radijacije u užem smislu.

1.Prevencija

Pod prevencijom štetnog djelovanja radijacije razumijevaju se svi postupci kojima se sprečava nepoželjno, nepotrebno, neopravdano ili prečesto izlaganje ionizantnom zračenju. Ona se provodi prije samog korištenja radijacije. Jedino je moguća prevencija u medicini, a ona se sastoji u zahtjevu da se ne dozvoljava primjena radijacije na čovjeku osim kada je to medicinski opravdano-"indicirano" tek kada liječnik nakon uuimanja anamneze, temeljitim kliničkim pretragama, pa i laboratorijskim metodama ustanovi: da čovjek boluje od bolesti koja se rendgenskom pretragom može dokazati ili isključiti-što znači : da je čovjek doista bolestan, da vjerojatno boluje od bolesti lokalizirane na organu koja se radijacijom može prikazati i da je bolest na koju sumnja takva da daje jasno "vidljive" rendgenske simptometek tada liječnik ima "medicinsko opravdanje za dijagnostičku primjenu radijacije".

Najvažniji način prevencije je , dakle, zahtjev da treba medicinsko opravdanje za svako izlaganje čovjeka radijaciji. Među ostale načine prevencije spada: odabiranje vremena izlaganja kada je rizik manji /za prevenciju teratogenih oštećenja zabranjena je primjena radijacije na trudnicama, a kod žena u dobi za rađanje smije se ona primjeniti samo između prvog i sedmog dana redovite menstruacije/, odnosno odabiranjem onih metoda koje manje izlažu bolesnika /radiografije umjesto mnogoopasnijih dijaskopija!/.

2. Zaštita od radijacije pri medicinskoj primjeni

Pod zaštitom od ionizantnog zračenja u užem smislu podrazumijevaju se sve mjere kojima se može smanjiti izlaganje zračenju u toku poželjne ili potrebne primjene zračenja. Ovamo spada primjena uređaja, sredstava i postupaka koje treba koristiti pri samom izvođenju radioloških metoda.

Kako nemamo zadatak, a ni vremena da opširnije govorimo o zaštiti od radijacije pri medicinskoj primjeni to ćemo samo sa nekoliko primjera ukazati na neke načine zaštite i njihovu efikasnost pri medicinskoj primjeni rendgenskog zračenja u dijagnostičke svrhe: uloga savjesnog i strogog određivanja "medicinskih indikacija" za dijagnostičku primjenu rendgenskih zraka na smanjenje ukupne izloženosti bolesnika /12, 13, 14/; efikasnost pokrivanja gonada /zaštitnim pregačama i direktnim zaštitnim sredstvima-zaštitnim školjkama i štitom za jajnike 15,16/; sužavanja rendgenskog snopa, primjene televizijskog prenosa rendgenske slike /17/, promjena položaja na zaštitu bolesnika i profesionalnog osoblja /17/.

Ne možemo ni spominjati vrlo važne metode zaštite pri radijacionoj terapiji i primjeni radioaktivnih izotopa u medicinskoj dijagnostici i terapiji.

SUMMARY

With the modern uze of ionizing radiations the new and not well known radiation hazards arize, both genetic and somatic /leukaemogenesis, carcinogenesis, teratogenic effects/.

Ionizing radiations alter the genetic code of the genetic and somatic cells. Induced gene mutations produce genetic malformations on the future generations, or if that genetic code of somatic cells is altered the altered metabolism, uncontrolled growd and "asocial" behaviour is transmited as a new genetic message to all new generation of that cell which can result in the carcinoma, leukaemia and teratogenesis.

Great care should be taken to reduce the total radiation exposure of the population, particularly of the gonads and bone marrow. Great responsibility of medical personnel in prevention and radiation protection is stressed with regard to the fact that main artificial source of radiation exposure of the population is the application of ionizing radiation in medicine. The medical radiation prevention and protection is pointed out: not allowing the uze of ionizing radiation to the man with_out the medical indications, and the necessity of uzing protective appliances to the gonads etc.

LITERATURA

1. ČANIĆ Z.: V.simp.J. društva za zaštitu od zračenja, Bled 1970, 6 str. 1-8.

2. ČANIĆ Z.: VII. simp.J. društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari 1973, str. 1-10.

3. STEPHAN G.: Strahlenschutz in Forschung und Praxis. Band XIV,36-45, 1974.

4. FRITZ-NIGGLI H.: Strahlenschutz in Forschung und Praxis. Band XIV, 22-36, 1974.

5. HARRIS H.: Triangle 10, 41-46, 1971.

6. DUTRILLAUX B. and J. LEJEUNE: Triangle 11, 81-89, 1972.

7. PETROVČIC F. i K.MARGREITNER: Arh.hig.rada 11, 45-52, 1960.

8. MORGAN K.Z.: Radiology 99, 570; 1971.

9. MUTH H.: Strahlenschutz in Forschung und Praxis. Band XIV, 1-12, 1974.

10. TAYLOR S.L.: Am.J. Roentgen. 73, 193-203; 1955.

11. FERLAZO et all.: Radiology 65, 892-902; 1955.

12. PETROVČIĆ F.: Lij.vjes.LXXXII, 3-13; 1960.

13. PETROVČIĆ F.: Osnove zaštite od ionizantnog zračenja. Viša škola za med.sest.i zdrav.tehn. u Zagrebu, II izdanje 1974.

14. PETROVČIĆ F-: Bilten društava radioloških tehničara SRH br.4, 9-18; 1973.

15. PETROVČIĆ F.: Lij.ves.LXXXII, 133-139; 1960.

16. PETROVČIĆ F.: Arh.hig.rada 17, 317-322; 1966.

17. PETROVČIĆ F. i suradnici: Radiol.Iugosl.7,275-280, 1973.

PERZISTENCIJA HROMOZOMSKIH ABERACIJA U PACIJANATA SA HIPERTIREOZOM LEČENIH RADIOAKTIVNIM JODOM

B. Pendić i Nada Barjaktarović

Klinička bolnica grada Beograda, Beograd

Hromozomske aberacije se mogu javiti i spontano u malom broju u biljnom i životinjskom svetu medjutim, njihov procenat značajno raste posle izlaganja jonizujućim zračenjima. Jedan od najvećih izvora ozračivanja stanovništva, prema podacima OUN (1), je ozračivanje u medicinske svrhe, gde radioaktivni izotopi imaju sve širu primenu. Pored korisnog dejstva u terapeutske svrhe izotopi izazivaju i promene u genetskom materijalu ćelije o čijoj perzistenciji još uvek ne postoji dovoljno podataka. Zbog toga je svrha naših ispitivanja bila da utvrdimo vreme zadržavanja izazvanih promena u pacijanata koji su lečeni radioaktivnim jodom ^{131}J.

Materijal i metode

Ispitivanja su započeta kod trinaest pacijenata sa hipertireozom, kod kojih je analiza radjena pre, i tri dana posle aplikacije ^{131}J.

Na kontrolni pregled posle šest meseci javilo se deset pacijenata, dok se posle 18 meseci javilo njih osmoro.

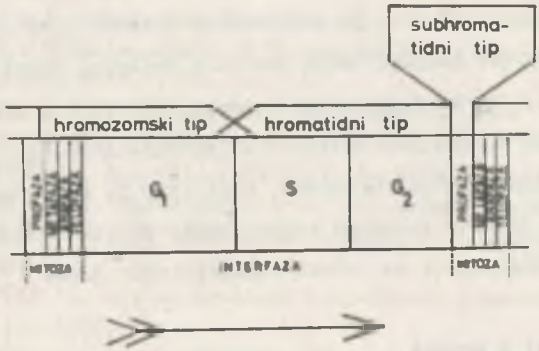
Terapeutska doza joda je iznosila 2-5 mCi. Primljena doza je odredjivana prema Silveru (2) po kome 1 µCi radio-

aktivnog joda daje dozu zračenja od 0,4 mRada na celo telo i 1500 mRada na štitastu žlezdu.

Citogenetska ispitivanja su vršena modifikovanom mikrometodom prema Edwardsu (3) i Frølandu (4) iz kulture limfocita periferne krvi.

Nadjene hromozomske aberacije mogu se svrstati u dve grupe, numeričke i strukturne. Numeričke obuhvataju setove sa manje i više od 46 hromozoma i tetraploidije medju koje su svrstane i endoreduplikacije. Tip strukturnih promena zavisi od stadiuma ćelijskog ciklusa u vremenu ozračivanja (slika 1), a klasifikacija je učinjena prema Bucktonu i Evansu (5).

VEZA IZMEĐU TIPA ABERACIJE I STADIJUMA ĆELIJSKOG CIKLUSA U VREMENU OZRAČIVANJA



slika 1.: Tip strukturnih promena u zavisnosti od ćelijskog ciklusa u vremenu ozračivanja

Rezultati i diskusija

Doza zračenja naših ispitanika (tabela 1) se kretala od 0,8 - 2 Rada za celo telo, a 3000 - 7500 Rada za štitastu žlezdu.

PACIJENT	DOZA	DOZA U %	DOZA U RADIMA	BROJ ANALIZIRANIH ĆELIJA		ABERACIJE PRE PRIMANJA %			ABERACIJE POSLE PRIMANJA % NUMERIČKE				STRUKTURNE							%
			ELO HELO	ŠITASTA ŽLEZDA	PRE	POSLE	NUMERIČKE	STRUKTURE	UKUPNO %	<46	>46	TETRAP.	UKUPNO	LEZIJE	PREKIDI	ACENTR. FRAGMENTI	DICENTR. HROMOZOM	OSTALO	UKUPNO	UKUPAN
JM	3	0.8	3000	50	50	1		2	1	1	2	4	1	2					3	8
MJ	4	1.6	6000	18	50			0	1			1							0	2
RD	3	1.2	4500	18	50		1	5	1		1	2	1	8	2	1	1	13		30
RZ	5	2	4500	50	50	1	1	4		1	1	2		12	3		1	16		22
MD	2	0.8	3000	50	50			0	1			1	1	7			2	10		22
VM	3	1.2	4500	40	50	1	2	75	1	1		2	1	4			1	6		16
PD	6	1.6	6000	7	50			0			1	1	1	7			1	10		22
DN	3	1.2	4500	50	40	2	12	30			1	1	2	3	2	1	1	13		28
MM	3	1.2	4500	50	50	2	10	24	1	1	1	3	2	8	1	1	1	14		34
PP	2	0.8	3000	50	50	1	1	4	2	1		3		3			1	4		22
TS	2	0.8	3000	50	50		1	2	1		2	3		5	1			6		18
JK	5	2	7500	50	40	1		2	1			1	1	5				6		14
PM	3.5	1.4	5250	15	50			0	1			1	2	6			1	9		20

Tabela 1.

PACIJENT	BROJ ANAL. ĆEL.	ABERACIJE 6 MESECI POSLE PRIMANJA 131 NUMERIČKE <46	>46	TETRAP	ENDORED.	UKUPNO	STRUKTURNE LEZIJE	PREKIDI	ACENTR FRAGMENTI	DICENTR. HROMOZOM	OSTALO	UKUPNO	UKUPAN %
JM	50					0	2	2				4	8
RĐ	50			1	1	2	2	4	2		1	9	22
RZ	50		1			1	5	6			2	13	28
MD	50					1	2	5	1			8	18
VM	50	1				1		3				3	8
[illegible]	50	1	1			2	1	6				7	18
DN	50	1		1		2	3	1	1			5	14
PP	50		1			1	2	3	1			6	14
TS	50	1				1	1	5	1		1	8	18
JK	50	1				1	1	1			2	4	10

Tabela 2.

Broj hromozomskih aberacija pre aplikacije joda kretao se u opsegu od 0 - 7,5% u proseku 2,4 ± 2,3% (izuzimajući pacijente DN i RR koji su u toku protekle godine već bili podvrgavani radiološkim pregledima).

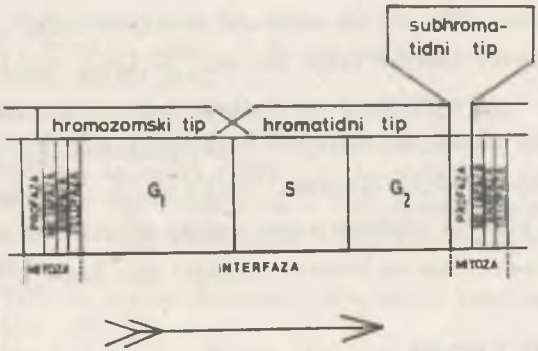
Tri dana posle aplikacije joda procenat aberacija je značajno porastao i kretao se u opsegu od 2 - 34%, u proseku 21,3 ± 9,0%, što predstavlja statistički uočljiv

aktivnog joda daje dozu zračenja od 0,4 mRada na celo telo i 1500 mRada na štitastu žlezdu.

Citogenetska ispitivanja su vršena modifikovanom mikrometodom prema Edwardsu (3) i Frølandu (4) iz kulture limfocita periferne krvi.

Nadjene hromozomske aberacije mogu se svrstati u dve grupe, numeričke i strukturne. Numeričke obuhvataju setove sa manje i više od 46 hromozoma i tetraploidije medju koje su svrstane i endoreduplikacije. Tip strukturnih promena zavisi od stadiuma ćelijskog ciklusa u vremenu ozračivanja (slika 1), a klasifikacija je učinjena prema Bucktonu i Evansu (5).

VEZA IZMEĐU TIPA ABERACIJE I STADIJUMA ĆELIJSKOG CIKLUSA U VREMENU OZRAČIVANJA



slika 1.: Tip strukturnih promena u zavisnosti od ćelijskog ciklusa u vremenu ozračivanja

Rezultati i diskusija

Doza zračenja naših ispitanika (tabela 1) se kretala od 0,8 - 2 Rada za celo telo, a 3000 - 7500 Rada za štitastu žlezdu.

PACIJENT	DOZA U g	DOZA U Ra/dan	UKUPNA DOZA	BROJ ANALIZIRANIH ĆELIJA	PRE	POSLE	ABERACIJE PRE PRIMANJA			ABERACIJE POSLE PRIMANJA												
										NUMERIČKE				STRUKTURNE								
							NUMERIČKE	STRUKTUR.	UKUPNO %	< 46	> 46	TETRAP.	UKUPNO	LEZIJE	PREKIDI	ACENTR. FRAGMENTI	DICENTR. MIKROHROM.	OSTALO	UKUPNO	UKUPAN %
JM	3	0.8	3000	50	50	1		2		1	1	2	4	1	2				3	14
MJ	4	1.6	6000	18	50			0		1			1						0	2
RD	3	1.2	4500	18	50		1	5		1		1	2	1	8	3	1	1	13	30
RZ	5	2	7500	50	50	1	1	4			1	1	2		12	1		1	14	33
MD	2	0.8	3000	50	50			0		1			1	1	7			2	10	23
MM	3	1.2	4500	40	50	1	2	7.5		1	1		2	1	4			1	6	16
[illegible]	4	1.6	6000	7	50			0				1	1	1	7			1	10	23
DN	3	1.2	4500	50	40	2	12	30				1	1	2	7	2	1	1	13	28
[illegible]	3	1.2	4500	50	50	2	10	24		1	1	1	3	3	8	1	1	1	14	34
[illegible]	2	0.8	3000	50	50	1	1	4		2	1		3		7			1	8	32
TS	2	0.8	3000	50	50		1	2		1		2	3		5	1			6	18
JK	5	2	7500	50	40	1		2		1			1	1	5				6	14
PM	3.5	1.4	5250	15	50			0		1			1	2	6			1	9	20

Tabela 1.

PACIJENT	BROJ ANAL. ĆEL.	ABERACIJE 6 MESECI POSLE PRIMANJA (%)												UKUPAN %.
		NUMERIČKE					STRUKTURNE							
		< 46	> 46	TETRAP	ENDORED.	UKUPNO	LEZIJE	PREKIDI	ACENTR. FRAGMENTI	DICENTR. MIKROHROM.	OSTALO	UKUPNO		
JM	50					0	2	2				4		8
[illegible]	50			1	1	2	2	4	2		1	9		22
RZ	[illegible]		1			1	5	6			2	13		28
MD	[illegible]				1	1	2	5	1			8		18
MM	50	1				1		3				3		8
[illegible]	50	1	1			2	1	6				7		18
DN	[illegible]	1		1		2	3	1	1			5		14
[illegible]	50		1			1	2	3	1			6		14
TS	50	1				1	1	5	1		1	8		18
JK	50	1				1	1	1			2	4		10

Tabela 2.

Broj hromozomskih aberacija pre aplikacije joda kretao se u opsegu od 0 - 7,5% u proseku 2,4 ± 2,3% (izuzimajući pacijente DN i RR koji su u toku protekle godine već bili podvrgavani radiološkim pregledima).

Tri dana posle aplikacije joda procenat aberacija je značajno porastao i kretao se u opsegu od 2 - 34%, u proseku 21,3 ± 9,0%, što predstavlja statistički uočljiv

porast : $p < 0,001$.

Rezultati analiza šest meseci posle primene joda dati su na tabeli 2. Broj aberacija se kreće od 8 - 28%, u proseku 15,8 ± 2,1%. Procenat perzistentnih aberacija, iako pokazuje tendencu blagog opadanja, još uvek je statistički visoko signifikantan : $p < 0,001$.

Cantolino i saradnici (6) navode u literaturi da generalna incidenca nije smanjena ni posle godinu dana. Naša ispitivanja posle 18 meseci (tabela 3.) potvrdjuju te podatke.

PACIJENT	BROJ ANAL. ĆELIJA	ABERACIJE 18 MESECI POSLE PRIMENE 131 I											%
		NUMERIČKE					STRUKTURNE						UKUPAN
		∨ 46	∧ 46	TETRAPLOID.	ENDOREDUP.	UKUPNO	LEZIJE	PREKIDI	ACENTRIČNI FRAGMENTI	EXCENTRIČNI HROMOZOMI	OSTALO	UKUPNO	
MD	50	1				1	1	3	1		1	6	14
RO	50	2	1			3	1	6		1	3	11	28
PP			1			1	3	1	1	1	2	8	18
RZ	50			1		1	2	2	2		5	11	24
VM				1		1	1	2			1	8	10
JK		1	1	3		5						0	10
TS	50			1		1		3	1		1	5	12
DN	50	1	1			2	1	2				3	10

Tabela 3.

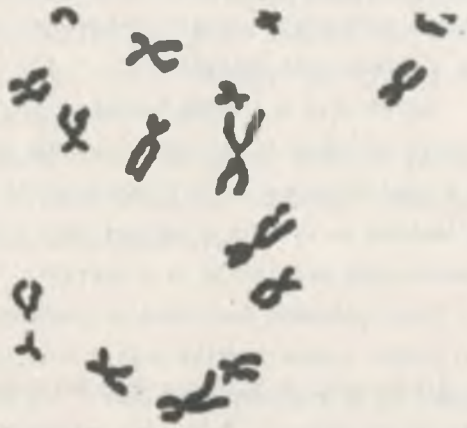
Rezultati se veoma malo razlikuju od onih šest meseci posle primene joda. Vrednosti se kreću od 10 - 28%, sa srednjom vrednošću od 15,7 ± 6,9%. Procenat je statistički visoko signifikantan : $p < 0,001$.

Poredeći rezultate kontrole pre ozračivanja prema onima tri dana, šest meseci i osamnaest meseci kasnije, zapaža se značajna statistička razlika, dok ove poslednje tri grupe medju sobom ne pokazuju značajnu statističku razliku.

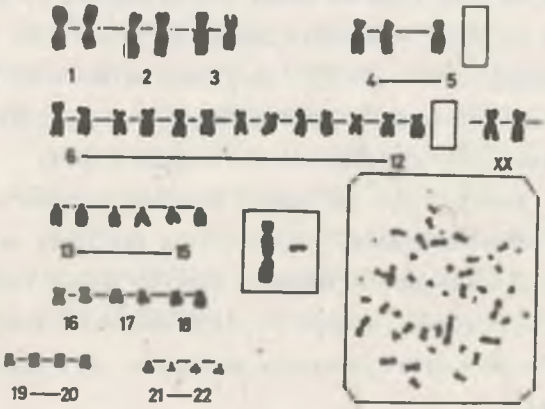
Što se tiče tipa aberacija, od numeričkih promena neposredno posle aplikacije zapaža se povećan broj tetra-

ploidnih ćelija i endoreduplikacija, dok njihov broj posle izvesnog vremena u visokom procentu opada. Ovaj fenomen, kako Newcombe navodi (7), teško može da se objasni.

Od strukturnih promena najčešće su zapaženi terminalni prekidi (slika 2) i acentrični fragmenti, a nadjen je i izvestan procenat dicentričnih hromozoma (slika 3) čija je pojava karakteristična za ozračene ćelije.



Slika 2: Jedan hromatidni prekid



Slika 3: Kariogram mitoze sa dicentričnim hromozomom

U svakom slučaju procenat abnormalnih ćelija registrovanih u našim ispitivanjima predstavlja veliku populaciju ćelija čiji potencijal ostaje za sada još uvek nepoznat.

Mnogobrojne činjenice govore u prilog staroj hipotezi o etiološkoj ulozi hromozmskih aberacija u nastajanju malignih bolesti, iako se pokazalo teškim da se utvrde kvantitativne korelacije izmedju učestalosti hromozomskih aberacija i pojave ovih bolesti.

Jugoslavija se, prema podacima OUN, nalazi gotovo na čelu liste po broju radioloških pregleda po glavi stanovnika, a broj dijagnostičkih i terapeutskih primena radioaktivnih izotopa je iz dana u dan sve veći i njihov udeo u opštem ozračivanju populacije je u porastu.

Prema podacima Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči, u ovom institutu je u toku 1974. godine proizvedeno oko 75 Ci radioaktivnog joda ^{131}J, što je najvećim delom namenjeno medicinskoj primeni. Pod pretpostavkom da je sva količina joda utrošena prema svojoj nameni, to bi ozračivanje po glavi stanovnika iznosilo za celo telo 1,5 mRada, a za štitastu žlezdu oko 5,5 Rada. Doza za štitastu žlezdu značajno prelazi graničnu dozu od 3 Rema, koja je prema ICRP-u dozvoljena za stanovništvo za godinu dana.

Priključujući se opštoj kampanji u svetu za zaštitu čovekove prirodne sredine, trebalo bi u svetlosti rezultata naših ispitivanja voditi računa o tome da se sva ispitivanja kad god je to moguće, izvode in vitro umesto in vivo, da bi se izbegla nepotrebna izlaganja pacijenata jonizujućim zračenjima.

Zaključak

Izvršena je citogenetska analiza grupe pacijenata sa hipertireozom štitaste žlezde koji su u svrhu lečenja dobijali odredjene doze radioaktivnog joda ^{131}J i praćena njihova perzistencija šest meseci i osamnaest meseci kasnije. Aplikovana doza se kretala od 2 - 5 mCi. Broj aberacija pre primene joda je bio u granicama normalne populacije: 2,4 ± 2,3%, dok je tri dana posle iznosio 21,3 ± 9,0%. Šest meseci kasnije srednja vrednost je 15,8 ± 2,1%, dok je 18 meseci kasnije : 15,7 ± 6,9%.

U praćenju perzistencije zapaženih promena nadjen je blagi pad procenta aberacija, mada se i posle 18 meseci još uvek održava na visokom nivou.

Summary

A group of patients with hyperthyreosis, who were treated a certain dose of ^{131}J, were cytogenetically analysed and their persistence was determined six and eighteen month later. The dose applied was from 2 - 5 mCi. The number of aberrationes before the application of iodine was 2,4 ± 2,3%, while three days later it was 21,3 ± 9,0%. Six month later the average was 15,8 ± 2,1%, while eighteen months later it was 15,7 ± 6,9%.

There is a small decrease in the percentage of the observed aberrations, when observing the persistence, but even after 18 months it still remains at a high level.

Literatura

1. United Nations, Ionizing Radiation: Levels and Effects, U.N., New York, 1972.

2. Silver, S., Nucleonics, 23, 106, 1965.

3. Edwards, J.H. and Young, R.B., Lancet, 2, 48, 1961.

4. Frøland, A., Lancet, 2, 1281, 1962.

5. Buckton, K.E. and Evans, H.J., Methods for the analysis of human chromosome aberrations, WHO, Geneva 1973.

6. Cantoliño, S.J., Schickel, R.D., Ball, M. and Cisar, C.F., New Engl. J. Med., 275, 739, 1966.

7. Newcombe, H.B., in Human Genetics, Excerpta medica, Amsterdam, 1972.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva
za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

Dr Mirko Gačević

Institut za primenu nuklearne energije u
poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu
- Zavod za animalnu radiobiologiju -
11080 Zemun, Pošt.pregradak 46

UPOREDNA ISPITIVANJA HROMOZOMSKIH ABERACIJA IZAZVANIH GAMA ZRACIMA KOD SVINJA I ČOVJEKA

Kratak sadržaj

Vršena su uporedna ispitivanja efekata gama-zraka na hromozome svinje i čovjeka (hromozomske aberacije tipa dicentričnih i prstenastih hromozoma u diploidnim ćelijama) poslije ozračivanja in vitro i in vivo. Poslije ozračivanja pune krvi svinje i čovjeka dozom od 350 i 400 rad-a in vitro ustanovljen je znatno veći efekat na hromozomima čovjeka nego kod svinje. Kod ozračivanja svinja in vivo dozom od 60 i 165 rad-a praćena je brzina eliminacije hromozomskih aberacija u postradijacionom periodu od 120 dana, i ustanovljeno je da kod veće doze zračenja brža eliminacija hromozomskih aberacija. Upoređujući naše rezultate sa literaturnim podacima koji se odnose na akcidentno ozračivanje čovjeka pod sličnim uslovima i približno istim početnim nivoom hromozomskih aberacija može se zaključiti da je eliminacija hromozomskih aberacija kod svinja znatno brža nego kod čovjeka.

UVOD

U ranijim našim ispitivanjima (4 i 5) koristeći prednosti koje daje kultura periferne krvi, ustanovili smo da izmedju primljene doze i odredjenog tipa hromozomskih aberacija postoji pozitivan korelacioni odnos kod ozračivanja limfocita svinje in vitro. U literaturi postoji veliki broj podataka o efektu jonizujućih zračenja na hromozome različitih životinja i čovjeka in vitro. U svim slučajevima ustanovljen je pozitivan korelacioni odnos izmedju primljene doze zračenja i hromozomskih aberacija, koji je medjutim različit za različite vrste životinja. Postavlja se, medjutim, pitanje interpolacije rezultata dobijenih na eksperimentalnim životinjama na čovjeka i obratno. Hromozomske aberacije kao što su dicentrični hromozomi i prstenasti pokazali su se kao najpogodniji parametar u tzv. biološkoj dozimetriji zračenja.

Pošto na odnos doza-efekat utiče niz faktora kako subjektivne, tako i objektivne prirode, imali smo namjeru da ispitamo uporedno efekat gama-zračenja na hromozome čovjeka i svinje in vitro pod identičnim uslovima ozračivanja i kulture ćelija, kako bi ustanovili sličnosti i razlike.

O efektu jonizujućeg zračenja na hromozome životinja in vivo ima znatno manje podataka u literaturi, dok su ovakvi eksperimenti na ljudima, iz opravdanih razloga isključeni, a opisani su samo pojedini slučajevi akcidentalnog ozračivanja (1,3). Prilikom ozračivanja limfocita svinja in vivo vodili smo računa o tome da podesimo veličinu doze tako da bi se dobio približno jednak nivo hromozomskih aberacija kao kod akcidentalnog ozračivanja ljudi. Uporedjujući ove podatke sa našim mogli smo da bar približno steknemo sliku o prirodi i brzini eliminacije hromozomskih aberacija u postradijacionom periodu kod čovjeka i svinje i uočimo sličnosti i razlike.

MATERIJAL I METODE

Biološki materijal i tehnika ozračivanja. Za ispitivanje efekata zračenja in vitro uzimata je krv pod sterilnim uslovima u specijalne epruvete za kulturu ćelija u količini od 15-20 ml. uz dodatak heparina (slobodnog od fenola). Kao davalac krvi bio je muškarac starosti oko 45 godina, dok smo krv uzimali od svinja oba pola, rase veliki jorkšir, stare 5-6 mjeseci, i tjelesne težine 50-70 kg. Neposredno poslije uzimanja krv je kompletno ozračivana na sobnoj temperaturi dozom od 350 i 400 rad-a gama-zraka ^{60}Co, a brzina doze je iznosila oko 90 R/min.

Za ispitivanje efekata zračenja in vivo formirali smo dvije grupe od po dvije životinje. Svinje su ozračivane na istom kobaltnom uzorku kao i krv, jednokratno, bilateralno i totalno. Prva grupa životinja ozračena je sa 60 rad-a, a druga sa 165 rad-a (doza mjerena u medijalnoj ravni životinje), što odgovara expozicionim dozama, u prvom slučaju, 104 R, odnosno 275 R u drugom slučaju. Neposredno poslije zračenja (15 min.) životinjama je uzimana krv, a zatim posle 4,24.h i kasnije u različitim vremenskim intervalima sve do 120 dana.

Kultura limfocita. Poslije spontane sedimentacije krvi uzimano je po 0,25 ml plazme sa leukocitima uz dodatak još po jedne kapi sedimentisanih eritrocita i dodavano u 10 ml hranljive podloge RPMI 1640, kojoj je bilo predhodno dodato 12% fetalni serum teleta, PHA i antibiotici. Kulture ćelija smo inkubirali u vodenom kupatilu na 36,5°C. Vrijeme inkubacije svinjskih leukocita iznosilo je 37h, a humanih 50h. Dva sata prije zaustavljanja kulture ćelijama je dodavan kolhicin u količini od 40 ug/ml. hranljive podloge. Poslije toga ćelije su tretirane na uobičajeni način sa hipotoničnim rastvorom (0,7% KCl), fiksirane sa rastvorom metil-alkohol glacijalna sirćetna kisjelina (odnos 3:1) i bojene po Gimzi. Analiza hromozoma je vršena na svjetlosnom mikroskopu pod imerzijom, a od aberacija uzimate su u obzir samo dicentrični i prstenasti hromozomi u diploidnim ćelijama u procentima.

REZULTATI I DISKUSIJA

Da bi otklonili subjektivne faktore u procjeni hromozomskih oštećenja krv čovjeka i svinje ozračena je in vitro pod istim uslovima, a hranljiva podloga i uslovi kulture ćelija bili su identični. Razlika je postojala jedino u dužini inkubacije ćelija (krv svinja 37 a čovjeka 50h), zbog toga što se normalno limfociti svinje počinju da dijele in vitro prije nego limfociti čovjeka, a vrijeme od 37, odnosno 50h, kao optimalno kada se najveći broj ćelija nalazi u prvoj deobi poslije zračenja. Ova činjenica je veoma važna kada se zna da se broj dicentričnih (D) i prstenastih hromozoma (P) smanjuje prilikom deobe ćelija. Rezultati ovih ispitivanja prikazani su na tab. 1. iz koje se vidi da kod obe doze broj hromozomskih aberacija je veći u

Tab. 1. Hromozomske aberacije izazvane gama-zracima in vitro u limfocitima periferne krvi čovjeka i svinje

Doza rad	Vrsta	Broj ćelija	%D	%P	%D + P	Index[1]
350	čovjek	150	70,0	4,7	74,7 ± 7,1	1,00
	svinja	200	66,0	1,0	67,0 ± 5,9	0,89
400	čovjek	150	108,0	7,3	115,3 ± 8,8	1,00
	svinja	150	72,0	1,3	73,3 ± 7,0	0,63
Broj hromoz.	čovjek	2n = 46				1,00
	svinja	2n = 38				0,82
Broj hromoz. krakova	čovjek	81				1,00
	svinja	64				0,79

1 - parametri kod svinje prikazani su kao index 1,00 a parametri svinje u odnosu na ovu vrednost.

limfocitima čovjeka nego u limfocitima svinje. Tako na primjer kod doze od 350 rad-a broj aberacija (D+P) iznosi 74,7% kod čovjeka a kod svinje ista doza izazvala je 67,0% aberacija, što je manje za 19%. Kod

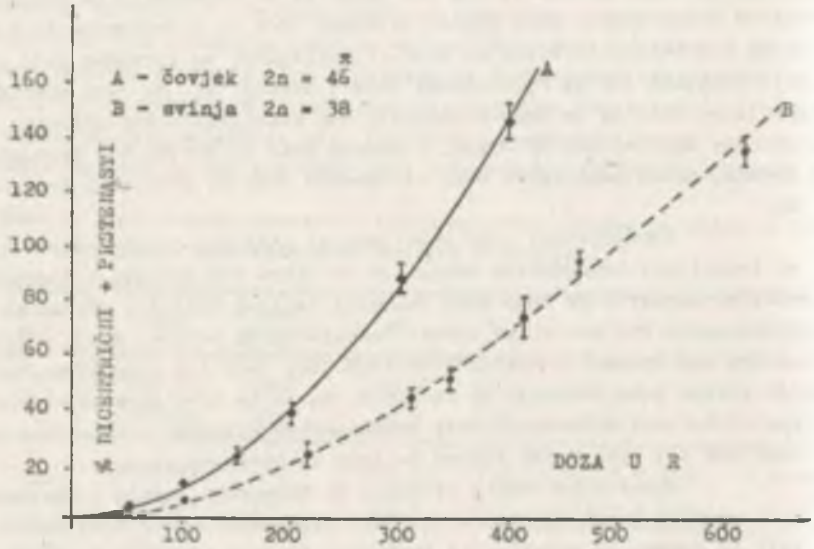
doze od 400 rada broj aberacija kod krvi čovjeka iznosi 115,3% (odnosno 1,11 aberacija/ćeliji), a ista doza kod krvi svinja izazvala je 73,3% oberacija, što je u odnosu na humane hromozome manje za 37%.Ako broj hromozomskih aberacija u humanim limfocitima predstavimo indeksom 1, onda kod doze od 350 rad-a efekat u svinjskim limfocitima iznosi 0,89, a kod doze od 400 rad-a 0,63. Interesantno je napomenuti da je relativni odnos u broju dicentričnih hromozoma manji (indeks manji od 2), dok je broj prstenastih hromozoma, kod obje doze, veći u humanim limfocitima za oko pet puta. Da bi odgovorili na pitanje da li je i kod drugih doza efekat zračenja veći na hromozomima čovjeka nego kod svinja in vitro na graf. 1. prikazani su uporedno naši ranijі rezultati (5) sa rezultatima drugih autora (2). Na ovom grafikonu se jasno vidi da je kod ozračivanja pod približno istim uslovima (brzina doze od oko 90 R/min. u opsegu doze od 50-500 R u svim slučajevima efekat gama zraka veći na humanim nego na svinjskim hromozomima.

Uporedjujući naše rezultate sa podacima drugih autora koji su ispitivali hromozomske aberacije in vitro kod čovjeka i životinja može se zapaziti da ista doza zračenja izaziva različit efekad na hromozomima što zavisi od vrste. Poznato je na primjer da je količina DNK kod čovjeka i svinje približno isti (oko 6,8 piko grama/ćeliju) (8) efekat gama zračenja je različit. Da li na broj aberacija presudno utiče broj hromozoma, broj hromozomskih krakova, nukleotidni sastav DNK ili neki drugi faktor za sada je otvoreno pitanje.

Poredjenje efekta zračenja na hromozome svinje i čovjeka in vivo otežano je samom činjenicom da u literaturi skoro nema podataka koji se odnose na ozračivanje limfocita čovjeka in vivo. Kao dragocjen podatak poslužila su nam dva slučaja (jedan u Francuskoj i jedan u Sjedinjenim američkim državama) akcidentalnog jednokratnog i totalnog ozračivanja ljudi gama-zracima ^{60}Co. Rezultati naših ispitivanja na svinjama poslije opšteg ozračivanja prikazani su na graf. 2 i 3. Kod čovjeka ozračenog sa dozom od oko 100 rada-broj aberacija (D+P) neposredno poslije zračenja iznosio je oko 6% i zadržao se na tom nivou sve do 90 dana (1), dok kod svinja ozračenih sa dozom od 60 rad-a (104R) iako je broj aberacija u početku bio približan 6%, on se već 8. dana smanjio na polovinu. Kod drugog slučaja akcidentalnog ozračivanja čovjek je primio prosječno oko 127R, broj aberacija neposredno poslije zračenja iznosio je oko 24% i zadržao se na tom nivou sve do

37. dana, kasnije nastaje smanjenje broja aberacija ali sve do 150. dana ostaje na visokom nivou (oko 50% od početne vrijednosti). Medjutim kod svinje doza od 165 rad-a broj aberacija je isti kao kod

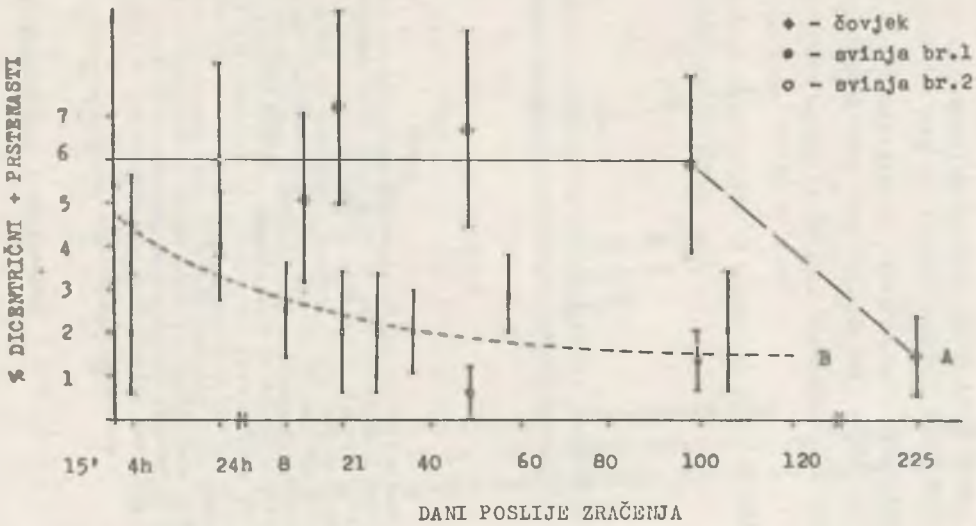
Graf. 1. Uticaj gama-zraka ^{60}Co na hromozome čovjeka i svinje in vitro (brzina doze $\simeq$ 90 R/min)



* A - literaturni podatak 2 ; B - literaturni podatak 5

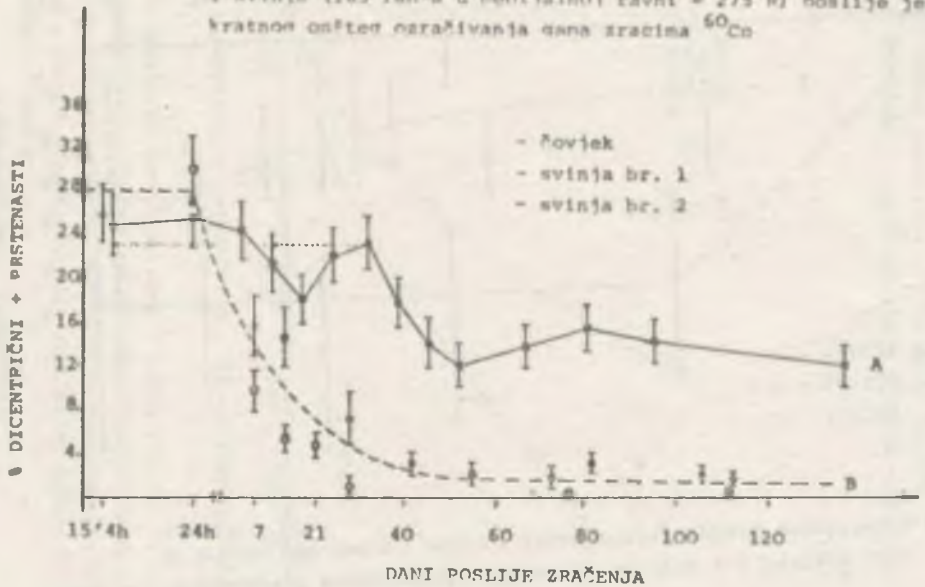
čovjeka ali ostaje na tom nivou samo u prvih 24h, da bi kasnije broj aberacija opadao naglo (kriva ima eksponencijalan karakter). Objašnjenje za ove razlike u brzini eliminacije hromozomskih aberacija kod čovjeka i svinje vjerovatno leže različitoj dužini života limfocita svinje i čovjeka.

Graf.2. Eliminacija hromozomskih aberacija in vivo kod čovjeka (100 rad-a) i svinje (60 rad-a) poslije jednokratnog opšteg ozračivanja gama-zracima ^{60}Co



* literaturni podatak 1

Graf. 3. Eliminacija hromozomskih aberacija in vivo kod čovjeka* (127 R) i svinja (165 rad-a u medijalnoj ravni = 275 R) poslije jednokratnog opšteg ozračivanja gama zracima ^{60}Co



* literaturni podatak 3

ZAKLJUČAK

Na osnovu uporednih ispitivanja efekta gama-zraka na hromozomima čovjeka i svinje mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Ista doza gama-zraka in vitro izaziva veći efekat na hromozomima limfocita periferne krvi čovjeka nego svinje.

2. Efekat gama-zraka je veći na hromozomima čovjeka nego kod svinje i poslije ozračivanja in vivo.

3. Eliminacija hromozomskih aberacija (D+P) in vivo je brža kod svinje nego kod čovjeka.

COMPARATIVE EXAMINATION OF CHROMOSOME ABERRATIONS PRODUCED BY GAMMA IRRADIATION OF MAN AND SWINE

M. Gačević

The effects of gamma-irradiation on the chromosomes of peripheral lymphocytes were examined in man and swine. The presence of dicentric and ring chromosomes in diploid cells was taken as the measure of the extent of radiation domage. Whole blood from man and swine was iradiated with 350 and 400 rads in vitro. The effect on human lymphocyte chromosomes was much greater than on chromosomes from pig lymphocytes. Swine were irradiated in vivo with 60 and 165 rads. The rate of elimination of chromosome aberrations during a post-radiation period of 120 days was greater with the larger dose of gamma-irradiation. Comparison of these results with data refering to men accidentally irradiated under similar conditions and with a similar initial level of chromosome aberrations indicated that the rate of elimination of aberration was much faster in swine than in man.

LITERATURA

1. BIOLA, M. T., LE GO, R. 8 ème Cogres national sur le contrôle des rayonnements ionisants, Shatenay-Malabry, 5-8 Juin, 1973. pp. 43-52.

2. BREWEN, J. G. et al. Mutation Research, 17, 245, 1973.

3. BREWEN, J. G., PRESTON, R. J., LITTLEFIELD, L. G. Rad. Res. 49, 647, 1972.

4. GAČEVIĆ, M. VII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari 22-26 oktobra 1973. god.

5. GAČEVIĆ, M. Proučavanje hromozomskih aberacija na limfocitima svinja poslije ozračivanja in vitro i in vivo gama-zracima ^{60}Co. Doktorska disertacija, Beograd, 1974.

6. SASAKI, M. S. Rapport du comité scientifique de Nations unis pour l'études des effets des radiations ionisantes. 24. Session Supplément No. 13 (A/7613) pp. 123, 1970.

7. SAVAGE, R. K., PAPWORTH, D. G. Mutation Research 19, 139, 1973.

8. WHITE, M. J. D. Les chromosomes. Edic. Dunod, Paris 1964.

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

20-23.maj 1975.,Herceg Novi

DEJSTVO PRAŠINE RUDE URANA RADONA I PRODUKATA RASPADA NA PLUĆA PACOVA

Višnjić V., Panov D., Novak Lj.

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

Rezime:

Izvršeno je ispitivanje uticaja prašine rude urana, radona i produkata raspada na pluća pacova. Rezultati ispitivanja su pokazali da 50 mg prašine rude urana, unete intratrahealno u pluća, posle 6 mesečne ekspozicije izazvala je pneumokoniotične promene koje odgovaraju pneumokoniozi nekolagenske prirode. Identične promene nadjene su i u plućima pacova zaprašenim pod istim uslovima eksponovanih 468 časova inhalaciji radona u koncentraciji od 10^{-7}Ci/l.

Uvod

Razvoj nuklearne energije učinio je da se svakim danom posvećuje sve veća pažnja proizvodnji urana i njegovom štetnom uticaju na zdravlje ljudi koji se bave proizvodnjom ovog tehničkog i strategijskog materijala. Dominantan je naročito uticaj radona i produkata njegovog raspada.

Brojni autori izučavali su uticaj urana, radona i produkata raspada kako na eksperimentalnim životinjama isto tako i na humanim opservacijama.

Teleky /1937/, Peller /1939/,Lorenz /1944/, opisuju karcinogene efekte radona i produkata raspada kod radnika zaposlenih u rudnicima urana. Oni pokazuju da je više od 30% umrlih radnika imalo karcinom pluća a do sličnih rezultata su došli i Saccomano, Archer i saradnici, /1964,1965/ i Wagoner i saradnici /1965/ godine. Kušneva /1960,1964/, Karajović i saradnici /1964,Chameaud /1964/ Panov, Višnjić /1973/ ukazuju na različita oštećenja respiratornog sistema i drugih organa radnika u rudnicima urana.

Toksikološkim efektima urana i njegovih jedinjenja posvećena je isto tako velika pažnja. Uran spada u red teških metala

sa visokom toksičnošću. Svi autori se slažu da se uran javlja kao izraziti nefrotoskin. /Wilson i saradnici 1948, Houland (1951), Maynard i saradnici 1953, Zakutinski, Andreeva 1959, Andreeva /1960/.

Naša ispitivanja su imala za cilj da utvrdimo u kojoj meri uranova prašina udružena sa radonom i produktima njegovog raspada utiče na pluća pacova.

Materijal i metodi rada

98 albino pacova, soja "Wistar", muškog pola, starosti 2,5 do 3 meseca, podeljeno je u tri grupe:

1. grupa eksponovana prašini rude urana ..... 32 pacova
2. grupa eksponovana istoj prašini i radona sa potomcima 32 pacova i
3. grupa, bez tretmana, kao kontrola ..... 34 pacova

Uslovi ekspozicije.

Uzorak uranove rude sa 3.400 gr.urana/tona samleven je u čeličnom kugličnom mlinu. Od ove prašine separacijom u vodi izdvojena je frakcija čestica dijametra manjeg od 3 mikrona. Metodom intratrahealne insuflacije pacovima 1. i 2. grupe uneto je po 50 mg prašine, a posle nedelju dana druga grupa podvrgnuta je inhalaciji radona sa potomcima njegovog raspada. Ekspozicija radonu vršena je po 6 sati dnevno, 3 dana nedeljno, u toku 6 meseci /468 sati/.

Prosečna koncentracija radona iznosila je 10^{-7}Ci/lit. Osnovni elementi mikroklimata komore regulisani su i održavani u tolerantnim granicama.

Posle 6-mesečne ekspozicije životinje su žrtvovane dekapitacijom. Anatomopatološkim pregledom obuhvaćeni su svi parenhimatozni organi, a za histopatološko ispitivanje uzeto je jedno plućno krilo, dok je drugo krilo služilo za merenje sadržaja hidroksiprolina. Za histopatologiju uzeti su i medijastinalni limfni čvorići. Materijal za ovo ispitivanje fiksiran je u neutralnom formalinu i standardnom tehnikom kalupljen u parafinu. Mikrotomski isečci bojeni hematoksilin-eozinom, vezivno tkivo po Mallery-Heidenhainn-u, diferenciranje veziva impregnacijom srebrom po Gomori-u.

Za procenu toksičnosti uranove rude, radona i produkata raspada uzimani su u obzir rezultati kliničkih opažanja, kretanja telesnih težina, morbiditet, mortalitet, obdukcioni nalaz, težina pluća, rezultati histopatološkog pregleda i sadržaj hidroksiprolina u plućima.

Rezultati i diskusija

Morbiditet i mortalitet.

U toku eksperimentalnog perioda obolelo je ukupno 6 životinja, i to po 2 iz svake grupe. Neke od ovih su uginule, a druge su prinudno žrtvovane i isključene iz eksperimenta, jer je broj slučajeva, vreme pojavljivanja, klinička slika i obdukcioni nalaz istovetan u kontrolnoj i eksponovanim grupama. Ovi slučajevi zapaženi su u letnjim mesecima juli-avgust, kada je zapaženo i opadanje telesnih težina kod svih pacova, što navodi na sumnju o uticaju nepovoljnih faktora u uslovima držanja ili ishrane,a ne o uticaju ekspozicije ispitivanim noksama.

Telesne težine

Telesne težine merene su jedanput mesečno u toku eksperimentalnog perioda april-oktobar. U prvim mesecima zapaža se fiziološki priraštaj, u julu i avgustu opadanje telesnih težina, a u poslednja dva meseca septembar-oktobar zabeležen je ravnomeran priraštaj telesnih težina u svim grupama. Prema tome, može da se zaključi da zaprašivanje pluća uranovom rudom i inhalacija radona ne utiču na ovaj parametar.

Težina pluća

U tabeli 1. date su telesne težine pacova, težine pluća i odnos ovih težina, po grupama. Iz ovog odnosa zapaža se, iako statistički nije značajno, da je zaprašivanje izazvalo povećanje težine pluća /0,59 %/ prema kontroli /0,47 %/. U istom smislu deluje i inhalacija radon sa njegovim potomcima (0,64 %) u odnosu na zaprašena pluća (0,59 %).

Tab.1. Telesne težine i težine pluča pacova eksponovanih uranu, uranu-radonu i kontrolne grupe

Grupa	Broj	Ukupna telesna težina/gr	Ukupna težina pluća/gr	Težina pluća: tel.težini/%
Uran	30	8.940	52,33	0,59
Uran-radon	30	9,030	57,55	0,64
Kontrola	32	9.110	42,62	0,47

Rezultati histopatološkog pregleda

1. U grupi pacova eksponovana prašini uranove rude u bronhijalnim strukturama konstatovano je postojanje kataralnog bronhitisa, parcijalne rasprostranjenosti, intramularne i peribronhijalno nadjena je proliferacija limforetikularnog tkiva, a mestimično i promene induraltivnog tipa. U plućnom parenhimu ispitivana prašina izazvala je stvaranje pneumokoniotičnih lezija koje imaju karakter ćelijsko-prašnih granuloma, a samo delimično fibrokoniotičnih čvorića. Medijastinalni limfni čvorići umereno su povećani usled umnožavanja ćeličnog parenhima - limfocita, proliferisanja epiteloidnih ćelija, nakupljanja koniocita, proširenja limfnih sinusa i krvnih sudova. Ističe se pojava ostrvaca i gredica epiteloidnih ćelija, karakterističnih za ranu fazu eksperimentalne plućne silikoze. U odnosu na ovu pneumokoniozu značajna je razlika u tome što ove formacije kod silikoze podležu vrlo rano sklerozovanju, a u našem slučaju vezivno-tkivna vlakna zapažaju se u neznatnoj meri.

Uporedjivanjem ovih nalaza sa stanjem u kontrolnoj grupi zapaža se postojanje istih promena u bronhijama, ali su kod kontrole te promene izražene u slabijem stepenu. Navdeene promene u plućnom parenhimu i medijastinalnim limfnim čvorićima zaprašivanih pacova, nisu nadjene u kontrolnoj grupi.

Prema većini karaktera pneumokoniotičnog procesa ispitivana prašina može da se svrsta u nefibrogenske prašine, sa slabom

citotoksičnom moći, bez obzira na njen hemijski sastav i radioaktivne komponente.

2. U grupi pacova koji su posle zaprašivanja eksponovani radonu, mikroskopskim pregledom bronhijalnih struktura, plućnog parenhima i medijastinalnih limfnih čvorića nadjene su iste lezije kao u prethodnoj grupi. Uporedjivanjem intenziteta promena u limfnim čvorićima pacova ove grupe sa takvim promenama u prethodnoj grupi, stiče se utisak da je inhalacija radona uticala na pojavu većeg broja histiocitnih elemenata u ćelijskim ostrvcima kao i to da su ostrva mnogobrojnija. Na osnovu toga, u daljoj evoluciji procesa, može se očekivati ranije fibroziranje ovih koniotičnih lezija.

Sadržaj hidroksiprolina u plućima.

Sadržaj hidroksiprolina u plućima eksponovanih grupa iznosile su 13,1 i 13,4 µg/mg a u kontrolnoj grupi 14,0 µg/mg suvih pluća. Ove vrednosti ukazuju da ne postoje statističke značajne razlike u sadržaju hidroksiprolina eksponovanih grupa pacova kontrolne grupe.

Ovi rezultati potvrdjuju histopatološke nalaze i zaključak da ispitivana prašina izaziva pneumokoniotične lezije nefibrogenske prirode, kao i to da radon nije bitno uticao na ove procese.

Zaključci:

1. 5o mg prašine urana, intratrahealno unete u pluća pacova, žrtvovanih nakon 6 meseci, izazvala je pneumokoniotične lezije koje odgovaraju pneumokoniozi nekolagenske prirode.

2. Identične promene nadjene su i u plućima pacova, zaprašenih pod istim uslovima a u toku 6 meseci (468 sati) eksponovanih radonu u koncentraciji od 10^{-7} Ci/litr,

3. Lako povećanje težine zaprašenih pluća i inicijalni znaci brže evolucije koniotičnih lezija u limfnim čvorićima pod uticajem radona ukazuje na njegovo nepovoljno delovanje.

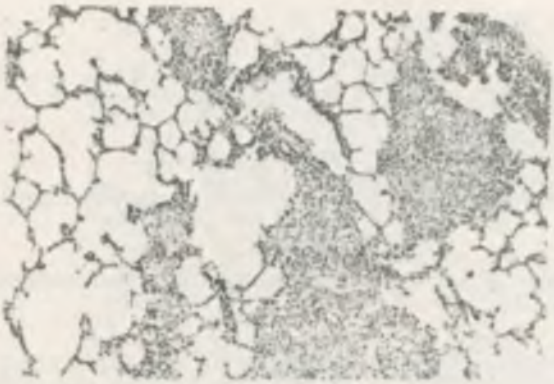
Bibliografija

1. Andreeva S.O.
Gigiena truda pri rabote s uranom i ego soedinaniami
Moskva /1960/
2. Chameaud J.
Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials, Vol. II, p. 367,Vienna /1964/
3. Houland D.V.
Dejstviji uranovih soedinenij na čeloveka
V. kn. Farmakologija i toksikologija uranovih soedinenij, II, M.T.2 str.224-243 /1951/
4. Karajović et all.
Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclaar Materials, II, 385, IAEA, Vienna /1964/
5. Kushneva S.V.
Hig. truda i prof. zabol. No 1, 22-28 /1960/
6. Kushneva S.V.
Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials, I, 317, IAEA, Vienna /1964/
7. Lorenz F.
J.Nat. Cancer. Inst., 5:1 /1944/
8. Maynard E., Downs W., Hodge H.
Farmacology and Toxicology of uranium compounds
N.N.E. series, Division VI, Vol.1,p.1286, New York /1953/
9. Panov D., Višnjić V.
Final Report, Contract Number 646/RB, IAEA,Vienna /1973/
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd /1973/
10. Peller S.
Biologie, 11,120,/1939/
11. Saccomanno G., Archer E.V., Sanndera P.R. et all.
Health physics, Vol. 10,p.1195/1964/
12. Sacomanno G., Sanndera P.R. Archer E.V. and all.
Acta cytol.Vol. 9, p.413 /1965/
13. Teleky L.
J.Ind.Hyg.Toxicol. 19:73/1937/
14. Wagoner K.J., Archer E.J. and all.
New Engl. J.Med. 273,181-188/1965/
15. Wilson H.B., Sylvester G.E. Laskin S., and. all.
J.Ind. and Toxicol. 30,319 /1948/
16. Zakutinski D.I., Andreeva O.S.
Med.Rad.t.4,str.81/1959/

INFLUENCE OF URANIUM ORE DUST,RADON AND ITS DECAY PRODUCTS UPON THE RATS LUNGS

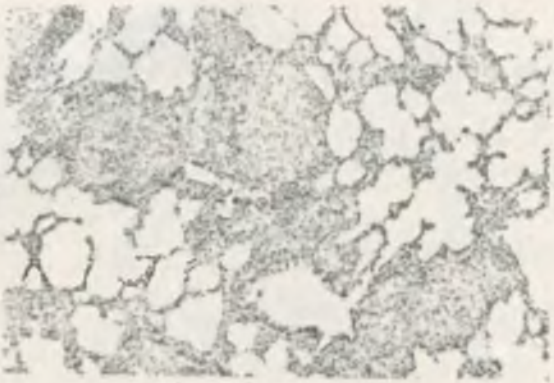
Summary

In influence of uranium ore dust, radon and its decay products upon the rats lungs have been investigated histopathologicaly. 50 mg of uranium ore dust introduced intratrachealy into the lungs, after six months exposure provokes pneumoconiotic changes which correspond to pneumoconiosis of uncolagenous nature. Identical changes have been found also in the rats lungs treated in the same way as previous group but who were exposed 468 hours to radon inhalation in concentration of 10^{-7} Ci/l

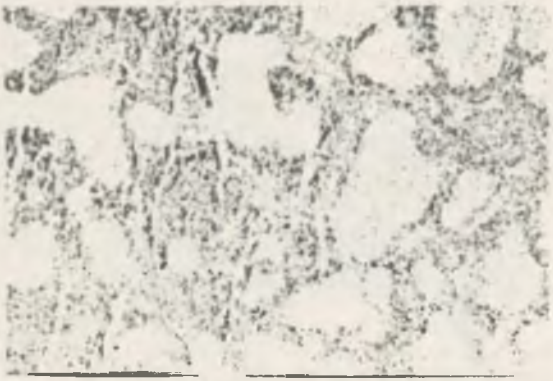


Sl.1. Pneumokoniotični čvorići u plućima zaprašenim sa 50 mg. prašine uranove rude (H.E.)

Sl.2. Pneumokoniotični čvorići pretežno imaju karakter ćelijsko-prašnih granuloma (H.E.)



Sl.3. Pneumokoniotični čvorići u zaprašenim plućima pacova eksponovanih inhalaciji radona (H.E.)



Sl.4. Ostrvca epiteloidnih ćelija (svetlija polja) u limfnom čvoriću medijastinuma zaprašenih pacova i eksponovanih inhalaciji radona

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

KELLO D. i KOSTIAL K.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU,
Zagreb, Moše Pijade 158

STUDIJ FAKTORA KOJI UTJEČU NA VISOKU APSORPCIJU OLOVA U ŠTAKORA NA MLIJEČNOJ DIJETI

Šest tjedana stari štakori hranjeni kravljim mlijekom apsorbirali su značajno više oralno datog olova-203 od kontrolnih životinja ($P<0,001$), neovisno o dužini pretretmana mlijekom. Štakori koji su gladovali imali su samo neznatno više vrijednosti retencije u odnosu na kontrolnu grupu životinja ($P<0,01$), dok dijeta sa glukoznom vodenom otopinom nije dala statistički značajnu razliku u apsorpciji iz probavnog trakta.

Sve većim korištenjem nuklearne energije raste i koncentracija različitih radionuklida u čovjekovoj životnoj sredini. Znatan dio medju njima čine radionuklidi metala.

Ranijim smo radovima ustanovili da mlijeko, kao važna živežna namirnica, značajno povisuje apsorpciju nekih metala iz probavnog trakta, kao na pr. olova i kadmija (1, 2). Zbog opće važnosti ovog problema daljim smo istraživanjima pokušali rasvijetliti na modelu radioaktivnog olova ^{203}Pb, mehanizam specifičnog djelovanja mlijeka na povišenje apsorpcije metala iz probavnog trakta.

Pokus smo izveli na šest grupa šest tjedana starim ženkama bijelog štakora, koje su dobivale kroz različito vrijeme razne hrane i koje su oralno sondom primile radioizotopnu otopinu olova-203. Kontrolna grupa štakora je dobivala za cijelo vrijeme pokusa normalnu štakorsku hranu. Drugoj grupi životinja ustegnuli smo hranu 24 sata prije i 24 sata nakon primjene radioizotopne otopine. Treća grupa životinja je hranjena samo sa kravljim mlijekom tri dana prije i četiri dana nakon aplikacije, a četvrta grupa jedan dan prije i četiri dana nakon primjene radioizotopa. Preostale dvije grupe životinja dobile su umjesto hrane i vode samo vodenu otopinu gluko-

ze kojoj su dodane soli u ekvivalentnom sastavu normalnih konstituenata mlijeka. Dok je peta grupa dobila spomenutu otopinu 3 dana prije i 4 dana nakon oralne primjene radioizotopa, šesta grupa je dobila 1 dan prije i 4 dana nakon aplikacije. Četvrtog dana nakon oralne primjene radioizotopne otopine izmjerena je radioaktivnost cijelog tijela svake životinje, čime smo utvrdili koliki se dio oralne doze olova apsorbirao iz probavnog trakta i zadržao u organizmu.

Rezultati koje smo dobili nedvojbeno ukazuju da mliječna dijeta uzrokuje značajno povišenje apsorpcije olova iz probavnog trakta neovisno o dužini pretretmana ($P < 0,001$). Štakori na gladovanju koji su imali praktički prazan probavni trakt apsorbirali su neznatno više olova ($P < 0,01$) u komparaciji sa kontrolnom grupom. Razlika u apsorpciji olova između kontrolne grupe i grupa životinja koje su dobivale samo glukoznu vodenu otopinu nije statistički značajna. Na temelju dobivenih rezultata, kao i ranije objavljenih radova zaključujemo da uzrok takvog efekta mlijeka vjerojatno leži u tvorbi lako apsorbilnih spojeva olova sa nekim od produkata nastalim kroz normalnu probavu mlijeka do čega dolazi u odsutnosti druge hrane iz probavnog trakta.

Dobiveni rezultati upozoravaju da bi trebalo posvetiti posebnu pažnju koncentracijama radionuklida-metala u mlijeku, a naročito u hranama za dojenčad.

Six-week old rats fed cow's milk absorbed a considerably larger amount of orally applied lead-203 than control animals ($P < 0,001$) regardless of the duration of pretreatment the with milk diet. Fasting rats showed only slightly higher retention values if compared to the controls ($P < 0,01$), while those fed a glucose aqueous solution did not show a statistically significant increase in absorption.

1. KELLO D. i KOSTIAL K., Environm.Res., 6, 355 (1973).

2. KELLO D. i KOSTIAL K., IV Jugoslavenski kongres medicine rada, Sarajevo 8-13. juni 1975.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975

Nevenka GRUDEN i Mirka BUBEN

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, JAZU, Zagreb

AKTIVNI TRANSPORT ^{45}Ca KROZ DUODENUM ŠTAKORA TRETIRANIH OLOVOM

Ženke bijelog štakora primale su želučanom sondom svakodnevno - tokom 7 dana - različite doze olova (2 ug do 20 mg) u obliku olovnog acetata. Osmog dana životinje su žrtvovane, a na prepariranom duodenalnom segmentu ispitivan je aktivni transport kalcija (^{45}Ca) in vitro metodom "izvrnute crijevne vreće". Rezultati pokazuju da nema značajne razlike u aktivnom transportu kalcija u olovom tretiranih i kontrolnih životinja.

Životinje pretretirane 7 dana odredjenim dozama olova imale su snižen ukupni transport stroncija i kalcija kroz stijenku duodenuma (1,2). Na temelju tih rezultata smatrali smo korisnim ispitati mjenja li olovo aktivnu komponentu transporta kalcija kroz crijevnu stijenku. Time bi se približili objašnjenju mehanizma kojim olovo smanjuje ukupni transport kalcija i stroncija.

Pet tjedana stare ženke bijelog štakora podjeljene u grupe od po 10-12 životinja primale su svakodnevno kroz 7 dana različite doze olovnog acetata (0.002, 0.02, 0.2 i 20.0 mg Pb/dan/životinji). Kontrolna je grupa umjesto olova primala destiliranu vodu. Osmoga dana sve su životinje žrtvovane, a 3.5 cm dugačak segment duodenuma je izvrnut i obradjen prema Wilson i Wisemanovoj metodi (3). Uzorci crijeva su nakon toga inkubirani 45 minuta u modificiranoj Krebs-Ringerovoj otopini kojoj smo dodali radioaktivni kalcij (^{45}Ca - 10 uCi/100 ml otopine). Potpuno jednaka otopina nalazila se i unutar izvrnutog i podvezanog duodenal-

nog segmenta. Nakon inkubacije odredili smo aktivnost samog crijeva kao i otopina sa vanjske i nutarnje strane crijevne stjenke. Rezultate smo izrazili kao S/M omjere, tj. omjer aktivnosti vanjske i nutarnje otopine na kraju inkubacije, i (u crijevnoj stjenci) kao procent od sume početne aktivnosti obih otopina.

Iz rezultata proizlazi da 7-dnevna primjena olova u dozama koje smo mi koristili ne mjenja kod štakora aktivni transport kalcija k r o z crijevnu stijenku, ni njegovu retenciju u samoj stjenci. To govori u prilog zaključku iz ranijeg rada (2) da se olovo veže negdje unutar crijevne stijenke i time smanjuje mogućnost kretanja kalcija kroz tu biološku membranu.

Female albino rats were receiving by intubation different lead-doses (2 ug to 20 mg) as lead acetate, daily during a week. The animals were sacrificed on the 8th day. The active transport of calcium-45 was then studied by the method of "everted intestinal sac" using the duodenal segments.

No significant difference was observed in the active calcium transport between the lead treated and the control animals.

1. GRUDEN,N., STANTIĆ,M., BUBEN,M., Radovi VII Jugoslavenskog simpozijuma zaštite od zračenja, Kaštel Stari 1973, 508.
2. GRUDEN,N., STANTIĆ,M., BUBEN,M., Environmental Research, 8, 203 (1974).
3. WILSON,T.H., WISEMAN,G., J.Physiol., London, 123, 116 (1954).

VIII Simpozij Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. svibanj 1975.

Slobodan JUGO

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU,
Zagreb, Moše Pijade 158

METABOLIZAM RADIONUKLIDA OLOVA I ŽIVE U RASTUĆIH ORGANIZAMA

Dob organizma pokazala se kao vrlo važan čimbenik u metabolizmu teških metala. Zbog toga sam izveo niz pokusa u kojima sam ispitao neke metaboličke parametre olova-203 i žive-203 na životinjama različite dobi. Utvrdio sam slijedeće: apsorpcija žive-203 znatno je viša u mladih životinja. Eliminacija oba radionuklida niža je u mladih organizama jednako kao i efikasnost nekih kelatogenih spojeva. Distribucija žive-203 po organima značajno se razlikuje u životinja različite dobi. Kako iz literature poznati podaci o apsorpciji i distribuciji olova u odnosu na dob pokazuju isti trend kao i rezultati dobiveni s živom-203 može se zaključiti da je metabolizam teških metala značajno ovisan o dobi organizma kao i da se vjerojatno radi o razlikama koje su zajedničke za sve teške metale.

Radionuklidi teških metala doprinose općoj radioaktivnosti biosfere i sudjeluju u opterećenju čovjekova organizma opasnim zračenjem. Izloženost sveukupne populacije radionuklidima (jednako kao i sve većim količinama stabilnih nuklida) aktualizirala je pitanje utvrdjivanja ekspozicije pojedinih dijelova populacije - posebno najmladjih članova. Kostial i sur. su (1) utvrdili da je apsorpcija olova-203 iz probavnog trakta znatno viša u 5-7 dnevnih životinja što može rezultirati u znatno višoj akumulaciji tog radionuklida u najmladjim organizmima. Takodjer se pokazalo da mladi organizam retenira veći postotak parenteralno primijenjene doze olova-203 kao i da je distribucija olova-203 po organima znatno različita u 15-dnevnih štakora u odnosu prema odraslim životinjama (2, 3). Ispitujući efikasnost kelatogene terapije u odnosu na dob došao sam do zaključka kako je stabilnost i inertnost veza olova-203 s ligandima organizma viša u mladih životinja što rezultira u nižem nivou slobodnog olova. Takodjer sam pretpostavio da je možda upravo taj činilac od odlučujuće važnosti u tvor-

bi razlika u ponašanju olova u organizama različite dobi kao i da se radi o nespecifičnom fenomenu zajedničkom za sve teške metale (4).

U prvoj seriji pokusa štakorima starim 2 i 18 tjedana injicirao sam u repnu venu 10-50 uCi/kg olova-203 odnosno žive-203. Otopinama sam dodao različite količine stabilnog olova (acetata) odnosno žive (biklorida). Neposredno nakon injiciranja radionuklida intraperitonealno sam primijenio kelatogene spojeve ($Na_2CaEDTA$, BAL i D-penicilamin) u terapijskim dozama (0,2 mmol/kg). Retenciju radionuklida u tijelu životinja pratio sam u različitim vremenskim intervalima. Pokus ispitivanja retencije žive-203 izvršio sam pored 2 i 18 tjednih životinja i na 3,4 i 5-tjednim jer se pokazalo da u tom periodu života nastupaju promjene koje utječu na stupanj eliminacije žive-203.

Istraživanja na području apsorpcije proveo sam na 5-7 dana i 18 tjedana starim štakorima. Mladi su štakori primili otopinu žive-203 metodom ukapavanja dok su odrasle životinje sondirane. Starije životinje podijelio sam u dvije skupine od kojih je jedna bila na mliječnoj dijeti tri dana prije pokusa i tijekom eksperimentiranja dok su ostale životinje hranjene standardnom peletiranom hranom. Apsorpciju sam odredjivao prema retenciji žive-203 nakon završetka fekalne ekskrecije neapsorbirane frakcije doze, tj. utjecaj dobi na distribuciju žive ispitivao sam nakon jednokratne parenteralne primjene žive-203 u 2 i 18 tjednih štakora. Odredjivanje radioaktivnosti izvršio sam u dvokristalnom detektoru (Tobor, Nuclear Chicago) i u automatskom "well-type" brojaču (Nuclear Chicago).

Rezultati ovih pokusa pokazali su da je retencija olova-203 i žive-203 izrazito viša u 2-tjednih životinja nego u odraslih štakora što ukazuje na smanjenu eliminaciju oba radionuklida u rastućih organizama. Eliminacija žive-203 postala je u 5-tjednih životinja jednaka onoj u odraslih dok to s olovom-203 nije slučaj. Efikasnost kelatogene terapije tako-

djer je bila niža u 2-tjednih životinja ali je razlika izraženija kod olova-203 no kod žive-203. Fenomen izjednačavanja 5-tjednih životinja s odraslima u spontanoj, eliminaciji žive-203 pojavio se i u efikasnosti kelatogenih spojeva.

Apsorpcija žive-203 mnogostruko je viša u mladih životinja no u odraslih. Mliječna dijeta povisuje apsorpciju žive-203 ali u nedovoljnom opsegu da bi mogla objasniti visoku apsorpciju u mladih štakora. Kako se rezultati s olovom u sličnim ispitivanjima (2,5) dobro podudaraju s mojim podacima može se zaključiti da se kao i u slučaju spontane i provocirane eliminacije oba radionuklida radi o fenomenu zajedničkom za sve teške metale.

Distribucija žive-203 u odnosu na dob životinja pokazala je da mlade životinje akumuliraju mnogostruko više tog teškog metala u jetri i mozgu dok je nagomilavanje u bubregu manje od odraslih. Rezultati opet dobro koreliraju s podacima o olovu (3).

Na temelju rezultata ovog rada može se zaključiti slijedeće:

1. Metabolizam olova-203 i žive-203 u rastućih organizama značajno je različit od ponašanja tih teških metala u odraslim životinjama. Osnovni metabolički parametri pokazuju dosta sličnosti u ponašanju oba radionuklida u rastućih organizama što sugerira nespecifičnost reakcije mladih životinja na prisustvo teških metala.

2. Visoka apsorpcija radionuklida teških metala, niža spontana i provocirana eliminacija uz specifično nagomilavanje u pojedinim osjetljivim tkivima kao što su prvenstveno - mozak, nedvojbeno nameće zaključak kako su mladi članovi populacije izloženi posebnom oštećenju kako radionuklidima tako i stabilnim nuklidima teških metala što može rezultirati u nepopravljivim oštećenjima izazvanim zračenjem odnosno toksičnim efektom stabilnih nuklida.

3. Neophodno je nastaviti istraživanja i s ostalim nuklidima teških metala kao i produbiti postojeća znanja kako bi se moglo utvrditi maksimalno dozvoljene koncentracije nuklida teških metala u životnoj sredini najmladjih članova populacije.

The impact of age on metabolism of some heavy metals has proved to be of considerable importance. The author therefore tried to gather some more facts about the differences in metabolic behaviour of radionuclides: Lead-203 and mercury-203. The findings of this work are as follows: The absorption of $^{203}HgCl_2$ x was manifoldly increased in one week old rats compared to 18-week old female animals. In adult animals milk diet wes also proved to increase the absorption of inorganic mercury but to a lower extent. Spontaneous and chelating agent (EDTA, BAL and D-penicillamine) induced excretion of both radionuclides was lower in 2-week old rats than in adults. Six days after a single intravenous injection of $^{203}HgCl_2$ the young animals had a strikingly higher percentage of the dose in the brain, liver and blood and lower accumulation in kidneys than adults.

1. Kostial K., Šimonović I., Pišonić M.: Nature, 233 (1971) 564.

2. Kostial K., Kello D., Harrison G.H.: Int.Arch.Arbeitsmed. 31 (1973) 159.

3. Momčilović B., Kostial K.: Environ.Res. 8 (1974)214.

4. Jugo S.: Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1973.

5. Kello D., Kostial K.: Environ.Res. 6 (1973) 355.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja.

Herceg Novi 20 - 23. maj 1975.

Borislav Draganović, Mirko Gačević, Slobodanka Stanković

Veterinarski fakultet Univerziteta u Beogradu i Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu u Zemunu

IZUCAVANJE ALIMENTARNE RADIOKONTAMINACIJE NEOZRAČENIH I AKUTNO OZRACENIH FAZANA LD 50/30 RADIOCEZIJUMOM - 137

Izučavanje alimentarne radiokontaminacije neozračenih i akutno ozračenih fazana vršeno je na odraslim životinjama oba pola. Ozračivanje je vršeno jednokratno i totalno dozom od 800 R, a nakon 8 dana od ozračivanja fazani su peroralno kontaminirani radiocezijumom - 137 u količini 100 mikrokiri na kilogram telesne težine. Životinje su žrtvovane u intervalima 3 h, 2., 7. i 14. dana nakon kontaminacije i radiometrijski obrađeni uzorci tkiva, organa i ekskreti kontaminiranih i ozračenih fazana. Rezultati ovih ispitivanja pokazuju da se u toku 14.dnevnog perioda posmatranja retenira kod kontaminiranih fazana 49,08 - 62,94% a kod ozračenih i kontaminiranih 29,81 - 36,77% radiocezijuma - 137. Meso ovih životinja sadrži krajem posmatranog perioda kod kontaminiranih 2,62 - 3,22% a kod ozračenih i kontaminiranih 1,10 - 2,41% radiocezijuma od administrirane doze.

Uvod

Mogućnost akutnog totalnog ozračivanja i alimentarne (peroralne) radiokontaminacije predstavlja najčešći vid radiointoksikacija životinja u vanrednim prilikama. Izučavajući kombinovane efekte zračenja i radiokontaminacije ptica, posebno nas je interesovala lovna divljač (fazan) zbog uporedjenja sa domaćim pticama, kako zbog činjenice da su divlje vrste očuvale veću radiorezistenciju, tako i zbog načina života koji ih prirodno čini pogodnim za ovakva ispitivanja. S druge strane, lakše forme radijacionog sindroma u kojima dominira gastrointestinalni poremećaj, pokazuju uticaj na resorpciju i eliminaciju radioizotopa kod peroralnog tipa kontaminacije. Zbog toga je naš rad prirodan nastavak razmatranja pozitivnih i negativnih efekata simultanog ozračivanja i radiokontaminacije ptica čijim se mesom hrani čovek ili će ga koristiti za ishranu u vanrednim uslovima.

Materijal i metod rada

Ogledi su vršeni na fazanima (Phasanus colchicus) oba pola, starosti 1 godinu prosečne telesne težine 850 (ženke) i 1.100 (mužjaci) grama. Životinje su posle adaptacionog perioda od 7 dana ozračene akutno i totalno X zracima (250 KV, 15 A, F0-60 cm, Al-1 mm) u integralnoj dozi od 800 R pri brzini doze 50 R/min u rotacionom dispozitivu (9 obrtaja u minutu). Osam dana nakon ozračivanja životinje su peroralno kontaminirane $^{137}CsCl$ u dozi od 100 uCi/kg telesne težine a zatim žrtvovane u intervalima 3h, 2., 7. i 14.dana posle kontaminacije. Radiometrijski su obradjeni uzorci: krvi, muskulature (bele i crne), unutrašnjih parenhimatoznih organa (srca, pluća, jetre, slezine i bubrega), svih segmenata želudačno-crevnog trakta (jednjaka, žlezdanog i mišićnog želudca, tankog, slepog i debelog creva) i feces. Rezultati su dati u relativnim jedinicama radioaktivnosti i u procentu unete doze radiocezijuma 137.

Razmatranje rezultata

Rezultati relativnih radiometrijskih merenja uzoraka crne, bele muskulature i krvi životinja ogledne (zračene i kontaminirane) i kontrolne grupe (samo kontaminirane) pokazuju dinamiku ugradjivanja radiocezijuma po gramu mase i celokupnom tkivu u toku četrnaestodnevnog posmatranja. To prikazuje tabela broj 1. Iz tih podataka može se ustanoviti period relativno ravnotežne koncentracije radiocezijuma u krvi u toku prva dva dana nakon kontaminacije, koja u periodu od 2. do 14. dana pokazuje trnd opadanja i to intenzivniji kod ozračenih jedinki. Konsekventno tome u crnu - radnu - muskulaturu se intenzivnije vrši ugradjivanje radioizotopa nego u belu muskulaturu,a u periodu od 2. do 14. dana opadanje koncentracije radiocezijuma je intenzivnije kod ozračenih i kontaminiranih životinja. Koncentracija radiocezijuma u fecesu posmatranih životinja i ritam njegove promene u posmatranom periodu ukazuju na uvećano izlučivanje ovog radionuklida kod ozračenih životinja.

Ako se rezultati ugradjivanja, distribucije i eliminacije radiocezijuma posmatraju kao procenat kontaminanta na gram-masu, može se dobiti uvid u intenzitet resorpcije, retencije i izlučivanja ^{137}Cs kod životinja obeju grupa. Takav obračun podataka dat je u tabeli broj 2. Iz nje se može videti da je najintenzivnija resorpcija radiocezijuma u tankim crevima, zatim u slepim i debelim crevima. Od unutrašnjih parenhimatoznih organa najveći procenat ugradjenog izotopa pokazuju jetra i bubrezi. Muskulatura pokazuje da je procenat ugradjenog radiocezijuma visok tj najveći u celom kontaminiranom organizmu, što potvrdjuje činjenicu da su mišići životinja predilekciono mesto za deponovanje značajnih količina radiocezijuma iz digestivnog trakta. Iz ovih rezultata ugradjivanja procenta radiocezijuma po gramu masi organa od ukupno unete količine radioizotopa u životinju može se takodje uočiti prednost ozračenih i kontaminiranih životinja - one ugradjuju manje količine ^{137}Cs a već ugradjenog eliminišu brže od neozračenih kontaminiranih organizama(fazana).

Graf. br. 2

Rezultati merenja ^{137}Cs u imp/min/g i imp/min/organ kod fazana

		3 h		2 dan		7 dan		14 dan	
		ZRAČENE	NEZRAČENE	ZRAČENE	NEZRAČENE	ZRAČENE	NEZRAČENE	ZRAČENE	NEZRAČENE
Beli miśić	Ž	3043 ±812	4376 ±1758	9766 ±2917	16254 ±7721	5610 ±522	7307 ±2734	2935 ±556	6371 ±841
	M	3803 ±879	4039 ±831	9022 ±844	20854 ±1974	5498 ±355	11686 ±1098	4700 ±199	6257 ±1672
Crni miśić	Ž	5144 ±1136	32480 ±4965	12000 ±1270	17084 ±4420	8685 ±836	10046 ±2859	3575 ±31	7733 ±418
	M	4005 ±922	4799 ±1679	10832 ±1216	28909 ±4940	7070 ±198	16162 ±491	4778 ±16	8518 ±1412
Krv	Ž	3425 ±830	4665 ±424	4393 ±2111	4767 ±2533	540 ±100	795 ±279	356 ±86	535 ±109
	M	2238 ±620	5659 ±2424	3091 ±592	4884 ±273	537 ±27	799 ±347	372 ±45	387 ±69
Beli miśić	Ž	684.675	984.600	2,197.350	3,657.150	1.262.250	1,644.075	660.375	1.433.475
	M	1,003.992	1,066.795	2,381.808	5,505.456	1,451.472	3,085.104	1,240.800	1,651.848
Crni miśić	Ž	900.200	5,684.000	2,100.000	2,989.700	1,519.875	1,758.050	625.625	1,353.275
	M	780.975	5,935.805	2,112.240	5,637.255	1,378.650	3,151.590	931.710	1,661.010
Zocea	Ž	309.666	2,322.774	257.566	174.899	177.663	112.140	12.360	4.992
	M	666.325	1,270.262	172.928	450.330	148.876	90.700	14.839	8.400

Tab. br. 2

Procenat sadržaja ^{137}Cs/ uzorku od ukupno aplicirane doze

Vreme ispitivanja		% od date aktivnosti/uz							
		[illegible]		2 dan		7 dan		14 dan	
Organi	Pol	X	✱	X	✱	X	✱	X	✱
Jednjak	Ž	0,29	0,34	0,07	0,08	0,01	0,01	-	0,004
	M	0,26	0,20	0,10	0,11	0,01	0,04	-	0,007
Žlezdani	Ž	0,56	0,37	0,09	0,09	0,02	0,02	-	0,001
želudac	M	0,52	0,89	0,11	0,17	0,02	0,15	0,0004	0,02
Mišićni	Ž	0,77	1,28	0,40	0,32	0,04	0,06	0,005	0,03
želudac	M	2,04	1,28	0,63	1,10	0,06	0,21	0,002	0,07
Tanko	Ž	4,23	3,19	0,30	0,32	0,05	0,06	0,002	0,02
crevo	M	4,39	4,25	0,81	1,00	0,10	0,36	0,003	0,06
Slepo	Ž	0,22	0,36	0,08	0,19	0,02	0,02	0,0003	0,008
crevo	M	0,30	0,38	0,20	0,30	0,02	0,12	-	0,02
Debelo	Ž	0,12	0,13	0,04	0,06	0,008	0,008	0,006	0,007
crevo	M	0,23	0,20	0,13	0,12	0,008	0,05	-	0,01
Srce	Ž	0,43	0,35	0,06	0,06	0,01	0,01	0,0002	0,005
	M	0,50	0,55	0,09	0,17	0,01	0,11	0,004	0,01
Jetra	Ž	0,26	1,78	0,30	0,24	0,05	0,05	-	0,01
	M	2,28	3,79	0,60	0,66	0,06	0,49	0,04	0,08
Pluća	Ž	0,15	0,64	0,03	0,07	0,008	0,01	-	0,002
	M	0,14	0,21	0,07	0,10	0,009	0,04	0,004	0,006
Slezina	Ž	0,05	0,05	0,02	0,02	0,004	0,003	-	0,001
	M	0,07	0,09	0,04	0,06	0,004	0,003	-	0,001
Bubreg	Ž	1,55	1,01	0,16	0,16	0,04	0,04	0,01	0,005
	M	0,91	0,91	0,21	0,26	0,03	0,13	0,007	0,03
Beli	Ž	1,33	1,91	4,26	7,10	2,45	3,19	1,28	2,78
miši	M	2,00	2,07	4,62	10,70	2,81	6,00	2,41	3,20
Crni	Ž	1,75	11,00	4,07	15,80	2,95	3,41	1,21	2,62
miši	M	1,62	11,80	4,10	11,00	2,68	6,12	1,10	3,22
Feces	Ž	1,51	4,50	0,50	0,34	0,34	0,22	0,02	0,01
	M	1,29	2,47	0,33	0,90	0,29	0,18	0,03	0,02

X - zračene i kontaminirane životinje

✱ - kontaminirane (neozračene) životinje

Koeficijent nakupljanja radiocezijuma u organima i tkivima fazana, odnosno celom organizmu izračunat je pomoću težinskih koeficijenata. Oni su dati tabelarno kao prosečne vrednosti u tabeli broj 3.

Tab. br. 3

Vrednosti težinskih koeficijenata tkiva i organa fazana

Prosečna težina (mužjak) grama	Vrsta organa	Prosečna težina (ženka) grama
1.000	Cela životinja	850
153	Koža s perjem	130
25	Glava	20
50	Vrat	25
26	Noge	24
140	Kostur	122
4,4	Srce	2,6
5,9	Pluća	4
2	Dušnik	1
1,5	Slezina	0,8
24,4	Jetra	13,4
5,5	Bubrezi	5,6
0,5	Gonade	0,7
264	Beli mišići	225
195	Crni mišići	175
2,8	Jednjak	2,5
4	Voljka	3,5
4,4	Želudac žlezdani	2,9
26,5	Želudac mišićni	13,7
20,4	Tanka creva	11,4
5,9	Slepa creva	3,7
3,2	Zadnje crevo	1,8

Rezultati retencije radiocezijuma u organima kontaminiranih, ozračenih i kontaminiranih fazana izraženi u procentima administrirane doze dati su tabelarno u tabeli broj 4.

Tab. br. 4

Procenat retencije ^{137}Cs u organe fazana za period 14 dana nakon kontaminacije

Organi	Ženke: ozračene	neozračene	Mužjaci: ozračeni	neozračeni
Jednjak	0,43	0,37	0,37	0,35
Ž.želudac	0,67	0,48	0,65	1,23
M.želudac	1,21	1,63	2,73	2,66
T.crevo	4,58	3,59	5,30	5,67
S.crevo	0,32	0,58	0,52	0,82
D.crevo	0,17	0,20	0,37	0,38
Srce	0,50	0,42	0,60	0,86
Jetra	0,61	2,08	2,98	5,02
Pluća	0,19	0,92	0,22	0,36
Slezina	0,07	0,07	0,11	0,15
Bubreg	1,76	1,30	1,58	1,33
B.mišić	9,32	14,98	11,84	21,97
C.mišić	9,98	22,83	9,50	22,14
	29,81	49,08	36,77	62,94

Zaključci

Radiocezijum-137 kod kontaminiranih (alimentarnim putem), ozračenih sa 800 R i kontaminiranih fazana se inkorporira 56,00 ± 6,1 % i 33,29 ± 3,8% od ukupno unete količine;

Eliminacija radiocezijuma 137 kod alimentarno kontaminiranih, ozračenih i kontaminiranih fazana je intenzivnija kod ozračenih životinja, čime je i retenirana količina manja;

Sadržaj radiocezijuma 137 u mišićima kontaminiranih fazana je 2,92 ± 0,3 %, a ozračenih i kontaminiranih 1,75 ± 0,5% od peroralno unete količine (doze).

STUDY OF ALIMENTARY RADIOCONTAMINATION BY RADIOCESIUM-137 Of UNRADIATED AND ACUTELY IRRADIATED PHEASANTS BY LD 50/30

S u m m a r y

A study of alimentary radiocontamination of non-irradiated and acutely irradiated pheasants was carried out on grown up animals of both sexes. Irradiation was effected by doses of 800 R and after eight days the pheasants were perorally contaminated by radiocesium-137 to the amount of 100 μCi/kg body weight. The animals were slaughtered in tree-hour intervals, on the second, seventh and 14th day after contamination, the samples of tisssues and organs and excreta were radiometrically estimated. The results of these examinations show that in a 14-day observation period the retention in contaminated pheasants was 29,81 - 36,77% of radiocesium-137. The meat of these animals contained towards the end of the period in question regarding contaminated pheasants 2,62 - 3,22% and in irradiated and contaminated 1,10 - 2,41% of radiocesium from the administered dose.

Bibliografija

1. INEP: Izveštaj za 1974.godinu
2. IAEA, PAO: Isotope Studies on the Physiology of Dom.Animals, 1971; Vienna;
3. Kovalj Ju.F.: Uskorenjije vivedenjija iz organizma radioaktivnih izotopov, Atomizdat 1972, Moskva;
4. Anenkov B.N. i dr.: Radiobiologija i radioekologija seljskohozjainstvenih životnih, Atomizdat 1973, Moskva.

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

20-23 maj 1975.g. Herceg Novi

SADRŽAJ POLONIJUMA 210 U BUBREZIMA PUŠAČA I NEPUŠAČA

Novak Lj., Panov D.

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

Rezime:

Ispitivan je sadržaj polonijuma 210 u bubrezima pušača i nepušača. U prvoj grupi pušača nadjene su vrednosti od 24,24±9,26 pCi/kg polonijum 210 a u drugoj grupi 27,7 ± 10 pCi/kg, dok su vrednosti kod nepušača bile 10,01 ± 8,o odnosno 9,o±33 pCi/kg. Rezultati ispitivanja pokazuju da postoji statističi značajno povećanje sadržaja polonijuma 210 u bubrezima pušača /t=3,23 P<0,01 i t= 4,12, P<0,005 /

Uvod

Prva izučavanja uticaja polonijuma 210 na bubrege saopštio je Lacasagne i saradnici /1925/. Oni su konstatovali simptome akutnog nefritisa 12 dana posle i.v. aplikacije polonijuma 210 zečevima u koncentraciji od 154 μCi/kg telesne težine. Kod životinja koje su dobile 27 do 55 μCi polonijuma 210 na kilogram telesne težine, posle žrtvovanja našli su renalnu sklerozu.

Ispitivanja Casarett-a /1948, 1952 i Cowden-a /1952/ godine su pokazala isto tako da posle aplikacije polonijuma 210 nastaju nefrosklerotične promene u bubrezima pacova. Patogeneza ovih oštećenja leži u vaskularnim oštećenjima bubrega. Detaljna istraživanja Casarett-a /1964/ ukazuju na teške nefrosklerotične promene u bubrezima posle aplikacije polonijuma 210 u dozi od 10 μCi/kg. Ove promene ukazuju na ranu i progresivnu redukciju kortikalne krvne cirkulacije. Kasnije bubrezi imaju bledo-smedje-siv izgled zatim površina postaje sitnogranulirana sa malim udubljenjima. Ove promene progrediraju, bubrezi postaju manji, sa redukovanim korteksom, vrlo bledi, granulirani i tvrdi.

Ispitivanja su pokazala da renalne lezije mogu nastati i pri koncentracijama od 5 Ci polonijuma 210 na kilogram telesne težine, a da se promene karakterišu arteriosklerotičnim procesima u vaskularnom sistemu bubrega, s čime je u vezi i pojava hipertenzije. Ove promene su najverovatnije rezultat uticaja alfa zračenja na epitel malih krvnih sudova u bubrezima, pogotovu što endotelne ćelije spadaju u grupu radiosenzitivnih ćelija.

Imajući u vidu da se pušenjem unose znatne koncentracije polonijuma 210 , Panov i saradnici /1970/ i da se polonijum 210 predominantno deponuje u ćelijama RES sistema u prvom redu u bubrezima izvršili smo ispitivanja koncenttacija ovog radionuklida u bubrezima pušača i nepušača.

Metod rada i materijal

U saradnji sa Institutom za sudsku medicinu Medicinskog vakulteta u Beogradu materijal smo uzimali pri obdukciji unesrećenih.

Posle mlevenja materijala, isti je liofiliziran a zatim tretiran po metodi Blacka (1956) a polonijum posle deponovanja na srebrnoj foliji meren na alfa brojaču sa niskom spontanom aktivnošću.

Rezultati i diskusija

Rezultati ispitivanja dati su na tabelama 1-3. Oni pokazuju da se u bubrezima pušača nalaze statistički značajno veće koncentracije polonijuma 210. U prvoj grupi ispitanika 27,7±10,7 a u drugoj grupi 24,24±9,26 kod pušača, a 9,0±3,3 odnosno 10,01-8,o pCi/kg kod nepušača. (t=test 3,23 i $P<0,01$ u prvoj odnosno 4,12 i $P<0,005$ drugoj grupi ispitanika).

Prema svim dosadašnjim eksperimentalnim ispitivanjima naročito ispitivanja Casarett-a /1964/ pokazano je da polonijum 210 kao izraziti alfa emiter ima jako nefrotoksično delovanje posle aplikacije relativno malih aktivnosti polonijuma 210. Dalja ispitivanja bi mogla ukazati u kojoj meri su odredjena oboljenja kod pušača /kao što su maligna oboljenja, hipertenzivna stanja i oštećenja bubrega /vezana delomzza uticaj alfa zračenja na ove sisteme.

Tabela 1

Sadržaj polonijuma 210 u bubrezima pušača i nepušača (1973)

Oznaka uzorka	Polonijum 21o u bubrezima	
	pCi/kg pušači	nepušači pCi/kg
1.	12,o8	1,16
2.	15,24	2,28
3.	17,28	4,56
4.	2o,76	7,68
5.	22,86	15,36
6.	25,84	18,48
7.	28,74	20,54
8.	35,56	-
9.	39,85	-
Srednja vrednost	24,24 ± 9,26	10,01 ± 8,00

Tabela 3

Testiranje statističke značajnosti sadržaja polonijuma 210 u bubrezima pušača i nepušača /1973,1974/

Polonijum		Broj posmatranih (n)	Srednje vrednosti ± SD -		T-Test P <
U bubrezima 1973	Nepušači	7	10,01	± 8,oo	T = 3,23
	Pušači	9	24,24	± 9,26	P < 0,01
U bubrezima 1974	Nepušači	6	9,0 ±	± 3,3	4,12
	Pušači	11	27,7	± 10,7	0,005

Tabela 2

Sadržaj polonijuma 210 u bubrezima pušača i nepušača /1974/

Oznaka uzorka	Polonijum 210 u bubrezima	
	pušači pCi/kg	nepušači pCi/kg
1	31,3	5,8
2.	16,7	4,3
3.	38,3	8,9
4.	18,8	11,3
5.	38,7	1o,9
6.	31,o	12,8
7.	38,1	-
8.	1o,8	-
9.	39,1	-
10.	26,1	-
11.	15,3	-
Srednje vrednosti ± SD	27,7 ± 10,7	9,0 ± 3,3

Bibliografija

1. Black.S.S
   The University of Rochester Atomic Energy Project. UR-4o3 New York /1956/
2. Casarett W.G.
   The University of Rochester Atomic Energy Project UR-42/1948/
3. Casarett W.G.
   The University of Rochester Atomic Energy Project UR-2OL/1952/
4. Casarett J.L.
   Radiation Research supplement, 5, 187 /1964/
5. Cowden N.R.
   Mound laboratory Report MLM-761 /1952/
6. Panov D.
   Doktorska disertacija,Medicinski fakultet Beograd,/197o/ str.99.

THE DETERMINATION OF POLONIUM 210 IN THE SMOKERS AND NON SMOKERS AND NON SMOKERS KIDNEYS

Novak Lj. ,Panov

Institut of occupational and Radiological Health "Dr. Dragomir Karajović" - Beograd

Summary

The concentration of polonium 210 have beene determined in the group of 33 kidney samples taken from autopsy material of smokers and non smokers.

The investigations indicated to the statistically significant higher levels of polonium 210 in the kidneys of smokers.

VIII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

UNUTRAŠNJA KONTAMINACIJA TRICIJUMOM RADNIKA REAKTORA RA U VINČI

Trajković M., Ubović Ž.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča - Beograd
Laboratorija za medicinsku zaštitu

U V O D

Reaktor RA u Vinči spada u grupu heterogenih reaktora sa teškom vodom kao moderatorom i rashladnim medijumom. U uslovima normalnog rada, postojeća hermetizacija reaktorskog suda i sistema teške vode i helijuma isključuje mogućnost dospevanja u radnu sredinu bilo kog od, u ovim sistemima, prisutnih radionukleida a time se isključuje i mogućnost njihovog prodiranja u organizam osoba koje opslužuju ili rade kraj reaktora. Pri dehermetizaciji spomenutih sistema ili reaktorskog suda, kao i pri svim manipulacijama sa teškom vodom iz teškovodnog sistema, prema podacima za reaktor RA (1), tricijum je osnovni gasni kontaminant radne sredine. Poznato je da se ukupna aktivnost tricijuma nastalog u reaktorima ovakvog tipa uvećava se vremenom rada reaktora (2,3). To znači da sa povećanjem ukupnog vremena rada tricijum postaje sve značajniji higijenski problem za osoblje koje radi na pogonu i održavanju ovakvih reaktora. Pošto u ovakav tip reaktora spada i reaktor RA, normalno je postaviti pitanje koliki rizik predstavlja tricijum kao unutrašnji kontaminant za organizam osoba koje rade na njegovom pogonu i održavanju?

MATERIJAL I METOD RADA

U radu je prikazana grupa radnika reaktora RA koja je u toku 1973. i 1974.godine bila direktno angažovana na poslovima izmene nuklearnog goriva i u nekoliko manjih intervencija na sistemu teške vode.

U cilju da se proceni zdravstveni rizik tricijuma kao unutrašnjeg kontaminanta profesionalno eksponiranih osoba vršena je indirektna procena njegovog ukupnog sadržaja pri gore spomenutim operacijama. Procena ukupnog telesnog sadržaja vršena je na osnovu njegovog sadržaja u urinu, što se smatra veoma pogodnim i tačnim postupkom (4,5). Uzorci urina, u vidu jedne njegove emisije, sakupljani su od svih eksponiranih osoba po završetku dnevnog rada.

Metoda za odredjivanje tricijuma u urinu, koja se u našoj laboratoriji rutinski koristi već duži niz godina (6) predvidja destilaciju urina sa toluolom a zatim njegovo merenje u tečnom scintilacionom brojaču. Naknadno izvršene izvesne izmene u sastavu tečnog scintilatora i merenje uzoraka u tečnom scintilacionom brojaču "Beckman" tip LS 100, obezbedjuju da donja granica detekcije tricijuma u urinu iznosi $2.1 \cdot 10^{-5}$ µCi/ml urina sa 95% pouzdanošću. Ta vrednost predstavlja približno 0.001 MDK za tricijum u urinu za profesionalnu ekspoziciju.

Ukupno oslobodjena doza u telu, odnosno u kritičnom organu izračunavana je pomoću izraza koji je dat u preporukama MKRZ 10 (7) koji glasi:

$$D_{(rem)} = Q \cdot 3.2 \cdot 10^{9} \cdot \epsilon \cdot 1.6 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{m}$$

Q = vremenski integral unutrašnje kontaminacije; $Q = \int_0^{50} q_0 e^{-t}$ dt

$3.2 \cdot 10^{9}$ = broj raspada/dan po 1 µCi,

$1.6 \cdot 10^{-6}$ = erg/MeV,

100 = erg/g tkiva/rad,

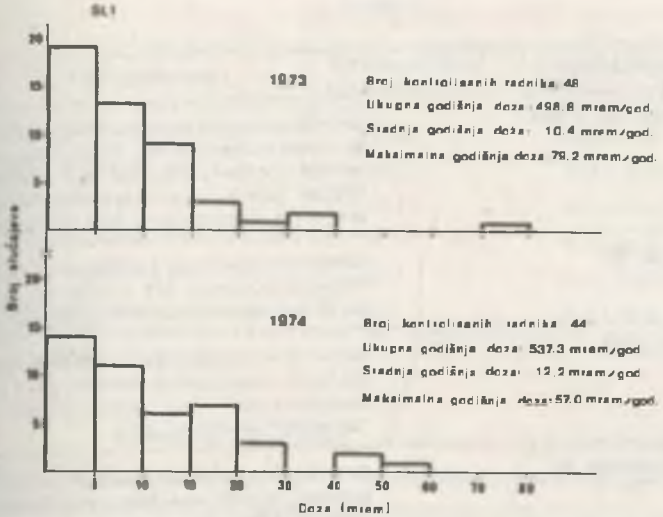
ϵ = efektivno apsorbovana energija po jednom raspadu (podaci dati u tab. 5 preporuka MKRZ 2),

m = masa kritičnog organa u g.

Prema postojećim preporukama MKRZ (7,8) kritični organ za tricijum je celo telo, odnosno sva telesna tkiva koja su po svojoj masi jednaka ukupnoj masi telesne vode. Po spomenutim preporukama ukupna masa telesne vode (m) iznosi $4.3 \cdot 10^{4}$ g za standardnog čoveka (70 kg). Proizilazi da se m u gore datom izrazu mora da koriguje za svaku ispitivanu osobu ukoliko njena ukupna masa odstupa od mase standardnog čoveka.

REZULTATI I DISKUSIJA

Doze koje se apsorbuju u tkivima kao posledica unutrašnje kontaminacije organizma tricijumom prikazane su grafički na sl.1 za sve kontrolisane radnike u toku 1973. i 1974. godine. Uočava se da se najveći broj slučajeva nalazi u grupi do 20 mrem-a/god. U ovom intervalu nalazi se 92% za 1973. godinu a 86.5% za 1974. godinu od ukupnog broja kontrolisanih radnika, pri čemu interval do 10 mrem-a/god. čini 67% (1973. god.), odnosno 57% (1974. god.) slučajeva.



Ukupna godišnja doza koju je primila grupa ispitivanih radnika iznosi 499.8 mrem/1973. god. i 537.3 mrem/1974. god. Srednja godišnja doza po radniku iznosi 10.4 mrem/1973. i 12.2 mrem/1974. god., a maksimalna godišnja doza iznosi 79.2 mrem/1973. i 57.0 mrem/1974. godine. Prema gruboj proceni ove doze predstavljaju 1/50-ti deo srednje godišnje doze koju prima osoblje reaktora RA od spoljašnjih izvora jonskog zračenja.

U cilju da se dobije odgovor o veličini rizika u odnosu na vrstu posla izvršena je odgovarajuća analiza primljenih godišnjih doza. Na tabeli 1 dat je opis glavnih poslova pri izmeni goriva u toku kojih je vršena kontrola na unutrašnju kontaminaciju tricijumom.

TABELA 1.

RADNO MESTO	OPIS POSLOVA
Prostorija 210 i 213	Koordinacija veze sa svim radnim mestima za vreme izmene goriva; Prati preko instrumenata potrebne parametre D_2O u reaktoru. Očitava doze za vreme transporta goriva. Svi poslovi se obavljaju izvan hale reaktora.
Prostorija 307	Rukuje transporterom i velikim kranom i to delom iz prostorije 307 a delom sa platforme (u hali reaktora) na nivou prostorije 307.
Prostorija 100	Raznovrsne operacije sa tehnološkim kanalima ispod vodene zaštite reaktora pre i posle transporta goriva (deo vremena provodi u "skloništu" prostorija 307).
Ispred prostorije 99	Prihvatanje tehnoloških kanala sa nuklearnim gorivom, njihovo nameštanje za prepakivanje; Odvlačenje istrošenog goriva u prostoriju 141 (bazen za stokiranje).
Šef smene	U toku priprema tehnoloških kanala za transport i pri njihovom vraćanju u reaktor, sa platforme reaktora prati i koordinira rad u prostorijama 99, 100 i 307; Po potrebi obilazi sva radna mesta.
Dozimetrista	Najveći deo vremena provodi ispred prostorije 99. Kontroliše i prati izvodjenje operacija pojavu kontaminacije, primljenih doza i sl. Po potrebi obilazi i druga radna mesta u hali reaktora.

Na tabeli 2 date su, za dvogodišnji interval kontrole, srednje godišnje doze za svaku vrstu posla, odnosno grupu radnika angažovanih na tim poslovima. Pored ovih vrednosti prikazane su minimalne i maksimalne vrednosti godišnjih doza za svaku vrstu posla.

TABELA 2.

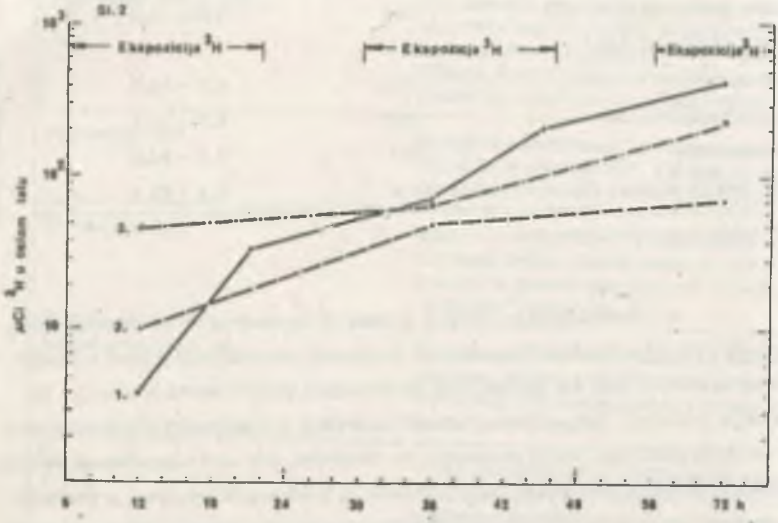
Vrsta posla	Srednja godišnja* doza (mrem)	Minimalna i maksimalna godišnja doza (mrem)
Rad u prostoriji 210 i 213	1.4	0.9 - 4.0
Rad u prostoriji 307	4.1	1.9 - 6.5
Šef smene	7.4	0.7 - 16.9
Rad u prostoriji 100	9.9	2.7 - 19.9
Dozimetrista	10.5	3.6 - 30.9
Rad ispred prostor. 99	20.1	6.4 - 79.2

*Prosek dvogodišnje kontrole

Iz podataka datih na tabeli 2 uočava se da, za dvogodišnji interval rada, najmanji rizik od unutrašnje kontaminacije tricijumom predstavljaju poslovi u prostorijama 210-213 i 307, dok najveći rizik predstavljaju poslovi ispred prostorije 99. Poslovi u prostoriji 100, po svom riziku od unutrašnje kontaminacije tricijumom, veoma su bliski poslovima ispred prostorije 99. Medjutim, kod osoba angažovanih na ovim poslovima dobijena je dvostruko manja vrednost za srednju godišnju dozu, a vrednosti minimalne i maksimalne godišnje doze nekoliko puta su niže. Ovakav nalaz može se objasniti vremenski kraćim trajanjem poslova a time i kraćim boravkom u prostoriji 100. Osim toga, za rad u ovoj prostoriji, po pravilu, se koriste maske sa spoljašnjim dovodom vazduha.

Iz podataka prikazanih na tabeli 2 zapaža se postojanje izrazitih razlika izmedju minimalne i maksimalne vrednosti godišnjih doza za sve prikazane grupe poslova. Prema našim zapažanjima razlog za ovu pojavu, u najvećem broju slučajeva, treba tražiti u dužini ekspozicije radnika tricijumu koji je trenutno prisutan u radnoj sredini. Naime, moguća su znatna variranja u dužini trajanja istih operacija od jedne do druge izmene goriva, i pored toga što se takav posao, do sada, obavljao bezbroj puta tako da se slobodno može reći da postoji dobro razvijena i ustaljena tehnologija i hronologija rada.

Na ovom mestu iznećemo i neka naša zapažanja vezana za dinamiku nastanka unutrašnje kontaminacije organizma tricijumom u toku izmene goriva. Na sl.2 grafički je prikazano povećanje ukupnog telesnog sadržaja tricijuma u funkciji vremen-



ske ekspozicije. Slika prikazuje tri krive od kojih svaka predstavlja po jednu osobu, odnosno kretanje telesnog sadržaja tricijuma u toku trodnevnog rada na izmeni goriva. Sve tri krive pokazuju kontinuiranu tendenciju porasta ukupnog telesnog sadržaja tricijuma. Kriva 1 i 3 predstavljaju osobe koje su iz odredjenih specifičnih razloga učestvovale u izmeni goriva tokom rada prepodnevnih i popodnevnih ekipa. Taj podatak ukazuje da ove osobe imaju, najmanje, dvostruko duže vreme ekspozicije. Medjutim, osoba br.1 bila je stalno angažovana na poslovima ispred prostorije 99 a osoba br.3 samo povremeno. Kriva br.2 predstavlja osobu koja je radila na poslovima ispred prostorije 99 ali samo za vreme rada ekipe u čijem se sastavu nalazila. Na kraju trodnevnog rada na izmeni goriva ukupni telesni sadržaj tricijuma u ovih osoba iznosio je 142.2 μCi (1), 73.9 μCi (2) i 123.8 μCi (3). To ukazuje da su razlike u konačnom telesnom sadržaju

tricijuma primarno vezane za dužinu radne ekspozicije. Kontinuirani porast telesnog sadržaja tricijuma tokom izmene goriva ukazuje na njegovo stalno prisustvo u radnoj sredini.

ZAKLJUČAK

Na osnovu podataka o kretanju ukupnog telesnog sadržaja tricijuma u toku dvogodišnje kontrole radnika angažovanih na izmeni goriva na reaktoru RA, može se zaključiti:

1. Pri planiranim dehermetizacijama reaktorskog suda, u koje spada i izmena nuklearnog goriva, dolazi do unutrašnje kontaminacije tricijumom profesionalno eksponiranih osoba.

2. Tricijum kao unutrašnji kontaminant oslobadja u tkivima srednju godišnju dozu od 10.4 mrem/1973. god. i 12.2 mrem/1974. god., dok je maksimalna individualna godišnja doza 79.2 mrem/1973. god. i 57.0 mrem/1974. god. Oslobodjena doza u telu ne predstavlja značajniji doprinos ukupnoj godišnjoj dozi. Procenjuje se da predstavlja približno njen 1/50-ti deo.

3. Najveći broj izmerenih doza nalazi se u intervalu do 20 mrem/god. i to 92% za 1973. godinu a 86.5% za 1974. godinu.

4. Rizik od unutrašnje kontaminacije tricijumom nije isti za sve standardne poslove pri izmeni goriva. Najveći rizik predstavljaju poslovi ispred prostorije 99, a najmanji poslovi u prostorijama 210-213 i 307.

Na kraju napominjemo da se izneti zaključci isključivo odnose za planirane i kontrolisane operacije na dehermetizovanom reaktorskom sudu i sistemu za tešku vodu i helijum. U protivnom, realno je očekivati mnogostruko povećanje pa i prekoračenje MDD zbog nastale unutrašnje kontaminacije tricijumom u osoba profesionalno angažovanih na spomenutim poslovima.

SUMMARY

This work concerns the evaluation of internal contamination of the body with tritium at workers of Reactor RA - Vinča, who were working on exchanges of nuclear fuels and on some mterventions on system of heavy water.

On the basis of the obtained data, in the course of years 1973 and 1974, the total body content of tritium gives the mean radiation doses: 10.4 mrem/1973 and 12.2 mrem/1974. The maximal individual dose/year was 79.2 mrem/1973 and 57.0 mrem/1974. In the observed group of workers, the greatest number of received radiation doses do not exceed 20 mrem/year, i.e. 92.0%/1973 and 86.5%/1974.

LITERATURA

1. Ninković M., Dozimetrija i zaštita; Interni izveštaj IBK za 1974. godinu, Milošević D, Pogon i održavanje reaktora RA.
2. Bramati L., Production of Tritium in Nuclear Reactors, Seminaire sur la protection contre les dangeres du tritium, Le Vesinet, 16-18 avril 1964, SCPRT, Le Vecinet, 1964, st.28.
3. Holmquist C.E., Hazards of Tritium Oxides Induced in Haevy Water Reactors, Seminaire sur la protection contre les dangeres du tritium, Le Vesinet, 16-18 avril 1964, SCPRI, Le Vesinet, 1964, st. 34.
4. Butler F.E., Assessment of Tritium in Prodiction Workers, knj. Assessment of Radioactivity in Man, Vol II, IAEA, Vienna, 1964, st.431.
5. Vennart J., Radiotoxicology of Tritium and ^{14}C Compounds, Health Phys. 16, 429 (1969).
6. Ubović Ž. i Paligorić D., Odredjivanje tricijuma u humanom urinu tečnom scintilacionom metodom, III Jug. simpozijum o radiološkoj zaštiti, 23-26 oktobar 1967. Banja Luka, st. 83.
7. Evaluation of Radiation Doses to Body Tissues from Internal Contamination due to Occupational Exposure. ICRP Publication 10, Pergamon Press, 1968.
8. Permissible Dose for Internal Radiation. ICRP Publication 2, Pergamon Press, 1959.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20-23.maj 1975.

Nadežda Ajdačić
Institut za nuklearne nauke
"Boris Kidrič" - Vinča

ODREDJIVANJE SADRŽAJA ELEMENATA U TRAGOVIMA U INTERNACIONALNIM STANDARDIMA STENA I TLA METODOM NEUTRONSKE AKTIVACIONE ANALIZE

U radu su izloženi rezultati kvalitativne i kvantitativne analize tragova elemenata u jedanaest uzoraka standarda stena, dobijeni metodom neutronske aktivacione analize.
Uzorci mase od 0,01 g ozračivani su na Reaktoru RA u Vinči, fluksom termalnih neutrona od 10^{13} n/cm^2/s u trajanju od 3 časa, odnosno 3 dana. Posle 2, 4, 30, 180 i 330 dana po završenom ozračivanju, relativnom metodom merena je gama aktivnost uzoraka primenom Ge(Li) poluprovodničkog spektrometra.
Kvalitativnom analizom obuhvaćeno je 28 hemijskih elemenata, dok je kvantitativno, sa preciznošću od 4 do 8%, u svim uzorcima odredjeno devet hemijskih elemenata: As, Ce, Co, Cr, Fe, Hf, La, Sc i Sm.

Budući da je u litosferi, u poredjenju sa hidrosferom i atmosferom, skoncentrisan najveći broj hemijskih elemenata, to je u ekogeohemijskim istraživanjima od posebnog značaja poznavanje sastava tla. U ovim istraživanjima, potrebno je takodje, da se sa naročitom pažnjom prati migracija i distribucija hemijskih elemenata u biosferi. Kako su, pri tom, od interesa promene koncentracija elemenata prisutnih u osnovnom materijalu u količinama reda veličine ppm ili ppb, to se teži izboru analitičke metode koja ima maksimalnu osetljivost, preciznost i tačnost.

Neutronska aktivaciona analiza (1) je metoda koja u dobroj meri zadovoljava sve ove zahteve, a ima prednost nad ostalim analitičkim metodama zbog mogućnosti izvodjenja analize nedestruktivnim postupkom. U primeni ove metode za rutinsku analizu materijala, najprihvatljiviji je postupak relativnog merenja aktivacijom nastale radioaktivnosti uzorka i standarda. Kada su oba pripremljena, ozračivana i merena pod istim uslovima, sadržaj elemenata u uzorku kvan-

titativno može da se odredi na osnovu:

$$m_{uz} = m_{st} \frac{R_{uz}}{R_{st}}$$

gde je: m_{uz} - masa uzorka izražena u gramima
m_{st} - masa standarda izražena u gramima
R_{uz}, R_{st} - odgovarajuće izmerene aktivnosti uzorka i standarda izražene imp/s.

Umesto standarda pripremljenih za svaki hemijski element posebno, mogu da se koriste medjunarodni standardi materijala koji su,po svom hemijskom sastavu, srodni sa materijalom ispitivanih uzoraka.

Tako je cilj ovoga rada bio da se u našim uslovima (nuklearni reaktor snage 10 MW; Ge(Li) spektrometar* sa 4096-kanalnim analizatorom) ispita mogućnost korišćenja metode neutronske aktivacione analize za odredjivanje elemenata prisutnih u tragovima u geološkim uzorcima - medjunarodnim standardima stena. Da bi se stekao uvid u prednosti korišćenja ove metode u odnosu na druge analitičke postupke, u radu je procenjena osetljivost metode, za uslove pod kojima su naša ispitivanja izvedena i odredjene su tačnost i preciznost merenja.

Na osnovu karakteristika stabilnih i iz njih, neutronskom aktivacijom dobijenih radioaktivnih izotopa (2), rasmotrena je mogućnost primene metode instrumentalne neutronske aktivacione analize (INAA) za odredjivanje svih hemijskih elemenata periodnog sistema, u opštem slučaju i za uslove nama dostupne (3). Zatim je analizom tako dobijenih podataka, a imajući u vidu osobine "matriksa" geoloških uzoraka, zaključeno da bi preko 25 hemijskih elemenata u uzorku moglo neposredno da bude odredjeno nedestruktivnim postupkom INAA (3).

Analizirano je sledećih jedanaest internacionalnih standarda stena:

1. Standard ZGI - GM (Granit - Meizen)
2. Standard ZGI - BM (Basalt - Mellenbach)

* U radu je korišćen Ge(Li) detektor od 15 cm^3 sa energetskim razlaganjem za liniju ^{60}Co (E_{gama} = 1332 KeV) R = 2,9 KeV.

3. Standard ZGI - TB (Tonschiefer - Böhlscheiben)
4. Standard ZGI - KH (Kalkstein - Happenstendt)
5. Standard No 3545 (Granit - Granitovo, Bugarska)
6. Standard No 3546 (Sijenit - Rumunija)
7. Standard Q_1
8. Standard Q_2
9. Standard USGS-G-1
10. Standard USGS-W-1
11. Standard No 532 (Harcburgit - Raduša)

Kao standardi, u ovom radu, za kvalitativnu i kvantitativnu analizu navedenih uzoraka standarda stena, korišćeni su oksidi većeg broja hemijskih elemenata spektrografske čistoće. Analizirani uzorci i ovi standardi elemenata (prethodno sušeni 2 časa na temperaturi od 110°C, izmereni sa preciznošću od 2 x 10^{-5} g i zatopljeni u kvarcne ampule), pod istim uslovima su aktivirani ozračivanjem u reaktoru.

Na osnovu izmerenih gama spektara aktivacijom nastalih radioizotopa u uzorcima i standardima, kvalitativnom analizom (4) obuhvaćeno je 29 hemijskih elemenata.

TAB. br.1

Rezultati kvalitativne analize uzoraka internacionalnih standarda stena

Hemijski element identifik. u uzorku	Uzorak standarda stena										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
As	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
Br									+		+
Ce	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Co	+	+	+	+			+	+?		+	+
Cr		+	+	+	+	·	+		+	+	+
Cs+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Eu+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Fe	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ga								+			
Hf	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Semljski element identifik. u uzorku	Uzorak standarda stena										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
La	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Lu		+	+	+	+	+	+	+	+		
Mo								+	+		+
Na	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nb			+								
Nd									+		
Ru				+		+		+	+		
Sb*	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Sc	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sm	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Sn			+	+			+	+	+	+	+
Ta*	+	+	+		+	+	+	+	+		
Tb*		+	+	+		+		+	+	+	
U*			+	+		+		+	+		+?
W*								+?	+?		+?
Yb			+					+	+	+	
Zn								+	+		
Zr			+	+		+			+	+	
K	+		+	+	+	+	+	+	+	+	

U standardu ZGI-KH, kvalitativnom analizom je ustanovljeno prisustvo Br, Sb i Tb, koji u prethodnim radovima nisu bili opaženi.

Kvantitativno odredjivanje elemenata u analiziranim uzorcima, izvedeno je na osnovu poznate mase standarda i odnosa intenziteta linija totalne apsorpcije gama zračenja, izračunatih TPA metodom (5) iz spektara odgovarajućih radioizotopa u uzorku i standardu. (TAB. br.2).

Iz rezultata kvantitativne analize sledi zaključak da, u uslovima pod kojima je ovaj rad uradjen, uglavnom svi ispitivani elementi mogu da budu odredjeni metodom INAA sa dobrom tačnošću (4-8% na nivou koncentracije elemenata 10^{-4} do 10^{-8} g/10 mg uzorka)

* Simbolom "+" označeni su elementi identifikovani po isteku 180 i 330 dana po završenom ozračivanju preko radioizotopa dugog vremena poluraspada.

TAB. br.2

Rezultati kvantitativne analize uzoraka internacionalnih standarda stena

Hem. element (ppm)	1 ZGI-GM	2 ZGI-BM	3 ZGI-TB	4 ZGI-KH	5 No 3545	6 No 3546	7 Q_1	8 Q_2	9 USGS-G-1	10 USGS-W-1	11 No 532
As	+?	16	12	2	+?	nije nadjen	732	+?	+?	+?	7
Ce	69	46**	138**	20	60	58	142**	957	166	93**	28**
Co	0,7	56	13	12	nije nadjen	nije nadjen	898	+?	nije nadjen	62	149
Cr	nije nadjen	102	91	17	17	nije nadjen	356	nije nadjen	2	134	2670
Fe* (%)	10500 (1,50)	59700 (8,53)	45300 (6,48)	6760 (0,97)	19000 (2,72)	13800 (1,97)	239000 (34,18)	48400 (6,92)	11000 (1,57)	78800 (11,26)	53600 (7,66)
Hf	5	1	7	4	1	11	5	73	7	6	nije nadjen
La	36	9	56	18	28	50	14	223	88	17	nije nadjen
Sc	3	28	16	3	3	o,5	20	9	2	37	9
Sm	5	4	12	4	4	3	3	n.10**	8	4	nije nadjen

* Rezultati za gvoždje preračunati su i u % ukupnog gvoždja kao Fe_2O_3

** Po proceni sadržaj samarijuma je veći od 70 ppm. Zbog superpozicije sa linijama Ta i Tb potrebna je obrada podataka pomoću elektronskog računara, kao i u slučaju Ce-Fe.

i sa osetljivošću boljom od 1 ppm. Izmenom uslova rada (podešavanjem vremenskih parametara aktivacije i merenja, primenom detektora veće efikasnosti, primenom antikomptonskog uredjaja i dr.), rezultati bi, u pogledu postignute tačnosti i osetljivosti, mogli znatno da se poboljšaju.

Takodje, može da se zaključi, da je za kvantitativno odredjivanje Ce u uzorcima u kojima je sadržaj gvoždja veliki (veći od 5% Fe kao Fe_2O_3), kao i Sm u uzorcima u kojima su u znatnijim koncentracijama prisutni Ta, Tb i Gd, za obradu eksperimentalnih podataka neophodna primena elektronskih računara. Ovo je zaključeno na osnovu odstupanja rezultata dobijenih u ovom radu,od podataka navedenih u literaturi za neke od ispitivanih standarda stena (6).

Kako su analizirani uzorci veoma različitog hemijskog sastava - od kiselih do ultrabazičnih stena - rasmatranjem dobijenih eksperimentalnih rezultata mogao je da se stekne uvid u uticaj "matriksa" na ishod analize, iz čega sledi: da u daljem radu, pri korišćenju standarda stena kod primene relativnog postupka odredjivanja sadržaja elemenata u uzorcima tla, u cilju dobijanja što je moguće veće tačnosti rezultata, standard treba izabrati tako, da je njegov osnovni hemijski sastav, u najvećoj mogućoj meri, sličan sastavu ispitivanog uzorka tla. Time bi postupak pripreme i toka analize ovom metodom mogao znatno da se uprosti izostavljanjem primene pojedinačnih standarda za svaki hemijski element, a da se pri tom ne remeti tačnost dobijenih rezultata.

Potrebno je napomenuti, da ova metoda, čije prednosti nad drugim analitičkim metodama naročito dolaze do izražaja pri odredjivanju elemenata iz grupe retkih zemalja (7), ima i svoja ograničenja: nemogućnost analize svih elemenata periodnog sistema (zbog nuklearnih karakteristika stabilnih i iz njih aktivacijom nastalih radioaktivnih izotopa); relativno dugo vreme potrebno za dobijanje rezultata analize za one elemente, koji se identifikuju i kvantitativno odredjuju preko radioizotopa dugog vremena poluraspada. Njen nedostatak je, takodje, što se ona može da izvodi samo u centrima koji poseduju nuklearni reaktor i potrebnu instrumentaciju.

Abstract

DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS IN THE INTERNATIONAL STANDARDS OF ROCKS AND SOIL, BY ACTIVATION ANALYSIS

In this work the results of qualitative and quantitative analysis of trace elements in 11 samples of rock standards, obtained by neutron activation analysis, are presented.

The samples of 0.01 g were irradiated by neutron flux of 10^{13} n/cm^2.sec, for periods of 3 hours and 3 days. Gamma activities of activated samples have been determined by Ge(Li)-spectrometer by relative measurements 2, 4, 30, 180 and 330 days after irradiation.

The qualitative analysis covers 28 chemical elements. The quantitative analysis, with precision of 4-8%, was applied for determination of following 9 elements in the samples: As, Ce, Co, Cr, Fe, Hf, La, Sc and Sm.

Literatura

1. Friedlander, G. and Kennedy, J.W.
Introduction to Radiochemistry
John Wiley and Sons, Inc.N.York,1949, p.107

2. Lederer, C.M. et al.
Table of Isotopes
John Wiley and Sons, Inc,N.York, 1967

3. Ajdačić, N.
Magistarski rad, p.29 i Tab.br.2.7.1.

4. Lenihan, J.M.A. and Thomson, S.J.
Activation Analysis - Principles and Applications
Academic Press, N.York, 1965

5. Baedecker, P.A.
Analytical Chemistry, 43, No.3. 403,(1971)

6. Fleischer, M.
Geochim. et Cosmochim Acta 33, No.2, 65,(1969)

7. Meinke, W.W.
Science 121, p.177 (1955)

VIII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja

Herceg Novi 20 - 23 maj 1975.

V. Kubelka, P. Strohal i S. Lulić

Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

PROCJENA PUTEVA RADIOAKTIVNOG ZAGADJENJA PODZEMNIH VODA PRIMJENOM NEUTRONSKE AKTIVACIONE ANALIZE

Neutronska aktivaciona analiza bila je primjenjena radi procjene puteva radioaktivnog zagadjenja podzemnih voda. Ispitivanja su vršena u regiji crpilišta vodovoda grada Zagreba na širem području Male Mlake. Posebna pažnja je posvećena ispitivanju radioaktivnog zagadjenja pitke vode u crpilištu Mala Mlaka utjecajem kanala Sava-Odra, nakon izgradnje nuklearne Elektrane u Krškom.

UVOD

Izgradnjom nuklearne elektrane Krško doći će do otpuštanje stanovite količine radioaktivnog materijala u rijeku Savu. Kako se nizvodno od lokacije nuklearne elektrane nalazi gradsko područje Zagreba potrebno je ispitati utjecaj rijeke Save na kvalitet pitke vode. Situacija je još kompleksnija ako se ima u vidu da novo izgradjeni kanal Sava - Odra prolazi u neposrednoj blizini crpilišta Mala Mlaka.

Ovim istraživanjima trebao bi se ispitati način i put radioaktivnog zagadjenja podzemnih voda u regiji crpilišta vodovoda grada Zagreba u Maloj Mlaci, te eventualni utjecaj površinskih tokova na kvalitet podzemne vode.

Primjenjena je metoda neutronske aktivacije, koja se zasniva na visokoj osjetljivosti. Analizom jednog uzorka vode dobivaju se podaci za oko dvanaest mikrokonstituenata. Primjena neutronske aktivacione analize omogućuje simultano odredjivanje na mnogo lokacija i u slučajevima kada se miješaju vode različitog porijekla.

EKSPERIMENTALNI DIO

Područje ispitivanja nalazilo se na desnoj obali rijeke Save u području izmedju Podsuseda, Obreža i Buzina. Izmedju Obreža i Buzina locirana su crpilišta vodovoda Mala Mlaka. Novi izgradjeni kanal Sava-Odra, koji prolazi izmedju Obreža i crpilišta

vodovoda još nije u pogonu, pa smo utjecaj tih površinskih voda promatrali mjerenjem parametara u riječici Lomnica čiji prirodni tok ide posve uz trasu novoizgradjenog kanala. Shematski prikaz cijelog tog područja prikazan je na slici 1.

Uzorci površinske vode uzimani su bili u Savi ispod Podsuseda, te u Lomnici kod Obreža. Uzorci voda rijeke Save uzimani su kod Podsuseda radi toga što savske vode utječu na sastav podzemnih voda crpilišta Mala Mlaka što je utvrdjeno na osnovu naših prethodnih istraživanja. Takodjer smo imali u vidu da se sastav savske vode značajno mijenja ulaskom toka rijeke u gradsko područje zbog odbacivanja industrijskog i gradskog otpada u Savu.

Uzorci podzemne vode bili su uzimani iz posebno izgradjenih bušotina koje su zacijevljene salonitnim ili plastičnim cijevima perforiranim duž vodonosnog sloja. Uzorci su bili uzimani kod definiranih hidroloških uvjeta (vodostaj, smjer kretanja vode).

Sakupljeni uzorci voda bili su tretirani u laboratoriju prije analize. Oko četiri do pet litara vode bila je otparena do suha u aparaturi pod sniženim tlakom. Dehidriran uzorak krutog ostatka bio je prenesen u posebne ampule i ozračen u snopu neutrona u nuklearnom reaktoru Triga u Ljubljani. Ozračeni uzorci bili su analizirani pomoću gama spektrometra, koji se sastojao od 30 cm^3 Ge(Li) detektora koji je bio priključen na 512-kanalni amplitudni analizator. Na osnovu intenziteta pojedinih karakterističnih fotovrhova, te njihovom usporedbom sa jednako tretiranim standardima bile su izračunate vrijednosti koncentracija pojedinih mikrokonstituenata u uzorcima voda. Tipičan gama spektar ozračenog uzorka podzemne vode prikazan je na slici 2.

REZULTATI I DISKUSIJA

Karakteristični rezultati sadržaja dvanaest mikrokonstituenata u analiziranim vodama prikazani su u Tabeli 1. Vidljivo je da je sadržaj ispitivanih mikrokonstituenata u riječici Lomnica različit od analiza dobivenih za uzorke podzemne vode iz crpilišta Mala Mlaka, što ukazuje da ove površinske vode ne utječu na kvalitet piteke vode iz crpilišta. Sastav mikrokonstituenata vode rijeke Save sličan je sastavu podzemnih voda crpilišta Mala Mlaka. Pretpostavivši da će se vode novog kanala Sava-Odra ponašati kao i vode Lomnice, može se očekivati da te vode neće utjecati na promjene kvaliteta pitkih voda iz crpilišta Mala Mlaka. Površinske vode Lomnice, a pretpostavljamo i kanala Sava-Odra, ne prodiru u podzemne vode koje napajaju bunare crpilišta.

Uočljivo je da podzemne vode koje se nalaze na istočnoj strani crpilišta imaju slične karakteristike kao i podzemne vode iz Obreža, dok vode Lomnice iako se nalaze u

neposrednoj blizini imaju kod ispitivanog vodostaja različite karakteristike od podzemnih voda crpilišta. Ovo ukazuje i na dotok vode ispod korita riječice Lomnice.

I na ostalim ispitivanim područjima podzemne vode imaju specifične geokemijske osobine, pa se na osnovu sadržaja pojedinih mikrokonstituenata može zaključiti koje su podzemne vode u Savskoj grabi pod utjecajem voda okolnog gorja a koje pod utjecajem vode rijeke Save. Također se utvrđuje utjecaj raznih vodostaja na porijeklo podzemnih voda.

Zaključno možemo reći da ova preliminarna ispitivanja ukazuju na mogućnost primjene neutronske aktivacione analize kod kompleksnih hidroloških studija podzemnih voda i njihovih eventualnih interakcija sa površinskim vodama.

ABSTRACT

In order to evaluate the path of radioactive pollutions of underground waters, neutron activation analysis was applied. The investigated area of interest included pumping station area of Mala Mlaka, belonging to the water works establishments of City of Zagreb. A special consideration is given to the evaluation of possible radioactive pollution of drinking water in the pumping stations area, due to the influence of newly built Sava-Odra channel after the completion and the start of operation of nuclear power station Krško.

Trace elements, contained in underground waters of various areas, were obtained using sensitive neutron activation techniques. The attempts have been made to determine the path of underground waters as well as their orgins. The investigation of the directions and the velocities of underground waters have been carried out, too.

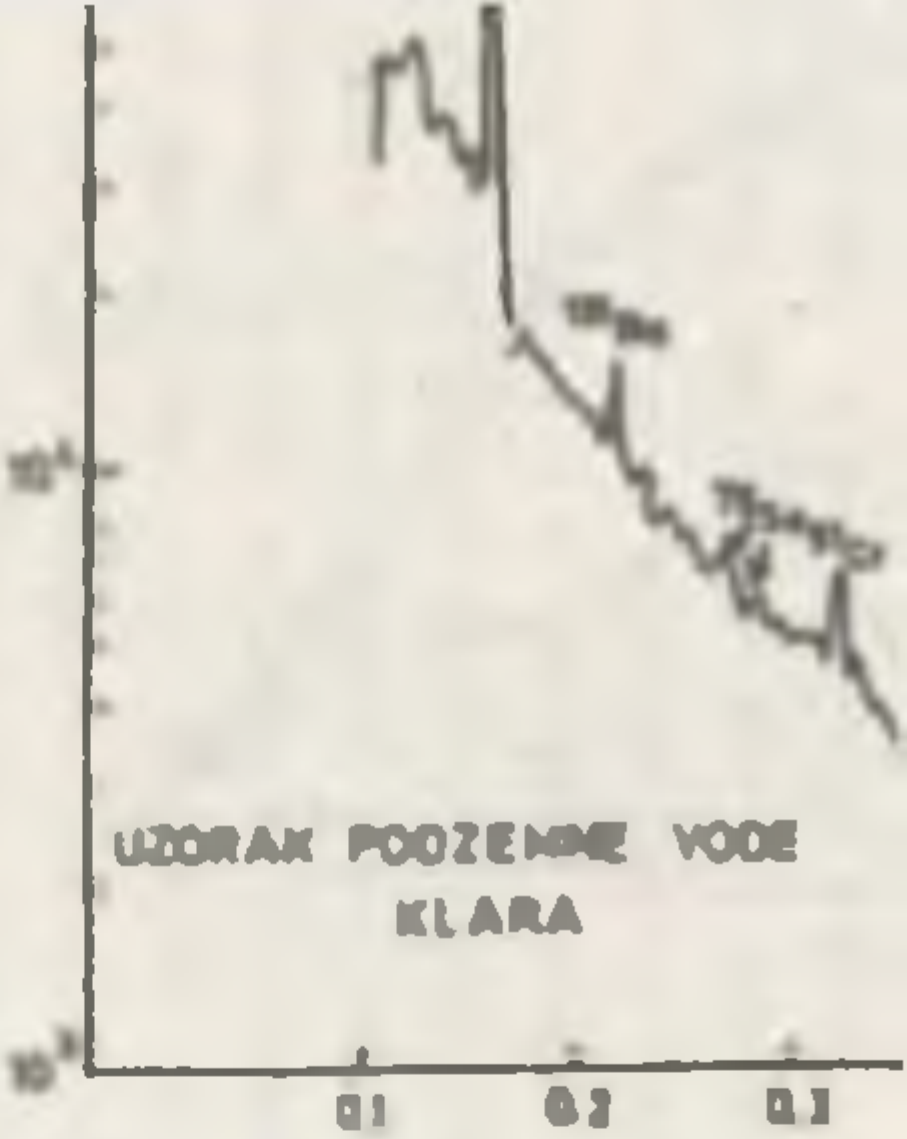
The results of investigation indicate that the possible water pollutions of Sava-Odra channel would not significantly influence the quality of underground water in the pumping stations area of Mala Mlaka.

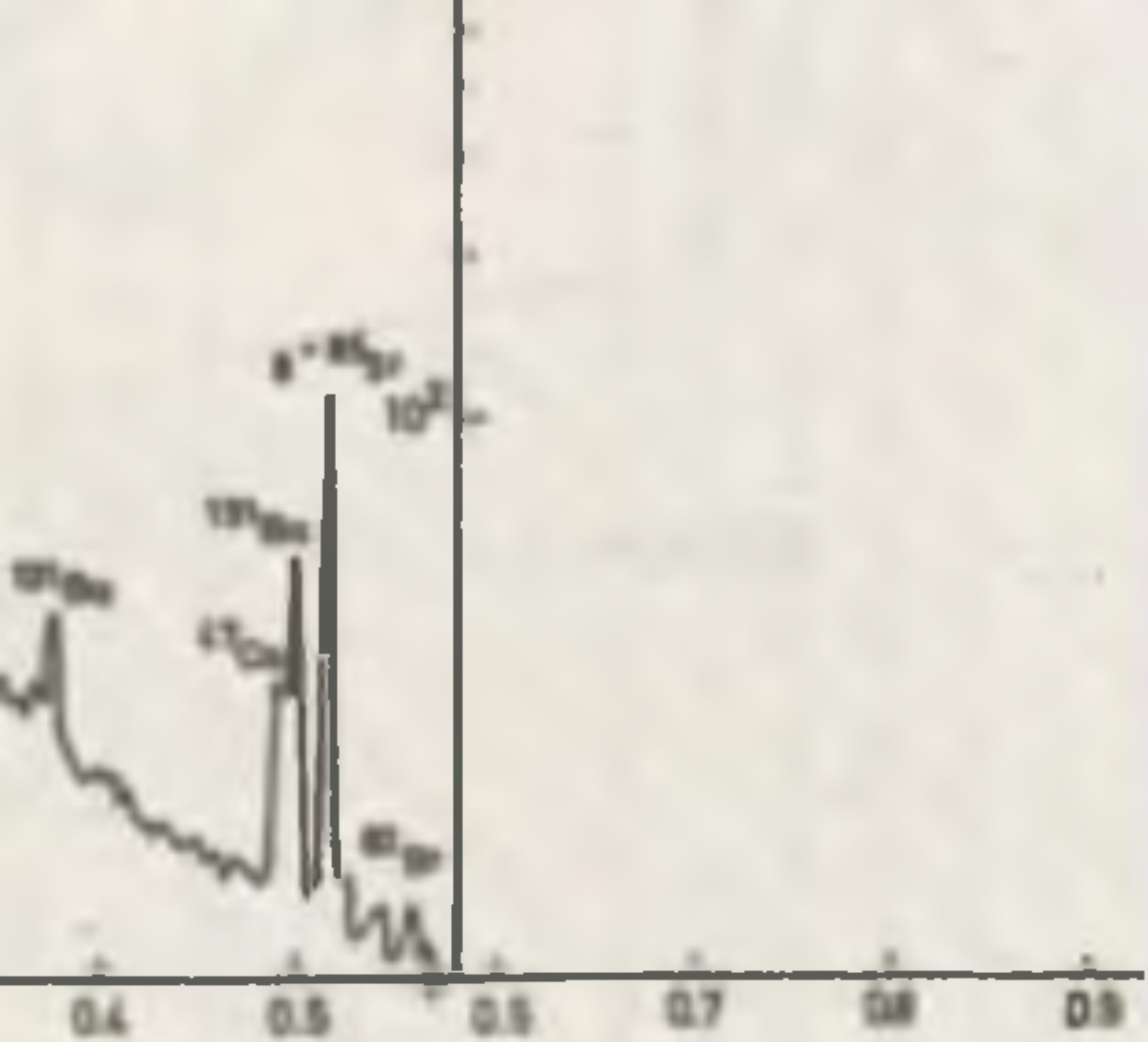
TABELA 1

Element	Sava Podsused	Buzin	B-100	B-109	B-110	B-120	Lomnica	Obrež
Sc	$2.17 \cdot 10^{-12}$	$1.37 \cdot 10^{-11}$	$2.43 \cdot 10^{-12}$	$6.73 \cdot 10^{-12}$	$3.11 \cdot 10^{-11}$	$6.59 \cdot 10^{-12}$	$3.46 \cdot 10^{-11}$	$3.27 \cdot 10^{-12}$
Cr	$4.63 \cdot 10^{-10}$	$5.58 \cdot 10^{-11}$	$4.37 \cdot 10^{-10}$	$8.81 \cdot 10^{-11}$	$2.78 \cdot 10^{-10}$	$3.39 \cdot 10^{-10}$	$1.31 \cdot 10^{-9}$	$8.42 \cdot 10^{-10}$
Fe	$3.58 \cdot 10^{-9}$	$7.58 \cdot 10^{-8}$	$2.97 \cdot 10^{-9}$	$1.34 \cdot 10^{-8}$	$6.18 \cdot 10^{-8}$	$1.29 \cdot 10^{-8}$	$1.72 \cdot 10^{-7}$	$2.36 \cdot 10^{-8}$
Co	$2.84 \cdot 10^{-11}$	$1.18 \cdot 10^{-10}$	$9.96 \cdot 10^{-11}$	$1.86 \cdot 10^{-11}$	$2.82 \cdot 10^{-11}$	$2.41 \cdot 10^{-11}$	$3.71 \cdot 10^{-11}$	$3.26 \cdot 10^{-11}$
Zn	$4.76 \cdot 10^{-9}$	$7.28 \cdot 10^{-9}$	$5.49 \cdot 10^{-9}$	$4.68 \cdot 10^{-9}$	$5.39 \cdot 10^{-9}$	$1.27 \cdot 10^{-8}$	$1.50 \cdot 10^{-9}$	$1.25 \cdot 10^{-8}$
Se	$1.77 \cdot 10^{-10}$	$7.39 \cdot 10^{-10}$	$2.77 \cdot 10^{-10}$	$5.80 \cdot 10^{-10}$	$1.17 \cdot 10^{-10}$	$8.73 \cdot 10^{-10}$	$3.56 \cdot 10^{-11}$	$2.61 \cdot 10^{-10}$
Br	$1.12 \cdot 10^{-8}$	$1.89 \cdot 10^{-8}$	$1.29 \cdot 10^{-8}$	$7.61 \cdot 10^{-9}$	$3.97 \cdot 10^{-9}$	$7.27 \cdot 10^{-9}$	$1.95 \cdot 10^{-8}$	$1.45 \cdot 10^{-9}$
Sr	$5.06 \cdot 10^{-8}$	$5.34 \cdot 10^{-8}$	$6.72 \cdot 10^{-8}$	$5.49 \cdot 10^{-8}$	$5.75 \cdot 10^{-8}$	$3.44 \cdot 10^{-8}$	$5.01 \cdot 10^{-8}$	$3.24 \cdot 10^{-8}$
Rb	$7.11 \cdot 10^{-10}$	$5.97 \cdot 10^{-9}$	$5.67 \cdot 10^{-11}$	$3.49 \cdot 10^{-10}$	$2.15 \cdot 10^{-10}$	$1.49 \cdot 10^{-10}$	$3.40 \cdot 20^{-10}$	$5.31 \cdot 10^{-10}$
Sb	$2.85 \cdot 10^{-10}$	$1.34 \cdot 10^{-9}$	$5.54 \cdot 10^{-11}$	$8.97 \cdot 10^{-11}$	$9.30 \cdot 10^{-11}$	$1.91 \cdot 10^{-10}$	$2.98 \cdot 10^{-10}$	$1.81 \cdot 10^{-10}$
Ba	$3.81 \cdot 10^{-8}$	$2.91 \cdot 10^{-8}$	$4.03 \cdot 10^{-8}$	$8.19 \cdot 10^{-9}$	$1.63 \cdot 10^{-8}$	$9.72 \cdot 10^{-9}$	$1.65 \cdot 10^{-8}$	$1.17 \cdot 10^{-8}$
Cs	$1.45 \cdot 10^{-10}$	$1.13 \cdot 10^{-11}$	$5.28 \cdot 10^{-11}$	$7.57 \cdot 10^{-12}$	$3.41 \cdot 10^{-11}$	$5.82 \cdot 10^{-12}$	$2.96 \cdot 10^{-11}$	$8.80 \cdot 10^{-12}$

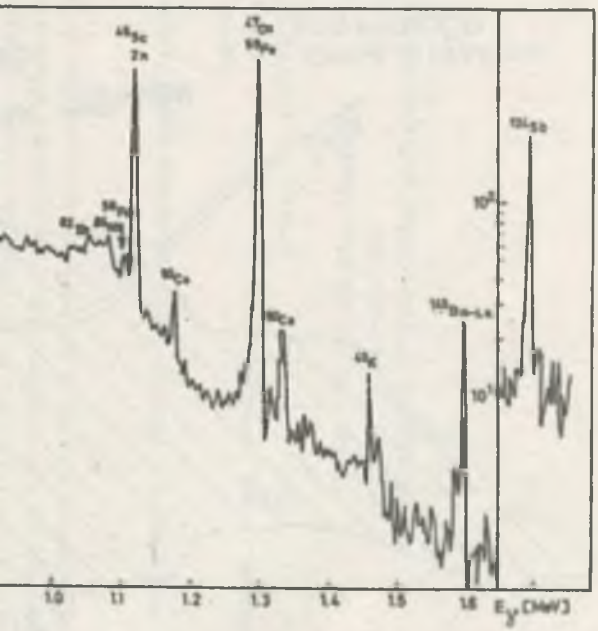
Rezultati dani u g/ml

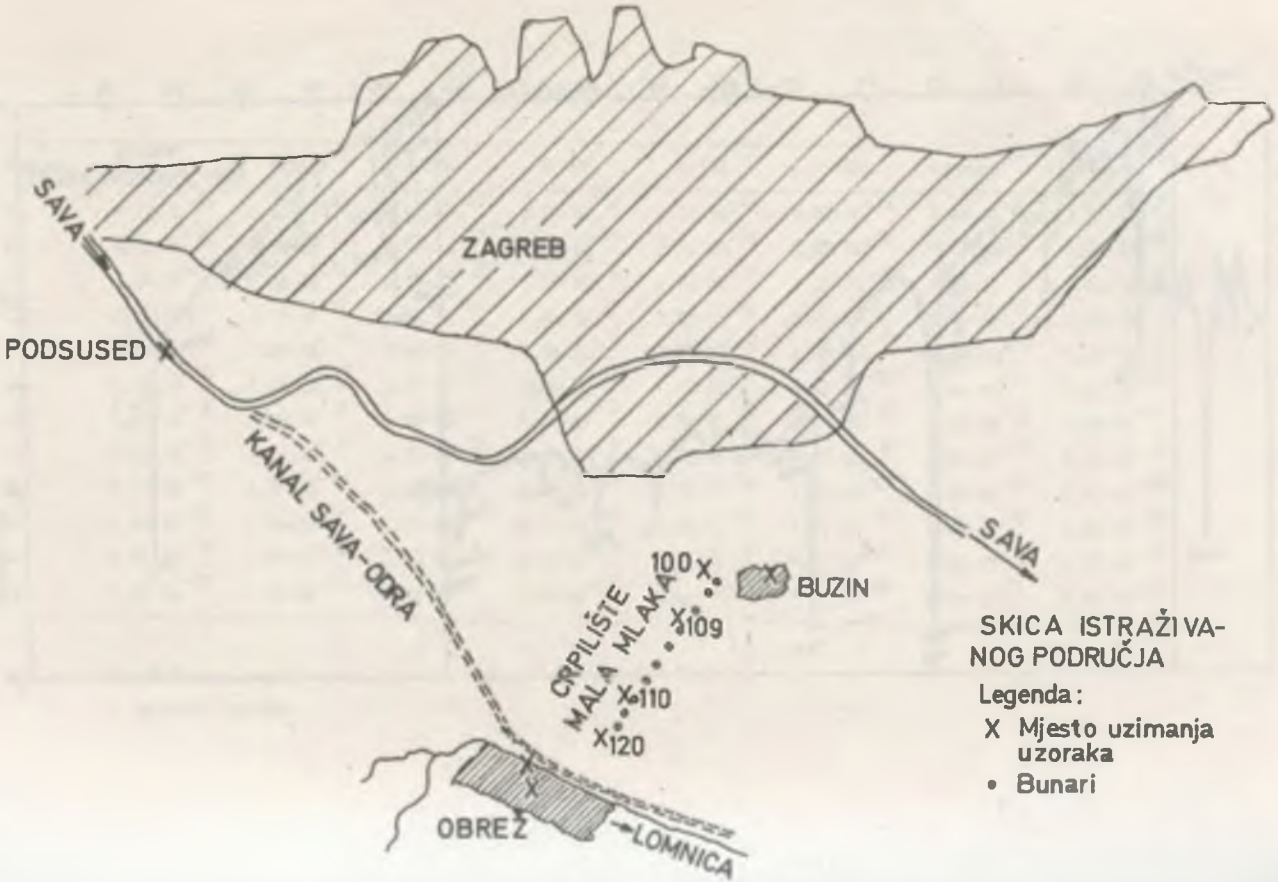
p. približan rezultat


UZORAK PODZEMNE VODE
KLARA
0.1
0.2
0.3


0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9

AKTIVNOST


1.0
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
1.6
E_γ (MeV)



SKICA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Legenda:

X Mjesto uzimanja uzoraka

• Bunari

VIII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu
od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

S. Lulić i P. Strohal
Centar za istraživanje mora, Institut "Rudjer Bošković",
Zagreb

ODREDJIVANJE KONCENTRACIJSKIH FAKTORA U BIOTI RIJEKE SAVE

U 13 uzoraka biote, sedimenata i sestona odredjivane su aktivacionom metodom koncentracije 15 elemenata, a u četiri uzorka vode sa različitih lokacija odredjivane su koncentracije 21 elementa. Izračunati su koncentracijski faktori (CF) za dvije lokacije uzimanja uzoraka (Vrbovo i Podsused) za uzorke bentosa, sestona i chladophere. Vrijednosti koncentracijskih faktora kreću se od 10^2-10^6. Na osnovu eksperimentalno odredjenih koncentracijskih faktora izvršit će se selekcija organizama koji će služiti kao bioindikatori za praćenje kontaminacije rijeke Save prilikom rada Nuklearne elektrane Krško.

UVOD

Utjecaj nuklearnih elektrana na zagadjivanje čovjekove okoline postaje sve veći problem, kako za zemlje u kojima se izgradjuju nuklearne elektrane, tako i za one zemlje gdje se radioaktivni otpaci iz tih mogu pojaviti putem rijeka, mora ili atmosfera.

Današnja saznanja na području radioekologije, jasno ukazuju da nije odlučujući faktor samo nivo radioaktivnosti u nekom sistemu, već da ugradnja u organizme zavisi i o fizikalno-kemijskom stanju u kojem se pojedini radionuklidi nalaze. Dakle od posebnog je radiološkog interesa kemijski sastav neaktivnog dijela efluenata, te moguće interakcije odbačenih radioaktivnih otpadaka u čovjekovu okolinu. Upravo zbog toga neobično važnog faktora, za svaki se sistem nuklearnih elektrana, kao i za svaku pojedinu lokaciju mora izvršiti sistematsko ispitivanje sudbine odbačenih radionuklida

u okolinu prije nego što se pristupi izgradnji nuklearne elektrane. Treba naglasiti da nuklearna elektrana, za čiji je okoliš su ova istraživanja solidno i sistematski provedena, a u toku rada nuklearne elektrane strogo se poštuju radiološki propisi, može uzrokovati manje štetno zagadjenje čovjekove okoline od konvencionalnih termoelektrana sa pogonom na treset, ugljen ili mazut.

Radioaktivni materijal nastaje kao produkt razbijanja jezgre, uhvata neutrona ili kao produkt raspadanja radioaktivnih izotopa. Osim korozivnih produkata u vodi reaktora nalaze se i produkti razbijanja jezgre.

Najveći problem zagadjivanja čovjekove okoline uzrokovan izgradnjom nuklearne elektrane Krško, bit će otpuštanje radioaktivnih otpadaka u Savu. Iako će biti poduzete sve standardne mjere da se to otpuštanje vrši kontrolirano, potrebno je prije puštanja elektrane u pogon izvršiti opsežnija hidrološka i radioekološka ispitivanja.

Iako će prilikom otpuštanja radioaktivnosti u Savu doći privremeno do njezinog razredjenja, radioaktivnosti se mogu akumulirati u pojedine biljke i životinje fiziološkim putem. Takodjer treba očekivati akumulaciju pojedinih radionuklida na osnovu fizikalno-kemijskih procesa sa sedimentima i nanosom rijeke Save. Pri tome imamo u vidu da razne industrije odbacuju u Savu otpatke (kiseline, površinski aktivne supstance, čestice ugljena, razne organske i anorganske supstance), koje mogu bitno utjecati na procese adsorpcije-desorpcije pojedinih radionuklida. Zbog toga se i dio istraživanja sada usmjeruje na ispitivanje tih fizikalno-kemijskih karakteristika i odredjivanje kapaciteta pojedinih bioloških vrsta ili geoloških materijala za pojedine radionuklide koji mogu biti otpušteni u Savu.

EKSPERIMENTALNI DIO

Uzorci biote (Tabela 1) su nakon sušenja na sobnoj temperaturi i na 110°C ampulirani u plastične ampule i kao takvi zajedno sa standardom su slani na ozračivanje. Uzorak vode (dvije litre) je otparen do suha na "rotavaporu" i isparni ostatak sa standardom je poslan na ozračivanje u reaktor Instituta "Jožef Stefan". Uzorci i standard su ozračivani pod istim neutronskim fluksom od 1.8×10^{12} neutrona/cm^2 u sekundi u vremenu od 48 sati. Kao standard služila nam je otopina Zn poznate koncentracije.

Nakon ozračivanja uzorci su mjereni na 512-višekanalnom analizatoru "Nuclear Chicago" i 25 cm^3 Ge(Li) detektoru.

Iz dobivenog gama spektra izračunata je količina elemenata koristeći jednadžbu:

$$g = \frac{A \times M}{6.023 \times 10^{23} \times \sigma \times \phi \times S \times \theta}$$

gdje je: g - količina elementa u gramima,

A - aktivnost u desintegracijama u sekundi,

M - atomska težina elementa,

σ - udarni presjek u barnima,

ϕ - fluks neutrona,

S - faktor zasićenja - $(1-e^{-\lambda t})$, gdje je:

λ - konstanta radioaktivnosti $-0.693/\tau_{1/2}$,

$\tau_{1/2}$ - vrijeme poluraspada, a

θ - prinos izotopa.

Ovu tehniku računanja količine pojedinog elementa u uzorku nazivamo apsolutnom aktivacionom analizom.

Nuklearne osobine odredjivanih radionuklida prikazane su u Tabeli 2.

ZAKLJUČAK I REZULTATI

U 13 uzoraka biote, sedimenta i sestona odredjivane su aktivacionom metodom koncentracije 15 elemenata (Tabela 3), a u četiri uzorka vode sa različitih lokacija odredjivane su koncentracije 21 elementa (Tabela 4). Na osnovu izračunatih koncentracija pojedinog elementa u bioti i vodi rijeke Save izračunali smo koncentracijske faktore (CF) za pojedini izotop. U Tabeli 5 i 6 dani su koncentracijski faktori (CF) za dvije lokacije uzimanja uzoraka (Vrbovo i Podsused) za uzorke bentosa, sestona i chladophere. Vrijednosti koncentracijskih faktora kreću se od 10^2-10^6. Koncentracijski faktori koriste se za odredjivanje akumulacije pojedinih radionuklida ili elemenata u vodene organizme.

Koncentracijski faktor je definiran kao omjer koncentracije nekog elementa ili radionuklida u vodenom organizmu prema koncentraciji istog elementa ili radionuklida u vodi. Znači, koncentracijski faktor (CF) možemo prikazati kao omjer:

$$CF = \frac{\text{konc. u g/g elementa u organizmu}}{\text{konc. u g/ml elementa u vodi}}$$

Na osnovu eksperimentalno određjenih koncentracijskih faktora izvršit će se selekcija organizama koji će služiti kao bioindikatori za praćenje kontaminacije rijeke Save prilikom rada nuklearne elektrane Krško.

Ova istraživanja potrebno je nastaviti dalje, utvrditi sezonske varijacije, te proširiti istraživanja na područje nizvodno od Zagreba. Takodjer bi trebalo odrediti koncentracijske faktore za ribe uhvaćene na raznim lokacijama, jer bi time obuhvatili prehrambene lance od važnosti za lokalno stanovništvo.

SUMMARY

Concentrations of 15 elements in 13 samples of biota, sediments and seston as well as concentrations of 21 elements in 14 samples of water collected on various locations were determined by the activation analysis method. Concentration factor (CF) was computed for two locations (Vrbovo and Podsused) for the samples of benthos, seston and chladophere. The obtained values varied between 10^2-10^6. Based upon the experimentally determined concentration factors, the selection of organisms which will serve as bioindicators for the monitoring of the Sava river contaminations during the operation of Krško nuclear power plant will be done.

TABELA 1

Broj uzorka	Ime uzorka
1	Fontinalis antypyretica
2	Amphimelania sp Theodaxus flutvatilis Müll Valvata piseranlis O.F. Müll
3	Rivulagammarus pulex Demabialis Karaman
4	Fagatia esperi Fer. F. Pheodoxus flevuatilis L.
5	Theodoxus danulialis Müll
6	Ihrudo medicinalis
7	Limnophilus sp.
8	Anodonata cygnaca L.
9	Cinclidotus fontinaloides
10	Sediment
11	Chladophera
12	Bentos
13	Seston
14	Voda

Analizirani uzorci

TABELA 2

Izotop	Vrijeme poluraspada	Udarni presjek	Karakteristična gama energija
^{47}Ca	4.7 d	0.3 b	160 keV
^{46}Sc	83.9 d	13.0 b	889 keV
^{51}Cr	27.8 d	17.0 b	320 keV
^{59}Fe	45.6 d	1.1 b	1098 keV
^{60}Co	5.2 g	19.0 b	1173 keV
^{58}Ni	71.0 d	0.1 b	810 keV
^{65}Zn	245.0 d	0.5 b	1115 keV
^{86}Rb	18.7 d	0.9 b	1076 keV
^{131}Ba	11.6 d	8.8 b	496 keV
^{141}Ce	32.5 d	0.6 b	145 keV
^{152}Eu	12.2 g	5900.0 b	1407 keV
^{181}Hf	45.0 d	10.0 b	133 keV
^{203}Hg	46.9 d	4.0 b	279 keV
^{233}Th	47.0 d	7.4 b	312 keV
^{235}U	12.8 d	4.2 b	537 keV

Napomena: d - dani
g - godine
b - barni (10^{-24} cm^2)

Nuklearne karakteristike ödredjivanih radionuklida

TABELA 3

	Ca	Sc	Cr	Fe	Co	Zn	Ba	Ce	Eu	Hf	Th	U
1	1.5(2)	1.4(5)	2.9(4)	1.3(3)	7.5(5)	2.8(2)	6.6(4)	4.4(5)	9.7(8)	6.6(6)	8.7(6)	-
2	3.1(2)	1.0(6)	2.1(5)	2.2(3)	2.2(3)	9.6(4)	2.7(4)	2.1(5)	6.6(8)	1.4(6)	6.9(7)	4.7(7)
3	7.9(3)	3.7(6)	3.3(5)	9.0(3)	1.2(5)	6.8(3)	5.8(4)	3.3(6)	6.6(8)	trag	2.0(6)	2.5(6)
4	2.9(2)	1.1(6)	1.8(5)	1.7(3)	1.9(5)	2.0(3)	7.3(4)	3.6(6)	1.8(8)	trag	5.2(7)	-
5	2.8(2)	1.3(5)	1.2(5)	1.9(2)	3.3(5)	2.7(3)	1.4(3)	1.0(5)	4.2(8)	1.1(6)	4.7(7)	-
6	7.0(2)	5.0(6)	3.7(5)	1.5(2)	5.0(5)	3.9(2)	3.5(4)	-	1.8(7)	-	4.2(6)	trag
7	5.5(2)	2.7(5)	2.4(4)	3.3(1)	1.0(4)	3.1(2)	1.0(3)	8.0(5)	2.5(7)	6.0(6)	1.0(5)	-
8	3.5(3)	9.9(9)	2.6(7)	4.5(5)	trag	2.8(5)	2.5(6)	-	-	-	6.2(8)	-
9	8.2(2)	2.3(4)	1.5(5)	9.9(6)	5.4(4)	3.4(3)	1.6(8)	-	5.7(6)	9.4(5)	6.3(5)	2.3(5)
10	3.5(2)	1.4(3)	4.0(5)	5.9(4)	2.3(3)	5.2(4)	8.6(8)	-	7.7(7)	-	1.5(3)	4.1(5)
11	-	8.2(7)	1.1(6)	1.5(3)	3.0(6)	2.1(5)	5.4(5)	2.7(7)	1.2(8)	-	6.3(7)	5.6(5)
12	-	3.3(6)	4.5(6)	4.9(3)	2.9(6)	9.8(5)	-	6.6(6)	1.2(8)	-	2.7(6)	2.5(6)
13	-	9.3(7)	3.4(6)	1.5(3)	2.2(6)	5.1(6)	4.5(5)	4.9(6)	4.0(9)	-	1.3(6)	1.4(4)

Napomena: (2) znači 10^{-2}

trag - element se nalazi na granici osjetljivosti

Eksperimentalni podaci za biotu

TABELA 4

Element	Mjesto uzimanja uzoraka			
	Medsave	Podsused	Most Slobode	Vrbovo
Na	7.57(7)*	9.20(7)	6.52(7)	9.00(7)
Sc	3.52(12)	2.17(12)	1.53(12)	1.85(10)
Ca	5.33(5)	3.09(5)	4.37(5)	2.17(4)
Cr	5.71(10)	4.63(10)	4.53(10)	3.56(9)
Ni	1.50(9)	1.96(9)	8.43(10)	
Fe	8.10(9)	3.58(9)	9.43(9)	6.43(7)
Co	1.65(11)	2.84(11)	1.82(11)	2.50(10)
Zn	4.20(9)	4.76(9)	7.82(9)	1.96(8)
Se	1.82(10)	1.77(10)	9.43(11)	4.10(10)
Br	8.40(9)	1.12(8)	7.71(9)	2.68(8)
Sr	6.92(8)	5.06(8)	5.21(8)	1.37(9)
Rb	5.49(10)	7.11(10)	5.25(10)	1.79(9)
Ag	3.95(11)			9.07(10)
Sb	3.45(10)	2.85(10)	2.04(10)	3.02(10)
Ba	4.31(8)	3.81(8)	3.50(8)	2.41(8)
Cs	8.06(12)	1.45(10)		2.97(10)
La	2.36(11)	6.24(11)	4.73(11)	3.03(10)
Ce	1.04(10)	8.54(12)	4.93(11)	
Eu			6.48(13)	1.66(11)
Th				3.20(10)
U	1.01(8)	3.88(9)	8.95(9)	7.63(9)

* $7.57(7) = 7.57 \times 10^{-7}$

Aktivaciona analiza savske vode
(rezultati dani u g/ml)

TABELA 5

Element	Bentos	Seston	Cladophera
Na	260	400	2500
Sc	18000	5000	4400
Cr	1400	950	300
Fe	7700	2300	2300
Co	1170	9000	12000
Zn	5000	260	1100
Se	12000	4600	3800
Br	50	36	55
Sr	250	7500	2200
Rb	3000	300	1900
Ag	-	50000	930
Sb	7700	6500	3000
Ba	10500	7500	2200
Cs	12000	84000	4600
La	5500	5500	2500
Eu	720	240	700
Th	8500	4200	2000
U	320	18000	7300

Koncentracijski faktori
(lokacija Vrbovo)

TABELA 6

Element	Bentos	Seston	Cladophera
Na	260	400	2500
Sc	940000	428000	375000
Cr	10700	7300	2300
Fe	1400000	420000	416000
Co	102000	78000	105000
Zn	20600	1000	4500
Se	28000	10700	9000
Br	120	86	113
Sr	130	200	60
Rb	7600	770	4700
Ag	-	-	-
Sb	8200	6800	3200
Ba	6700	4700	1400
Cs	25000	17000	9500
La	27000	27000	12300
Ce	770000	575000	315000
Eu	-	-	-
Th	-	-	-
U	640	35500	14400

Koncentracijski faktori
(lokacija Podsused)

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

Herceg Novi 20-23 maj 1975

UTICAJ NEKIH HIDRO-EKOLOŠKIH FAKTORA NA KOEFICIJENTE KONCENTRACIJE Ra-226 i Sr-90 U RIBAMA REKE SAVE

Vujnović J.i Radovanović R.

Institut "Dr Dragomir Karajović" - Beograd

UVOD

Vrednost koeficijenta koncentracije radionuklida u ribama ne zavisi samo od bioloških karakteristika vrste i načina ishrane, već i od fizičko-hemijskih svojstava radionuklida i njihove distribucije u rečnom sistemu. Na koeficijente koncentracije bitno utiču i koncentracije izotopnih i neizotopnih nosača, pH sredine , temperatura ,stepen sunčevog zračenja, visina vodostaja, brzina toka reke, karakteristike rečnog korita, karakteristike rečnog sliva u celini itd.

U našem radu mi smo pokušali da ispitamo uticaj temperature savske vode, visine vodostaja i koncentracije kalcijuma, na koeficijente koncentracije ^{226}Ra i ^{90}Sr u ribama iz reke Save.

METOD RADA

Za ispitivanja vrednosti koeficijenata koncentracije ^{226}Ra i ^{90}Sr sakupljani su i obradjivani uzorci ekonomski značajnih riba iz reke Save (šaran, som, štuka, smudj i "korovska" bela riba).

Kako je reka Sava u donjem toku opterećena otpadnim vodama , naročito za vreme niskog vodostaja, ribe migriraju iz te sredine u značajnoj meri i teže da se koncentri-

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu
od zračenja

Herceg Novi 20-23. maj 1975

M. Pirš in M. Toplišek
Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani, Ljubljana

SORPCIJA RADIONUKLIDOV NA SUSPENDIRANIH DELCIH

Izvleček

Opisane so raziskave sorpcije Cs-137, Sr-85,89, Ce-144, Ru-106 in Co-60 na suspendiranih delcih v reki Savi. Določena je bila sorpcijska kapaciteta v odvisnosti od koncentracije ravnotežne raztopine, pH raztopine, prisotnosti tujih soli in hitrost vezave. Raziskan je bil vpliv organskih snovi na sorpcijo.

UVOD

V letu 2000 se predvideva, da bodo 85 % električne energije proizvajale jedrske elektrarne. Vzporedno z razvojem jedrske tehnike pa narašča tudi kontaminacija okolice z radioaktivnimi izotopi. Jedrska industrija je sicer najbolj čista industrija, saj elektrarna z lahkovodnim reaktorjem onesnažuje okolico manj kot klasična termoelektrarna na premog ali nafto celo z radioaktivnimi izotopi. Klasične termoelektrarne kontaminirajo okolico z radijem, torijem in uranom, ki so v gorivu in se z dimom razpršijo po okolici. Izkušnje z reaktorji kažejo, da se naravna radioaktivnost bližnje okolice elektrarne poviša za 0,02 - 0,1 %. V večjih razdaljah pa je povišanje zanemarljivo.

600 MeW elektrarna izpušča v hladilno vodo, po dosedanjih izkušnjah, 5 - 10 Ci radioizotopov na leto. Ti radioizotopi so tako razredčeni, da ne presegajo norm določenih za pitno vodo.

Kljub tako nizkemu izpuščanju radioaktivnih izotopov v Savo, pa je potrebno raziskati, kam se ti izotopi deponirajo, ker savska voda napaja razne vodovode s pitno vodo. Posebno postane

to vprašanje akutno, če pri poškodbah gorivnih elementov pridejo v reko večje množine radioaktivnih izotopov. Problem sorpcije radioizotopov v tleh in na rečnih sedimentih je bil v literaturi že večkrat obdelan [1-6], vendar je večina avtorjev raziskovala že kontaminirane materiale. Tudi razlike med objavljenimi rezultati so znatne z ozirom na geološko sestavo tal in primesi v vodi.

V predloženem delu so podane raziskave reakcij radioizotopov Cs-137, Sr-85,89, Co-60, Ru-106, Ce-144 s sedimenti reke Save oziroma materialom, ki ga reka nosi s seboj. Določili smo sorpcijske kapacitete, distribucijske koeficiente ter hitrost vezave na sedimentih. Raziskali smo vpliv pH in tujih soli na desorpcijo ter poskusili določiti kakšen del radioizotopov se veže na organsko materijo suspendirano v vodi.

EKSPERIMENTALNI DEL

I. Fizikalno-kemijska karakterizacija miljeja

I.1. Voda

Vzorce smo periodično odvzemali, navadno enkrat mesečno, ob lokaciji jedrske elektrarne. Vodo smo raziskali na vsebnost suspendiranih snovi, ki jih Sava nosi s seboj in na vsebnost raztopljenih soli. Rezultati povprečnih vrednosti analiz so navedeni v tabelah 1 in 2.

Tabela 1

Analiza vode v letu 1974

	Povprečna vrednost 7 analiz
Totalna trdota	10,5
Karbonatna trdota	8,9
HCO_3 mg/l	195
Kalcijeva trdota	7,5
CaO mg/l	75
Magnezijeva trdota	3,2
MgO mg/l	18,5
SO_4 mg/l	22,4
Cl mg/l	2,3
Na mg/l	3,9
Nekarbonatna trdota	1,6
pH	8,0

Tabela 2

Množina suspendiranih in raztopljenih snovi v Savi
Povprečje 11 analiz

Suspendirane snovi			Raztopljene snovi
Sušina 105°C	Pepel	Žaroizguba	Pepel
mg/l	mg/l	%	mg/l
123,6	71,1	36,4	184

I.2. Suspendirane snovi

Reka Sava je v Krškem močno onečiščena z industrijskimi odpadnimi vodami. Množino suspendiranih snovi smo določili iz 11 vzorcev, ki smo jih odvzemali v mesečnih presledkih. Množina močno varira od 51 - 294 mg/l, ni odvisna od vodostaja reke in tudi ne od dneva odvzema vzorca. Vzrok je verjetno kampanjski izpust industrijskih odplak v Savo.

I.3. Sedimenti

Vzorce sedimentov smo vzeli na obeh bregovih Save. Prva dva vzorca sta bila vzeta pod mostom v Krškem, nato dva vzorca ob lokaciji JE ter še en vzorec okrog 1 km nižje od lokacije. Povprečni vzorec je razmeroma težko dobiti, kar je razvidno iz kemične analize. Vzorce smo posušili na zraku ter nato ugotovili kemijsko sestavo (tabela 3) in granulacijo (tabela 4)

Tabela 3

Kemična analiza sedimentov in suspendiranih delcev

Vzorec	Žaroizguba	SiO_2	R_2O_3	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Netopno	SO_4
	%	%	%	%	%	%	%
SU_1	31,9	49,8	15,5	12,3	1,8	5,7	
SU_2	13	51,3	21,9	26	0,2	0,4	
S_1	18,6	49,7	30,5	12,1	6,0	1,8	1,85
S_2	29,9	42,4	11,3	14,5	3,4	15,5	1,7
S_3	9,9	48,2	14,8	18,3	4,8	11,9	0,6
S_4	17,2	41,2	15,7	17,7	4,2	6,6	
S_5	4,0	43,3	21,6	6,1	8,9		

SU_1 in SU_2 pepel suspendiranih delcev
S_1 - S_5 sedimenti

Tabela 4

Sejalna analiza sedimentov v %

Velikost zrn mm	S_1	S_2	S_3	S_5
0,3	4	11	8	24
0,25 - 0,2	3	8	6	17
0,2 - 0,15	6	11	10	18
0,15 - 0,12	8	16	15	14
0,12 - 0,1	9	14	14	8
0,1 - 0,09	6	8	8	4
0,09 - 0,075	7	6	7	3
0,075- 0,06	10	<0,075 25	31	11
0,06 - 0,05	10			
0,05	36			

II. Sorpcijske lastnosti sedimentov

II.1. Maksimalna sorpcijska kapaciteta

Pri kontaktu radioaktivnih izotopov z raznimi materiali se vrši adsorpcija, absorpcija, ionska izmenjava in obarjanje. Vse te procese imenujemo v nadaljnjem delu sorpcija.

Sorpcijska kapaciteta zavisi od koncentracije ravnotežne raztopine, pH in vsebnosti tujih soli. Zadnja dva pogoja smo pri naših poskusih držali konstantna, ker smo kot raztopino uporabljali savsko vodo, ki ima množino raztopljenih soli in pH razmeroma konstanten. Maksimalno sorpcijsko kapaciteto imenujemo kapaciteto, ki ostane konstantna, čeprav zvišamo koncentracijo ravnotežne raztopine. Določili smo jo na statičen in dinamičen način za Cs in Sr (tabela 5).

Tabela 5

Maksimalna sorpcijska in probojna kapaciteta mekv/100 g

Radionuklidi	Maks. sorpcijska kapaciteta	Probojna kapaciteta
Cezij	1,8	1,0
Stroncij	1,2	0,7
Cer	8,0	5,9

II.2. Odvisnost sorpcije od množine suspendiranih delcev, časa, pH in množine soli

Izvedena je bila vrsta poskusov, da bi ugotovili procent vezanih radionuklidov v odvisnosti od zgoraj navedenih parametrov. Poskuse smo izvajali s Cs-137, Sr-85,89, Ce-144, Ru-106 (nitratna oblika) ter Co-60. Raztopili smo jih v filtrirani savski vodi. Kot sorbent smo dodajali povprečni vzorec sedimentov. Nekaj poskusov smo izvedli tudi z materialom suspendiranim v Savi in sicer smo vzorec (25 l) savske vode od 31.5.1974 pustili posesti, usedlino pa smo uporabili kot sorbent. Rezultati so bili tako podobni rezultatom, ki smo jih dobili pri poskusih s sedimenti, da spadajo razlike že v vrsto poskusnih napak.

II.2.1. Odvisnost sorpcije od množine suspendiranih delcev v vodi

V čašo (800 ml) smo dali plastično vrečko ter v vrečko 150, 500, 1000 in 2000 mg/l sedimentov. Dodali smo 500 ml filtrirane savske vode ter zgoraj omenjene radionuklide. Raztopino smo mešali s cca 500 obrati/min 48 ur. Po 48 urah smo izmerili aktivnost raztopine in plastične vrečke. Uvedba plastične vrečke ima namen ugotoviti množino radionuklidov, ki se vežejo na stene posode ter jo običajno ne moremo ugotoviti. Iz množine radionuklidov, ki se je vezala na sedimente (slika 1), smo sklepali na afiniteto posameznih radionuklidov do sedimentov.
Po afiniteti jih lahko razdelimo v dve grupi:
- radionuklidi z veliko afiniteto do sedimentov Cs, Co, Ce
- radionuklidi z majhno afiniteto do sedimentov Sr, Ru,

II.2.2. Hitrost vezave

Hitrost vezave radionuklidov na sedimentih smo določali na podoben način kot pri prejšnjem poskusu. Radionuklide raztopljene v 500 ml savske vode smo dali v polietilensko vrečko v čaši, dodali 1 g sedimentov ter mešali. Vzorce za meritev padca aktivnosti raztopine smo odvzemali po 10, 30, 60 minutah, 1 uri, 8 ur, nato pa na vsakih 24 ur 7 dni. Pri zadnji meritvi smo izmerili še aktivnost plastične vrečke. Množino radionuklidov, ki se je vezala na plastično vrečko, smo upoštevali pri rezultatih tako, kot da se je vezala takoj in nato ostala konstantna. Pri predposkusih smo

namreč ugotovili, da se radionuklidi na stene posode v prvih minutah vežejo zelo hitro, potem pa aktivnost zelo malo naraste. Pri Cs, Sr, Ce in Co ta množina ni velika, pri Ru pa znaša do 40 %. Rezultati so navedeni v sliki 2.

II.2.3. Vpliv pH raztopine na sorpcijo radionuklidov

Pri navedenih poskusih smo kot topilo vedno uporabljali filtrirano savsko vodo. Množina raztopljenih soli (tabela 2) je precej stalna, niha od 190 do 210 mg/l. Prav tako je stalen tudi pH 7,6 - 8,2. Vsaka sprememba teh pogojev ima za posledico tudi spremembo sorpcijskih lastnosti. Niso pa vsi radionuklidi enako občutljivi na spremembo pH raztopine.

Sprememba pH vpliva najbolj na radionuklide, ki se vežejo na sedimente potom obarjanja, medtem ko na radionuklide, ki se vežejo na sedimente potom ionske izmenjave, skoraj ne vpliva.

Poskuse smo izvajali s Cs, Sr, Ce, Ru in Co raztopljenimi v 500 ml vode, 1 g sedimentov, čas mešanja 2 dni, pri pH 8, 5 in 3. Rezultati so navedeni v tabeli 6.

Tabela 6

Vpliv pH na sorpcijo Cs, Sr, Co, Ru in Ce na sedimentih v %

Radionuklid	pH raztopine		
	8	5	3
Cezij	85	80	81
Stroncij	58	15	10
Cer	95	15	10
Rutenij	60	60	55
Kobalt	90	15	10

II.2.4. Vpliv tujih soli na sorpcijo - desorpcijo

Vpliv tujih soli smo preizkusili na dva načina:

1. merili smo sorpcijo na sedimentih v 2,5 % raztopini NaCl
2. sedimente s sorbiranimi radionuklidi smo tretirali z 2,5 % raztopino NaCl.

II.2.4.1. Postopek je opisan pod II.2.1. s to razliko, da smo 500 ml savkse vode + 1 g sedimentov dodali 12,5 g NaCl. Vzorce smo mešali dva dni ter nato merili procent sorbiranih radionuklidov.

V tabeli 7 so navedene povprečne vrednosti treh maritev za posamezne radionuklide. Rezultati so slabo reproducirni in nihajo ± 20 %.

Tabela 7

Sorpcija radionuklidov na sedimentih v 2,5 % NaCl v %

Radionuklidi	Sorpcija v filtrirani savski vodi	Sorpcija v 2,5 % NaCl v savski vodi
Cer	95	80
Cezij	88	60
Kobalt	80	40
Rutenij	58	50
Stroncij	50	30

II.2.4.2. Desorpcija radionuklidov v 2,5 % raztopini NaCl

Aktivne raztopine Cs, Sr, Ce, Co in Ru smo stresali s po 1 g sedimentov 24 ur. Raztopino smo dekantirali ter sedimente izpirali toliko časa, da smo odstranili radionuklide iz vmesnih prostorov in je imela izpiralna voda manjšo aktivnost kot dvojno ozadje. Nato smo sedimente dali v plastično vrečko v čaši, dodali 500 ml filtrirane savske vode, 12,5 g NaCl ter mešali s cca 500 obrati na minuto. V časovnih presledkih smo odvzemali vzorce raztopine in merili aktivnost tekočine. Rezultati so navedeni v sliki 3, nihajo pa ± 25 %.

Po množini izluženih ionov bi lahko radionuklide razdelili v dve grupi: - radionuklidi, ki se močno desorbirajo v NaCl raztopini Cs, Co, Sr, - radionuklidi, ki se malo desorbirajo v NaCl raztopini Ru, Ce.

Če primerjamo tabelo 7 in sliko 3, opazimo, da je učinek soli na zmanjšanje sorpcije oziroma desorpcije v NaCl raztopini približno enak. Na oba načina smo dobili približno enake rezultate.

III. Vpliv organskih soli v sedimentih na sorpcijo

Iz tabele 2 je razvidno, da vsebnost organskih snovi v suspendiranih delcih oziroma v sedimentih močno varira. Približna vrednost žaroizgube je 30 %. Poskusili smo ugotoviti, v kakšni meri se radionuklidi porazdelijo na anorganski in organski del sedimentov.

večje število opravljenih primerjav v nadaljevanju tega dela omogočilo še popolnejše vrednotenje odvisnosti stopnje aktivnosti Sr-90 in Cs-137 v tleh od pedoloških lastnosti.

Summary

The results of activity measurements of Strontium-90 and Caesium-137 in soil, sampled in different parts of Slovenia are shown and their dependance on the quantity of average yearly precipitation and some pedological characteristics: the concentration of exchangeable calcium and potassium, cation exchange capacity, the content of organic matter, clay mineral and sand are discussed.

Iskreno se zahvaljujemo znanstvenim sodelavcem Biotehnične fakultete Univerze v Ljubljani: Dr. A. Stritarju, dr. M. Ažniku in dr. D. Stepančiču za sodelovanje.

L i t e r a t u r a

1. Russel R.S. : Radioactivity and Human Diet, 532-533, 1966, Pergamon Press, Oxford.
2. Ibid. : 112-113.
3. Alexander L.T., Jordan R.H. et al. : Strontium-90 on the earth surface, U.S. Atomic Energy Commission Report TID 6567, 1961.
4. Rogotkov A.J., Bjelova E.J. : Natural leaching of Strontium-90 from soils, Gigiena i Sanitaria, No. 5, 111-113, 1972.

Postopek: 10 g sedimentov smo dodali radionuklide Cs, Sr, Ce, Co in Ru ter mešali 48 ur. Suspenzijo smo dekantirali ter sedimente močno izpirali, tako da je izpiralna voda po pol urnem mešanju imela samo še aktivnost 50 % ozadja. Nato smo sedimente ekstrahirali z 0,1 N NaOH. Aktivnost ekstraktanta smo merili 8 dni.

Iz slike 4 je razvidno, da se najbolj ekstrahira Ru 10 %, sledi Cs 8 %, Co 6 %, Sr 3 % in Ce 2 %.

Množina radionuklidov, ki se veže na organsko materijo, je torej zelo majhna v primerjavi z množino vezano na anorganski del sedimentov. Celoten poskus daje samo približno sliko, kolikšen del radionuklidov se veže na organsko materijo. Treba je upoštevati, da se Ce, Co in Sr v alkalnem mediju obarjajo, posebno v prisotnosti anorganskih sorbentov. Izlužene množine teh radionuklidov so po vsej verjetnosti višje, medtem ko so za Cs in Ru realne. Z druge strani se tudi del radionuklidov pod vplivom Na-iona izluži iz sedimentov.

Iz rezultatov navedenega poskusa lahko samo sklepamo, da se na organske materiale veže samo majhen del radionuklidov.

Abstract

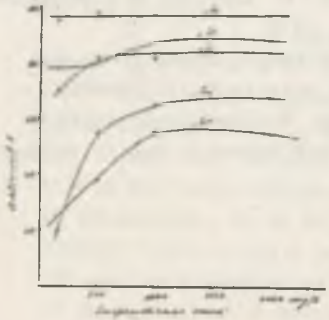
The investigation of the sorption properties of Cs-137, Sr-85,89, Ce-144, Ru-106 and Co-60 on suspended particles in the river Sava is described. The sorption capacity in dependence as a function of equilibrium concentration of the solution, pH, presence of foreign salts and sorption rate were determined. The influence of the organic material in the suspended particles was investigated.

LITERATURA

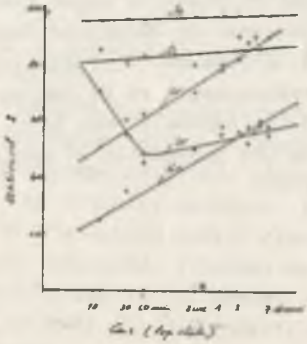
1. Reynolds, T.D., Gloyna, E.F., Uptake and release of radionuclides by stream sediments, Proc. of 2nd Int.Conf. on Water Pollution Research, Section 1, No 8, Aug. 1964
2. Kawabata, Toshiharu, Studies on the sorption and release of radionuclides, J. of Radiation Research, 8-1, 20-31 (March 1967)
3. Iome, Y., Kaufman, W.J., Studies of injection disposal, Proc. of 2nd Ground Disposal of Radioactive Wastes Conf., Calk River, Canada 1961, 303-321

4. Prout, W.E., "Adsorption of radioactive wastes by Savanah River Plant soil", Soil Science, Vol. 86, No 1, July 1958
5. Weissbuch, H., Clain, E., Botezatu, S., Freund, I., Avaravarei, I., Behavoiur of Cs-134, Sr-85 and Zn-65 radionuclides released to water basins, Proc. of the IRPA 2nd European Congress on Radiation Protection, 1970
6. R. Kirchmann, G. Cantillon, Compartement, en riviere, des radiocobalts et du radiomanganese provenant d'effluents d'une centrale PWR, Proc. Int.Symp. Radioecologic applied to the protection of man and his environment, Roma 7-10 Sept., 1971.

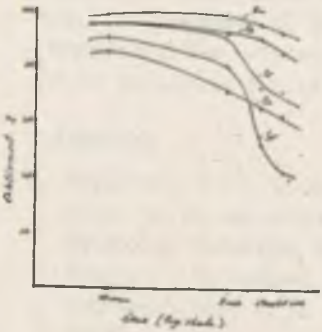
Slika 1. [illegible]



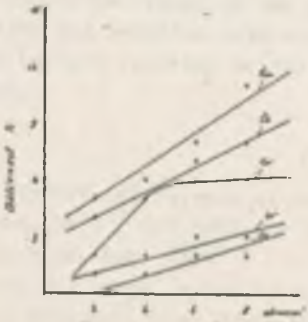
Slika 2. Odvisnost [illegible] od časa



Slika 3. [illegible]



Slika 4. [illegible]



VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu
od zračenja

Herceg Novi 20-23. maj 1975

M. Pirš, M. Toplišek
Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani, Ljubljana

SORPCIJA J-131 NA HUMUSU, PESKU IN VODI

Izvleček

Raziskana je bila sorpcija NaJ (J-131) iz vodne raztopine ter CH_3J (J-131) iz zraka na humusu, pesku in vodi. Opisane so raziskave migracije J-131 pod naravnimi pogoji.

UVOD

Radiojod je pri nuklearnih nezgodah navadno kritičen element. Čeprav je njegova razpolovna doba 8,05 dni , je zaradi velikih množin, ki so ob ustavitvi obratovanja reaktorja prisotne v reaktorju, najbolj nevaren za okolico. V organizem prodre potom inhalacije ali pa s hrano, če uživamo rastline, nakatere se je deponiral oz. z mlekom, če se živina pase po travi kontaminirani z J-131. Kemijska sestava izpušnih plinov je različna in zavisi od načina filtriranja, n.pr. frakcija HJO_3, ki je znašala pred filtriranjem 80 %, je po filtriranju padla na 17 %, medtem ko je CH_3J iz 15 % narastel na 70 % ([1]). Ti podatki sugerirajo, da je večina J-131 v zraku organskega izvora.

V naših raziskavah smo skušali ugotoviti, kako se veže radiojod na zemljo in pesek kot NaJ. Znano je, da se kationi vežejo na zemeljskih materialih trdno, medtem ko se anioni vežejo slabo in hitro migrirajo v spodnje plasti ([2,3,4]). Poleg tega smo skušali ugotoviti množino metiljodida, ki se deponira iz atmosfere kontaminirane z metiljodidom ter migracijo J-131 pod naravnimi pogoji.

EKSPERIMENTALNI DEL

I. Sorpcija NaJ na humusu in pesku iz vodne raztopine

Postopek: po 2 g humusa in peska smo stresali 30 min s 25 ml markirane raztopine NaJ. Koncentracija NaJ raztopine je bila 10^{-8}, 10^{-4} in 10^{-2} N. Po 30 min smo izmerili aktivnost raztopine (tabela 1), vzorec centrifugirali, dekantirali ter izmerili aktivnost raztopine in trdne faze. Nato smo dodali 25 ml vode, mešali nekaj minut, centrifugirali, dekantirali in merili aktivnost trdne faze in raztopine.

Tabela 1

Sorpcija J-131 na humusu in pesku, izračunana po prvem merjenju aktivnosti

Konc. izhodne raztopine	Sorpcija % humus	Sorpcija % pesek	Sorpcija mekv/g humus	Sorpcija mekv/g pesek
10^{-8}N	52	23	-	-
10^{-4}N	12	5	$1,5.10^{-4}$	7.10^{-5}
10^{-2}N	2	1,2	$2,5.10^{-3}$	$1,5.10^{-3}$

Po centrifugiranju izmerjena aktivnost znaša pri humusu cca 70 %, pri pesku pa cca 10 % vrednosti sorpcije kot je navedeno v tabeli 3. Po prvem izpiranju je aktivnost peska že v mejah poskusnih napak. Pri humusu se J-131 izpira nekoliko počasneje ter znaša aktivnost humusa po tretjem izpiranju cca 10 % prvotne aktivnosti.

Pri pretoku 10^{-8} N markirane raztopine NaJ-131 skozi plast humusa in peska (25 g materiala, debelina plasti 1 cm) se del aktivnosti v humusu sicer zadrži, zmanjšana aktivnost pa prebije kolono takoj. Po pretoku 50-100 ml pa postane aktivnost efluenta enaka aktivnosti influenta. Plast peska na NaJ raztopine sploh ne zadrži, oziroma zadrži v mejah poskusnih napak. NaJ prodira skozi pesek neovirano.

II. Sorpcija metiljodida na humusu, pesku in vodi

Kot je v uvodu omenjeno, je večina J-131, ki izhaja iz dimnikov organskega izvora in sicer metiljodid. Ko pride v atmosfero, se počasi vseda na tla in kontaminira okolico. V naših poskusih smo poskušali ugotoviti množino metiljodida, ki se pri določeni koncentraciji v zraku, deponira na vodo, pesek in zemljo.

Poskuse smo izvajali v 5 l eksikatorju. Vzorce smo postavili v sredino. Humus in pesek smo nasuli v petri skodelice 0,5 cm debelo, v tretji petrijevki pa je bila voda. Skozi zamašek pokrova smo napeljali tri cevke. Prva je segala na dno eksikatorja, druga je bila pod pokrovom ob strani eksikatorja; ti dve smo priključili na pretočno črpalko, skozi katero smo vpihovali oziroma črpali zrak, da se je plin v eksikatorju stalno gibal. Na tretjo cevko smo preko plinske ure priključili nastavek z aktivnim ogljem, ki zadrži J-131. Nastavek smo zamenjali vsake pol ure iz meritve aktivnosti aktivnega oglja in volumna plina iz eksikatorja izračunali koncentracijo J-131 v eksikatorju. Metiljodid smo vpihovali skozi stranski tubus. Raztopili smo ga v alkoholu, nalili v izpiralko, ter ga izpihovali z dušikom. Poskus je trajal 2 uri. Po dveh urah smo izmerili aktivnost vzorcev. Rezultati so navedeni v tabeli 2.

Tabela 2

Deponiranje metiljodida iz atmosfere

Material	Deponirani J-131 uCi/cm^2	Konc. J-131 v zraku uCi/cm^3	Hitrost dep. cm/s
Voda	$3,5.10^{-4}$	6.10^{-5}	$0,8.10^{-3}$
Pesek	$7,5.10^{-4}$	6.10^{-5}	$1,7.10^{-3}$
Humus	$1,0.10^{-2}$	6.10^{-5}	$2,3.10^{-2}$

Poskus deponiranja metiljodida smo izvedli v treh paralelkah. Razlike med posameznimi meritvami znašajo do 90 %. Kljub velikim razlikam pa je iz tabele 2 razvidno, da se metiljodid najmanj deponira na vodo, nekoliko več na pesek, najbolj pa na humus.

V četrti koloni tabele 2 je navedena hitrost deponiranja, parameter, s katerim se navadno izraža množina J-131 izračunana po enačbi:

$$\text{hitrost deponiranja} = \frac{\mu Ci/cm^2 \text{ površine}}{\mu Ci/cm^2 \times \text{čas (v zraku)}}$$

III. Migracija J-131 pod naravnimi pogoji

Laboratorijske določitve sorpcije imajo vedno nedostatek v tem, da so poskusi izvedeni na premaknjenih vzorcih, medtem ko procesi v naravi potekajo na nepremaknjenih vzorcih. Za določitev migracije J-131 smo se skušali temu nedostatku izogniti. Vzorce humusa smo odvzeli tako, da smo v humus zavrtali jekleno cev premera 19 cm ter jo nato odkopali. Na površino smo nalili raztopino NaJ-131 cca 0,1 $\mu Ci/cm^2$. Cilinder smo nato izpostavili atmosferskim prilikam in sicer smo izbrali dneve, ko je zmerno deževalo. Vzorce smo odvzemali z jekleno cevjo premera 2 cm tako, da smo cev zabodli v humus in humus razdelili v kose po 5 cm ter izmerili aktivnost. V tabeli 3 so navedeni rezultati meritev migracije J-131 po 2., 3. in 4. dnevu

Tabela 3

Aktivnost (imp/100 sek) humusa v različnih globinah v odvisnosti od časa

Globina cm	2. dan	3. dan	4. dan
0 - 5	49500	48500	9100
5 - 10	1850	550	10800
10 - 15	1700	2100	12300
15 - 20	1100	630	8500
20 - 25	550	410	7100
25 - 30	3400	230	350
30 - 35	400	-	880
35 - 40	500	-	310
40 - 45	-	-	-

Iz tabele je razvidno, da je J-131 prodrl že drugi dan 40 cm globoko, isti rezultat dobimo tudi po četrtem dnevu, medtem ko meritve tretjega dne ne dajo značilnih rezultatov. Koncentracija v posameznih globinah pa je bistveno različna. Meritve po dveh dneh kažejo, da se je glavna aktivnost zadržala v prvih petih cm humusa, razmeroma velik del J-131 pa je prodrl 30 cm globoko. Migracija v

štirih dneh pa kaže, da se je celokupna aktivnost porazdelila približno enakomerno v globino 30 cm. Meritve tretjega dne se ne skladajo z ostalimi. Verjetno je vzrok temu nehomogenost plasti, ki je lahko različna tudi na majhnih razdaljah. Tudi pri pretoku J-131 v kolonah smo često opažali med posameznimi vzorci velike razlike, čeprav smo za te poskuse uporabljali enoten vzorec. Celokupna množina padavin je znašala 25 mm in sicer 1. dan 5 mm, 2. dan smo dodali 12 mm vode, ker ni deževalo, 3. dan 8 mm, 4. dan 0.

Poskus določitve migracije smo ponovili. Pogoji so seveda različni, ker ni mogoče izbrati istih vremenskih razmer. Aktivnost smo merili 1., 2. in 6. dan. Celokupna množina padavin pa je znašala 10 mm: 1. dan 3 mm, 2. dan 0, 3. dan 0, 4. dan smo dodali 7 mm vode, 5. dan 0, 6. dan 0. Rezultati meritev so navedeni v tabeli 4.

Tabela 4

Aktivnost (imp/100 sek) humusa v različnih globinah v odvisnosti od časa

Globina cm	1. dan	2. dan	6. dan
0 - 5	62500	51000	5300
5 - 10	1200	750	6100
10 - 15	3500	1900	11100
15 - 20	720	4100	3200
20 - 25	350	750	9100
25 - 30	-	550	450
30 - 35	-	930	850
35 - 40	100	230	350
40 - 45	-	100	-

Iz tabele je razvidno, da je J-131 že 2. dan prodrl 35 - 45 cm globoko. Prva dva vzorca kažeta, da se je večina aktivnosti zadržala v prvih petih cm humusa, medtem ko se je v tretjem vzorcu aktivnost porazdelila približno enakomerno 25 cm globoko, kar je posledica razmeroma velike množine dodane vode v 4. dnevu. Porazdelitev med 1. in 2. dnevom pa zopet kaže na različne retencijske lastnosti strukture tal.

Oba poskusa pa sta pokazala, da 1 - 2 dni po kontaminaciji, migrira jod do 40 cm globoko. Različne koncentracije na raznih glo-

binah so verjetno posledica različne geološke strukture. Večje množine padavin oziroma dodane vode pa premaknejo vso množino joda enakomerno v globino.

Abstract

The sorption of NaJ (J-131) from water solutions and CH_3J (J-131) from air on humous soil, sand and water was investigated. The investigations of the migration of J-131 under natural conditions are described.

LITERATURA

1. E. Tachikava, W.T. Maritomi, J.nucl.sci. & Tech. 8, 7 (1971) 371
2. K.C. Knoll, USAEC Rep. HW-6783C (1960)
3. B.F. Hajek, USAEC Rep. BNWL-C1-208 (1965)
4. F.A.M. de Haan, G.H. Bolt, Proc. Soils Soc., America 27, 636 (1963).

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi, 20 - 23 maj 1975

ISPITIVANJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI MLEKA I NEKIH MLEČNIH PROIZVODA U SAP VOJVODINI

Gligorijević J., Djurić G., Petrović B., Šuvakov D.

Veterinarski fakultet, Beograd - Katedra za radiologiju i fizioterapiju
Veterinarski institut, Novi Sad

KRATAK SADRŽAJ

U radu su prikazani rezultati dvogodišnjih merenja ukupne beta aktivnosti uzoraka mleka, jogurta, kiselog mleka i mekog sira . Uzorci su sakupljani na poljoprivredno-industrijskim kombinatima sa područja SAPV (Senta,Zrenjani, Sremska Mitrovica) . Beta aktivnost je merena halogenim GM brojačem sa antikoincidentnom spregom . Promena specifične beta aktivnosti uzoraka u toku godine ima oblik periodične funkcije . Kod većine uzoraka, s obzirom na područje sakupljanja , nisu konstatovane statistički značajne razlike medju vrednostima za specifičnu beta aktivnost .

UVOD

Stalna i sistematska ispitivanja namirnica na poreklo i nivo beta aktivnosti u njima, treba da doprinese saznanju o udelu beta aktivnosti u celokupnom radijacionom opterećenju čoveka . Ova kontrola može da ukaže i na zavisnost izmedju nivoa aktivnosti i vrste namirnica , mesta sakupljanja i godišnjeg doba . Uključu-

jući u ova ispitivanja i kontrolu stočne hrane , dolazi se do nekih zakonitosti u prenosu beta aktivnosti u ciklusu stočna hrana - namirnice - čovek .

I pored saznanja da u današnjim uslovima preko 90% beta aktivnosti u namirnicama potiče od prirodnih izvora, prvenstveno od ^{40}K , ovakva ispitivanja nisu bez osnove iz dva razloga . Prvo, o sadržaju ^{40}K u pojedinim namirnicama malo se zna, bar za naša područja, a s obzirom na veliku rasprostranjenost kalijuma, sadržaj ^{40}K u pojedinim namirnicama treba da bude osnova za utvrdjivanje kriterijuma pri davanju ocene o konzumnoj vrednosti namirnica sa gledišta radijacione higijene (1) . Drugo , ova istraživanja doprinose i razvoju metoda merenja beta aktivnosti različitih uzoraka , što je od značaja za rutinska merenja pri kontroli namirnica na radioaktivne rezidue .

MATERIJAL I METOD RADA

Sakupljanje uzoraka mleka (po 0,5 lit) , jogurta (po 0,25 lit), kiselog mleka (po 0,25 lit) i mekog sira (po 0,5 kg) vršeno je dva puta mesečno u toku jedne godine . Ispitivanja ukupne beta aktivnosti navedenih uzoraka obavljena su u toku 1973. i 1974. godine, a uzorci su prikupljani sa poljoprivredno-industrijskih kombinata (PIK) Senta, Zrenjanin i Sremska Mitrovica .

Princip merenja ukupne beta aktivnosti ispitivanih uzoraka sastojao se u uporedjivanju merene beta aktivnosti uzoraka sa izmerenom beta aktivnošću standardnog izvora beta zračenja . Kao standardni izvor beta zračenja korišćen je KCl , jer sadrži radioizotop ^{40}K (0,0118%), čije je vreme poluraspada veoma dugo ($T = 1,34 \times 10^9$ god) , a emituje energiju beta zračenja od 1,33 MeV (88%) . Osim toga, KCl nije higroskopan , vrlo je rasprostranjen u prirodi i može se lako nabaviti u čistom obliku(2).

S obzirom na nizak nivo beta aktivnosti u ispitivanim uzorcima aktivnost je merena iz mineralnog ostatka . Svi uzorci su mineralizovani metodom uparavanja i spaljivanja na temperaturi do 450°C . Mineralni ostatak je usitnjen i prosejan , tako da je omogućeno preparisanje veoma homogenih izvora beta zračenja . Preparisana su uvek po dva izvora od uzoraka i od standarda (250 i

·500 mg) . Vreme merenja aktivnosti je odredjivano prema nivou aktivnosti uzoraka i nivou osnovnog zračenja i nije nikada bilo kraće od 30 minuta niti duže od 60 minuta (3) . Relativna greška merenja uzoraka i standarda kretala se od 8 - 15% ; Pošto su i uzorci i standardi preparisani i mereni na isti način izbegnute su mnoge korekcije koje su inače neophodne kod merenja beta aktivnosti (samoapsorpcija, rasejavanje u izvoru, odbijanje od podloge i drugo) .

Za merenje beta aktivnosti korišćen je halogeni GM brojač sa antikoinoidentnom spregom (LOLA-4), koji se odlikuje dobrom stabilnošću i pouzdanim radom . Osetljivost ovog brojača je 10^{-12} Ci, a nivo osnovnog zračenja je oko 1,8 imp/min (4) . Efikasnost brojača za beta zračenje energije 1,33 MeV odredjeno je pomoću standardnih izvora KCl i kretala se od 8,3 - 16,7 % , u zavisnosti od debljine standarda .

Rezultati merenja beta aktivnost predstavljaju srednje vrednosti više preparisanih izvora zračenja uzoraka, dobijenih od mineralnog ostatka kvartalnog zbirnog uzorka, a izraženi su kao specifična aktivnost (SpA) u pCi/lit, odnosno po kg svežeg uzorka .

REZULTATI MERENJA I DISKUSIJA

Ukupna beta aktivnost mleka sa područja SAPV u toku 1973. godine kretala se od 851 ± 46,8 do 1076 ± 59,2 pCi/lit (tabela 1) , a u toku 1974. godine ova aktivnost se kretala od 667 ±63,3 do 1169 ± 111,0 pCi/lit (tabela 2) .

Grafičkim predstavljanjem srednjih vrednosti beta aktivnosti kao SpA = f(t) , dobija se periodična funkcija sa maksimumima u I i II kvartalu i izrazitim minimumom u III kvartalu .Vrednosti u IV kvartalu su bliske srednjim godišnjim vrednostima (slika 1) . Ovi rezultati su u saglasnosti sa podacima iz literature o koncentraciji ^{137}Cs i K u mleku iz Novog Sada u toku 1972. godine (5) . Oni govore o periodičnosti izlučivanja ^{137}Cs i K u mleko, a ujedno pokazuju da je izlučivanje K fazno pomereno za oko 60 dana . Maksimalne i minimalne koncentracije ^{137}Cs pojavljuju se 60 dana pre odgovarajuće vrednosti kalijuma . Konstatovano je da se, ako se krave uvode u laktaciju po odredjenom ritmu, do-

bija jednostavna periodična vremenska funkcija koncentracije cezijuma-137 , odnosno kalijuma; u protivnom funkcija je složena . U ovom radu dobijene su jednostavne periodične funkcije, što znači da se uvodjenje krava u laktaciju obavlja u odredjenom ritmu, a da ukupna beta aktivnost potiče od beta aktivnosti ^{40}K i ^{137}Cs.

Izraziti minimumi beta aktivnosti u mleku koji se javljaju u III kvartalu rezultat su načina ishrane krava (ispaša) i meteoroloških uslova karakterističnih za taj vremenski period (minimum padavina) . Ovo je u saglasnosti sa teorijom "sezonskih varijacija" - pojava minimuma i maksimuma koncentracije radionuklida u biosferi (6) .

Kod uzoraka miselog mleka i jogurta beta aktivnost se za period od dve godine kreće od 574 ± 31,6 do 869 ± 47,8 pCi/lit (tabela 1 i 2) , a pojedinačne srednje vrednosti po kvartalima za odredjeno mesto sakupljanja opisuju se takodje kao periodične funkcije sa minimumom u trećem kvartalu (slika 1) .

Izrazito niske vrednosti ukupne beta aktivnosti dobijene su za uzorke jogurta sa područja PIK Sremska Mitrovica u 1973. godini , a kreću se od 347 ± 19,1 do 545 ± 29,9 pCi/lit . Kvalitet ispitivanog jogurta nije odgovarao propisanom standardnom kvalitetu sa 5,5% pepela i 3,2% masti , već je u toku cele godine imao 2,5% pepela i oko 3,2% masti . Grafički prikazane vrednosti pokazuju periodičnost sa minimumom u III kvartalu.

Ukupna beta aktivnost mekog sira kretala se u toku 1974. godine (u 1973. godini ispitivanja nisu vršena) od 731 ±113,3 do 1404 ± 217,5 pCi/kg svežeg uzorka (tabela 2) . Na slici 2 dat je grafički prikaz rezultata za ove uzorke u odredjenom vremenskom periodu . Dobijene periodične funkcije imaju minimum u II i III kvartalu za uzorke sira iz PIK Senta i PIK Sremska Mitrovica, a kod uzoraka sira iz PIK Zrenjanin minimum se javlja samo u III kvartalu (slika 2) . Pošto se ovde radi o uzorcima sira istog kvaliteta, s obzirom na procent pepela i masti (uzorci sira iz PIK Senta i PIK Sremska Mitrovica imali su 45% masti i 42,3% pepela, a uzorci sira iz PIK Zrenjanin imali su 55% masti i 51,6% pepela), ove razlike su moguće . Tačnije objašnjenje bi zahtevalo dopunska ispitivanja o uticaju procenta pepela i masti na nivo beta aktivnosti u mekim sirevima .

Jednogodišnje srednje vrednosti ukupne beta aktivnosti uzoraka mekog sira su za PIK Sremska Mitrovica 1260 ± 195,3 pCi/ /kg svežeg uzorka , a za PIK Zrenjanin 1254 ± 194,4 pCi/kg svežeg uzorka . Izmedju ovih vrednosti nema statistički značajnih razlika . Uzorci mekog sira za PIK Senta imaju nižu vrednost (861 ± 133,1 pCi/kg svežeg uzorka) , koja se ne uklapa u gornje vrednosti u okviru statističkih grešaka merenja . Iz prethodno navedenog sledi da se ovde najverovatnije radi o drugoj vrsti sira, pa su ove razlike dozvoljene .

Izmedju srednjih dvogodišnjih vrednosti ukupne beta aktivnosti uzoraka mleka , kiselog mleka i jogurta, s obzirom na područje sakupljanja uzoraka , nema statističkih razlika na nivo značajnosti od 5% i 1% (tabela 3) . To ukazuje na ravnomernu distribuciju ukupne beta aktivnosti u ispitivanim uzorcima za područje SAP Vojvodine . Izuzetak su uzorci jogurta sa PIK Sremska Mitrovica , sakupljani u toku 1973. godine, te oni nisu korišćeni pri izračunavanju dvogodišnje srednje vrednosti ukupne beta aktivnosti uzoraka jogurta .

Inače , vrednosti ukupne beta aktivnosti jogurta i kiselog mleka veoma su bliske i slažu se u okviru statističkih grešaka merenja , što ukazuje na standardan kvalitet ovih proizvoda.

Z A K L J U Č A K

Iz prikazanih rezultata merenja može se zaključiti sledeće :

1. Promena ukupne beta aktivnosti ispitivanog mleka i mlečnih proizvoda sa područja SAPV , u toku godine predstavlja periodičnu funkciju, koja je rezultat načina ishrane krava, nivoa aktivnosti u hrani i godišnjeg doba .

2. Distribucija ukupne beta aktivnosti uzoraka mleka i mlečnih proizvoda je ravnomerna u odnosu na područje sakupljanja uzoraka . Odstupanje od ovoga je konstatovano samo kod onih uzoraka koji nisu imali standardan kvalitet .

3. Ukupna beta aktivnost svih ispitivanih uzoraka nalazi se ispod nivoa MDK_{beta}, a potiče uglavnom od ^{40}K i ^{137}Cs .

TABELA 1.

UKUPNA BETA AKTIVNOST (SpA ± σ) U TOKU 1973. GODINE
(u pCi/kg ili lit svežeg uzorka)

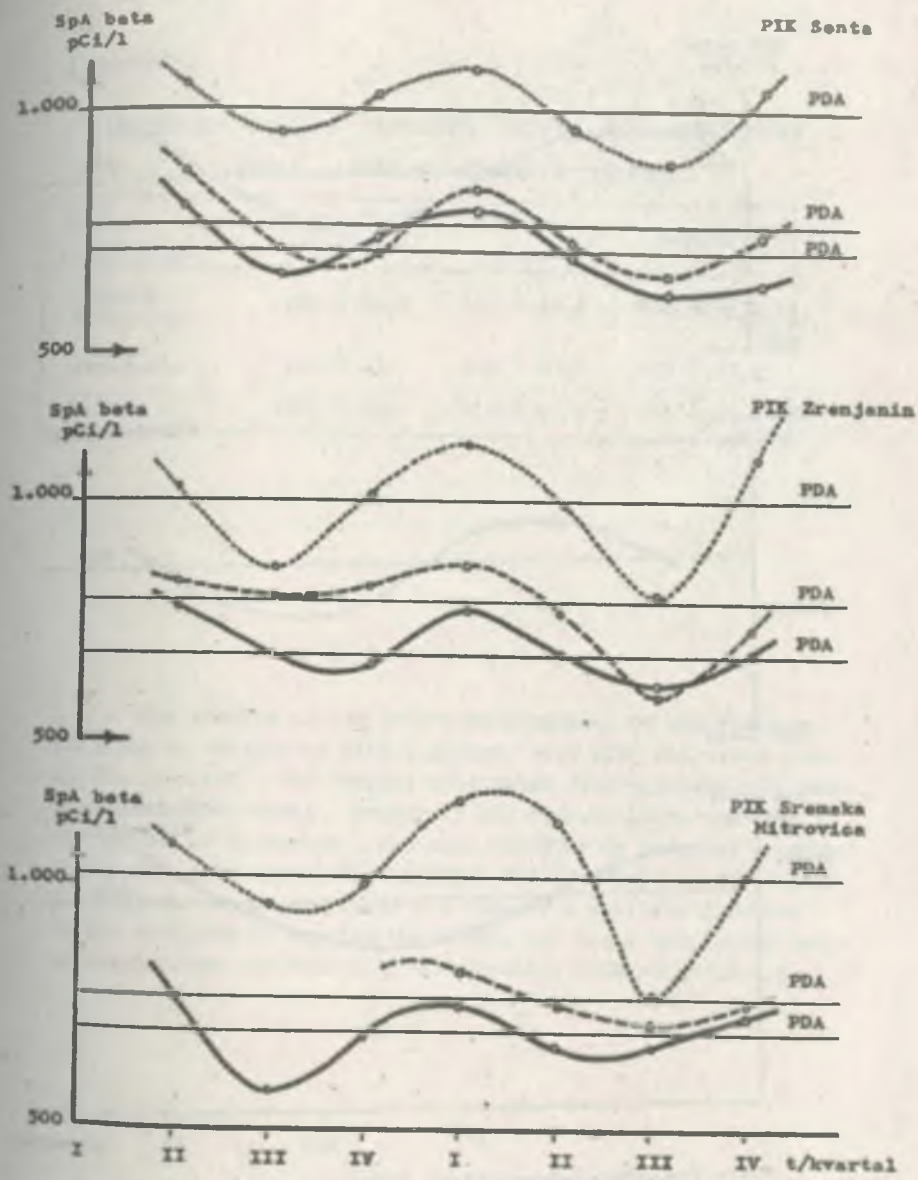
Mesto sakupljanja uzorka	Kvartal	vrsta uzorka: pasterizovano mleko	kiselo mleko	jogurt
Sremska Mitrovica	I	-	-	-
	II	1076 ± 59,2	775 ± 42,6	545 ± 29,9
	III	953 ± 52,4	574 ± 31,6	347 ± 19,1
	IV	1010 ± 55,6	694 ± 38,2	493 ± 27,1
Zrenjanin	I	-	-	-
	II	1006 ± 55,4	685 ± 37,6	834 ± 45,9
	III	851 ± 46,8	586 ± 32,2	802 ± 44,1
	IV	996 ± 54,8	657 ± 36,2	824 ± 45,3
Senta	I	-	-	-
	II	1050 ± 57,8	793 ± 43,6	869 ± 47,8
	III	949 ± 52,2	661 ± 36,4	709 ± 38,9
	IV	1026 ± 56,5	731 ± 40,2	720 ± 38,2

TABELA 2.

UKUPNA BETA AKTIVNOST (SpA ± σ) U TOKU 1974. GODINE
(u pCi/kg ili lit svežeg uzorka)

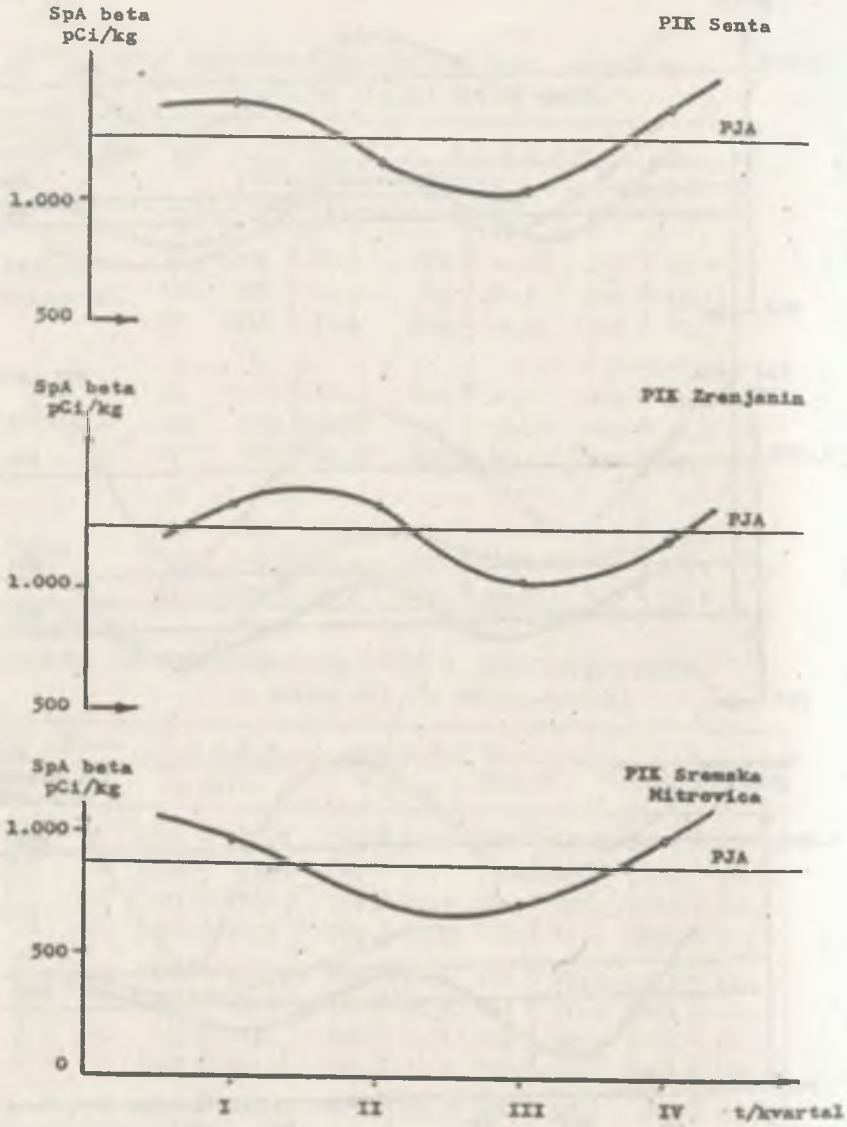
Mesto sakupljanja	Kvartal	vrsta uzorka: pasterizovano mleko	kiselo mleko	jogurt	meki sir
Sremska Mitrovica	I	1169 ± 111,0	754 ± 64,1	827 ± 66,1	1404 ± 217,5
	II	1139 ± 108,2	669 ± 56,8	760 ± 60,7	1180 ± 182,9
	III	667 ± 63,3	664 ± 56,4	707 ± 56,6	1074 ± 166,9
	IV	1026 ± 97,5	728 ± 61,9	764 ± 61,1	1380 ± 213,8
Zrenjanin	I	1106 ± 105,0	760 ± 64,6	853 ± 68,2	1373 ± 213,0
	II	987 ± 93,8	682 ± 57,9	768 ± 61,4	1361 ± 211,0
	III	791 ± 75,1	625 ± 53,1	619 ± 49,5	1056 ± 163,7
	IV	1092 ± 103,7	681 ± 57,8	739 ± 59,1	1225 ± 189,8
Senta	I	1059 ± 100,6	777 ± 66,0	822 ± 65,7	979 ± 151,6
	II	958 ± 90,9	704 ± 59,8	733 ± 58,6	758 ± 117,4
	III	899 ± 85,4	630 ± 53,6	640 ± 51,2	731 ± 113,3
	IV	1037 ± 98,6	642 ± 54,5	742 ± 59,3	974 ± 150,0

Slika 1.



Mleko
Kisslo mleko
Jogurt
PDA - Prosečna dvogodišnja aktivnost

Slika 2.



PJA - Prosečna jednogodišnja aktivnost

TABELA 3.

DVOGODIŠNJE SREDNJE VREDNOSTI UKUPNE BETA AKTIVNOSTI MLEKA , KISELOG MLEKA I JOGURTA

Mesto sakupljanja	pasterizovano mleko	kiselo mleko	jogurt
Sremska Mitrovica	1026 ± 82,3	702 ± 51,9	765 ± 61,1
Zrenjanin	992 ± 79,7	680 ± 50,5	787 ± 55,2
Senta	1002 ± 80,1	715 ± 52,5	757 ± 53,2

A B S T R A C T

The results of two year's measurements of the total beta activity in samples of milk , yogurt, sour milk and white cheese are reported . The samples were taken from agricultural industrial firms of Senta , Zrenjanin and Sremska Mitrovica, all in the region of Vojvodina . The beta activity is measured by a halogen anticoincidental GM counter . The variation of specific activity during a year takes the form of a periodic function . In the majority of samples there were not found any statistically significant variations in the specific beta activity .

L I T E R A T U R A

1. Russell, S.R. : Radioactivity and human diet, Pergamon Press, London, 1966 .

2. Kostrica, A.G.: Kalivyi standart dlya izmerenija radioaktivnosti preparatov, Biofizika 3,N° 2,246, 1958 .

3. Djurić, D.G. : Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu , Zagreb, septembar 1973 .

4. Kovač, B. : Aparatura za kontrolu beta radioaktivnosti uzoraka Lola-4, IX Jugoslovenska konferencija za ETAN, Zadar,1967 .

5. Radovanović, G.R.: Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Veterinarski fakultet,decembar,1974

6. Popović, V. : Radioaktivne padavine, Interna publikacija , Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb .

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi, 20-23. maj 1975

RADIJACIONO - HIGIJENSKA EKSPERTIZA PROTEINSKIH KOMPONENTI INDUSTRIJSKIH HRANIVA ZA STOKU

Petrović B., Radovanović R., Djurić G., Draganović B.

Katedra za radiologiju i fizioterapiju Veterinarskog fakulteta, Beograd

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr D.Karajović", Beograd

KRATAK SADRŽAJ

Ispitivano je prisustvo radioaktivnih rezidua u animalnim belančevinskim sirovinama koje se uvoze iz raznih zemalja Evrope i Južne Amerike, a koriste se kao proteinski aditivi u proizvodnji koncentrata stočne hrane . Ukupna beta aktivnost (UbA) je merena halogenim GM brojačem sa antikoincidentnom spregom, a specifična aktivnost (SpA) ^{137}Cs i ^{40}K je merena na gama scintilacionom spektrometru pomoću scintilacionog brojača NaJ(Tl) i 256 kanalnog analizatora . Izmedju ovih vrednosti nema značajnih razlika na nivou ($p > 0,05$) i ($p > 0,01$) , što ukazuje da su ^{40}K i ^{137}Cs glavni nosioci aktivnosti u ispitivanim uzorcima , ali sa dominantnim učešćem ^{40}K . Nivo SpA ^{137}Cs uzorka kreće se od $5 \pm 0,5$ do $960 \pm 100,8$ pCi/kg svežeg uzorka .

UVOD

Intenzivno stočarstvo danas se ne može zamisliti bez programirane ishrane za pojedine stepene uzrasta domaćih životinja . U tom cilju se za industrijsku proizvodnju stočnih hraniva koriste visokovredne proteinske materije animalnog porekla, koje se u odgovarajućim količinama dodaju raznim smešama hraniva (napr.starteri, premiksi i sl.) , čineći njihovu neophodnu komponentu . Stoga je sasvim razumljivo što se posebna pažnja poklanja svestranoj kontroli kvaliteta ovih aditiva .

Kao proteinski aditiv animalnog porekla danas se vrlo mnogo koriste : riblje brašno , mesno brašno , mleko u prahu i surutka u prahu . Medjutim , nije nepoznato da se za industrijsku preradu koristi i riba iz ulova u vodama gde su se dogadjale eksperimentalne eksplozije nuklearnog oružja . Uvoz ribljeg brašna i drugih proteinskih aditiva iz ovih područja može da doprinese povećanju nivoa biološki značajnih radionuklida u organizmu domaćih životinja i njihovim proizvodima , a preko namirnica animalnog porekla ovi radionuklidi dospevaju i do čoveka .

Iz tih razloga poslednjih godina naša pažnja je bila upravljena na ispitivanje prisustva radioaktivnih rezidua u animalnim belančevinskim sirovinama koje se uvoze iz raznih zemalja Evrope i Južne Amerike i koriste se kao proteinski aditivi u proizvodnji koncentrata stočne hrane .

MATERIJAL

Naša radijaciono-higijenska ispitivanja proteinskih aditiva sveli smo na analizu nekoliko najznačajnijih belančevinskih sirovina animalnog porekla , koje se koriste za proizvodnju koncentrata stočne hrane , a to su : riblje brašno, mesno brašno , mleko u prahu i surutka u prahu .

Ispitivano riblje brašno bilo je uvezeno iz Francuske, Italije, Perua, Čilea i drugih zemalja Južne Amerike . Mesno brašno je uvezeno iz Zapadne Nemačke , a mleko i surutka u prahu vo-

dili su poreklo iz Čehoslovačke .

U našim ispitivanjima imali smo i neke uzorke proteinskih sirovina koji su dobijeni iz domaćih fabrika stočne hrane, a kao zemlja iz koje uzorci vode poreklo označena je Jugoslavija . Medjutim , kako je proizvodnja ribljeg brašna u našoj zemlji mala, može se sa velikom verovatnoćom uzeti da i ovi uzorci vode poreklo iz uvoza .

Uzimanje uzoraka i njihova analiza vršeni su u toku 1973. i 1974. godine .

METOD RADA

Radiometrijska analiza radioaktivnih rezidua u svim proteinskim sirovinama animalnog porekla vršena je na ukupnu beta aktivnost (UbA) . Uzorci kod kojih je ustanovljeno da aktivnost ne potiče samo od prirodnog beta fona podvrgavani su gama spektrometriji .

Odredjivanje UbA vršeno je metodom koja je opisana u literaturi (1,2) . Merenja su vršena halogenim GM brojačem sa antikoincidentnom spregom (LOLA-4, proizvodnje IBK-Vinča), čija efikasnost na beta zračenje energije 1,33 MeV iznosi 8,4% do 9,9% u zavisnosti od debljine izvora .

Gama spektrometrija uzoraka vršena je na gama scintilacionom spektrometru pomoću čvrstog scintilacionog brojača NaJ(Tl) i 256-kanalnog analizatora (proizvodnja firme Nuclear Chicago) .

REZULTATI I DISKUSIJA

Srednja vrednost ukupne beta aktivnosti (UbA) ispitivanih uzoraka ribljeg brašna iznosi 5337 ± 1596,8 pCi/kg svežeg uzorka, a srednja vrednost SpA (^{137}Cs + ^{40}K) u ovim uzorcima bila je 5502 ± 1870,0 pCi/kg svežeg uzorka . Izmedju ovih srednjih vrednosti, koje su dobijene različitim metodama merenja i na različitim mernim uredjajima, nema razlike na nivou značajnosti ($p>0,05$, odnosno $p>0,01$) . Iz toga sledi da izmerena UbA potiče isključivo od ^{40}K i ^{137}Cs u okviru statistički značajnih granica . Obe

metode, korišćene u ovim merenjima mogu se prihvatiti za rutinski rad .

Pojedine srednje vrednosti UbA ribljeg brašna kreću se od 2415 ± 559,8 do 7069 ± 1060,4 pCi/kg svežeg uzorka (tabela 1).

Nivo UbA uzoraka mesnog brašna iznosi 1921 ± 608,4 do 4452 ± 972,1 pCi/kg svežeg uzorka, a SpA (^{137}Cs + ^{40}K) iznosi 1677 ± 256,1 do 4596 ± 701,0 pCi/kg svežeg uzorka (tabela 1) .

Testiranjem srednjih vrednosti UbA ovih uzoraka /3285 ± 1044,5 pCi/kg svežeg uzorka/ i srednje vrednosti SpA (^{137}Cs + ^{40}K) /3319 ± 1279,1 pCi/kg svežeg uzorka/, konstatovano je da medju njima ne postoji razlika na nivou statističke značajnosti ($p > 0,05$ i $p > 0,01$) . I u ovim uzorcima izmerena beta aktivnost potiče od ^{40}K i ^{137}Cs, a dobijene vrednosti kako UbA tako i SpA (^{40}K + ^{137}Cs) nalaze se u statistički značajnim granicama . Kako su i ova merenja vršena dvema metodama, obe metode, s obzirom na prethodno izloženo mogu se prihvatiti za rutinski rad .

Vrednosti UbA i SpA (^{137}Cs + ^{40}K) za uzorak mleka u prahu slažu se u granicama statističkih grešaka merenja, dok kod uzorka surutke u prahu SpA (^{137}Cs + ^{40}K) je znatno veća od UbA (tabela 1) .

S obzirom da je SpA (^{137}Cs + ^{40}K) odredjivana gama spektrometrijskom metodom , a UbA je odredjivana merenjem beta zračenja i nije vršena korekcija na efekt samoapsorpcije, ove razlike su moguće .

Relativna greška merenja UbA uzoraka ribljeg brašna , mesnog brašna , mleka u prahu i surutke u prahu je zavisila od nivoa aktivnosti uzoraka , nivoa osnovnog zračenja i vremena merenja uzoraka, a kretala se u granicama od 7,3 do 27,8 % .

Specifična aktivnost ^{137}Cs u uzorcima ribljeg brašna iznosi od 5 ± 0,5 do 432 ± 45,4 pCi/kg svežeg uzorka , a SpA ^{40}K u ovim uzorcima je u granicama od 3058 ± 473,9 do 9303 ± 1441,9 pCi/kg svežeg uzorka . Kod svih ispitivanja uzoraka SpA ^{137}Cs je izmerena sa greškom od 10,5% , a SpA ^{40}K sa greškom od 15,5% .

Kod uzoraka mesnog brašna SpA ^{137}Cs kreće se od 47 ± 4,9 do 308 ± 32,3 pCi/kg svežeg uzorka , a SpA ^{40}K kreće se od 1601 ± ±248,2 do 4369 ± 677,2 pCi/kg svežeg uzorka (tabela 2) .

Prikazani rezultati ukazuju da je ^{40}K glavni nosilac beta aktivnosti ispitivanih uzoraka ribljeg i mesnog brašna, jer u ukupnoj izmerenoj aktivnosti učestvuje sa 89,7 - 99,9 %. Ovo se odnosi i na uzorke surutke u prahu, gde izmerena aktivnost ^{40}K iznosi 25.297 ± 3921,0 pCi/kg svežeg uzorka , a kod mleka u prahu ova vrednost iznosi 11.863 ± 1838,7 pCi/kg svežeg uzorka .

Iz iznetih podataka proizilazi da SpA ^{137}Cs svih ispitivanih uzoraka se nalazi izmedju 5 ± 0,5 i 960 ± 100,8 pCi/kg svežeg uzorka , što je ispod MDK za ^{137}Cs u stočnoj hrani , da bi se dobile namirnice animalnog porekla (meso,mleko i proizvodi od mesa i mleka) koje su sa radijaciono-higijenskog aspekta upotrebljivi za ljudsku ishranu (p.p.) . Vrednosti SpA ^{40}K u ispitivanim uzorcima su daleko veće (kreću se i do 25.297 ± 3921,0 pCi/kg svežeg uzorka) , no i te vrednosti se nalaze na nivou MDK_{beta}.

Z A K L J U Č A K

Na osnovu postignutih rezultata može se zaključiti da:

1. Izmedju srednjih vrednosti ukupne beta aktivnosti i specifične aktivnosti (^{137}Cs + ^{40}K) uzoraka ribljeg brašna, mesnog brašna , mleka u prahu i surutke u prahu nema statistički značajnih razlika na nivo $p > 0,05$ i $p > 0,01$, te sledi da aktivnost ovih uzoraka potiče od ^{40}K i ^{137}Cs .
2. Rezultati merenja SpA ^{137}Cs i SpA ^{40}K pokazuju da ^{40}K u ukupnoj izmerenoj aktivnosti uzoraka učestvuje sa 89,7 - 99,9 %.
3. Specifična aktivnost ^{137}Cs u svim ispitivanim uzorcima je ispod MDK ^{137}Cs za stočnu hranu .

TABELA 1.

SPECIFIČNA BETA AKTIVNOST PROTEINSKIH ADITIVA
(pCi/kg svežeg uzorka)

Redni broj uzorka	Vrsta uzorka	Poreklo (zemlja)	LOLA - 4 (UbA)	Gama spektrometrija (^{137}Cs + ^{40}K)	^{40}K ≤
1	RIBLJE BRAŠNO	Južna Amerika	4370 ± 744,1	4373 ± 677,5	99,9
2			6744 ± 1052,1	9308 ± 1442,4	99,9
3			7034 ± 844,1	7286 ± 1129,0	99,9
4		Peru	7833 ± 1098,7	7582 ± 1173,4	99,8
5			6131 ± 1143,7	6127 ± 943,0	97,8
6		Čile	6680 ± 1038,0	6790 ± 1040,5	96,5
7			7040 ± 890,6	6925 ± 1071,1	99,4
8		Francuska	6023 ± 1123,4	5793 ± 895,9	99,3
9		Jugoslavija	4022 ± 918,3	4055 ± 626,0	99,9
10			5157 ± 908,0	4834 ± 744,4	98,0
11			2415 ± 559,8	2505 ± 382,3	95,3
12			4300 ± 1040,7	4584 ± 709,0	99,4
13			3409 ± 716,8	3139 ± 482,4	97,4
14			4686 ± 951,2	4173 ± 642,9	98,1
15			4442 ± 960,4	4784 ± 741,0	99,8
16			7069 ± 1060,4	7673 ± 1167,8	94,4
17			3477 ± 695,5	3607 ± 540.5	89,7
18	MESNO BRAŠNO	Zapad. Nemačka	2008 ± 602,2	2036 ± 313,2	97,7
19			2632 ± 716,3	2973 ± 457,6	97,8
20		Italija	1921 ± 608,4	1677 ± 256,1	95,5
21			2920 ± 824,9	2006 ± 302,4	91,5
22		Jugoslavija	3866 ± 989,6	4423 ± 678,4	96,8
23			4419 ± 1408,5	4389 ± 673,4	96,8
24			4452 ± 972,1	4448 ± 674,0	93,1
25			4059 ± 1075,6	4596 ± 701,0	95.1
26	SURUTKA U PRAHU	Čehoslovačka	17599 ± 2372,6	25563 ± 3948,9	98,9
27	MLEKO U PRAHU	Jugoslavija	11877 ± 870,6	12823 ± 1939,5	92,5

TABELA 2.

SADRŽAJ ^{137}Cs i ^{40}K U PROTEINSKIM ADITIVIMA

Redni broj uzorka	Vrsta uzorka	Poreklo (zemlja)	^{137}Cs pCi/kg svežeg uzorka	^{40}K pCi/kg svežeg uzorka
1.	RIBLJE BRAŠNO	Južna Amerika	5 ± 0,5	4365 ± 677,0
2			5 ± 0,5	9309 ± 1441,9
3			5 ± 0,5	7281 ± 1128,5
4		Peru	5 ± 0,5	7567 ± 1172,9
5			132 ± 13,8	5995 ± 929,2
6		Čile	237 ± 24,8	6553 ± 1015,7
7			44 ± 4,6	6881 ± 1066,5
8		Francuska	41 ± 4,3	5752 ± 891,6
9		Jugoslavija	51 ± 5,3	4004 ± 620,6
10			95 ± 9,9	4739 ± 734,5
11			118 ± 12,4	2387 ± 369,9
12			29 ± 3,0	4555 ± 706,0
13			81 ± 8,5	3058 ± 473,9
14			79 ± 8,3	4094 ± 634,6
15			11 ± 1,2	4773 ± 739,8
16			432 ± 45,4	7241 ± 1122,4
17			371 ± 38,9	3236 ± 501.6
18	MESNO BRAŠNO	Z. Nemačka	47 ± 4,9	1989 ± 308,3
19			64 ± 6,7	2909 ± 450,9
20		Italija	76 ± 7,9	1601 ± 248,2
21			170 ± 17,8	1836 ± 284,6
22		Jugoslavija	143 ± 15,0	4280 ± 663,4
23			138 ± 14,5	4251 ± 658,9
24			308 ± 32,3	4140 ± 641,7
25			227 ± 23,8	4369 ± 677.2
26	SURUTKA U PRAHU	Čehoslovačka	266 ± 27,9	25297 ± 3921,0
27	MLEKO U PRAHU	Jugoslavija	960 ± 100,8	11863 ± 1838,7

A B S T R A C T

The presence of radioactive residues was measured in animal protein-containing raw materials that are imported from various European and South American countries, and serve as protein additives in the production of cattle food . The total beta activity was measured by an anticoincidental GM counter, and the specific activity of ^{137}Cs and ^{40}K are measured on a gamma spectrometer with a scintillation NaI(Tl) counter and a 256 channel analyser . There is no significant difference in the ($p>0.05$) and ($p>0.01$) level between these values which means that ^{40}K and ^{137}Cs are the main carriers of the activity in the examined samples, ^{40}K being the dominant . The specific activity level of ^{137}Cs in the samples ranges between 5 ± 0.5 and $960 \pm 100,8$ pCi/kg fresh sample .

L I T E R A T U R A

1. Jelisavčić, O., et al. : Metoda merenja beta i gama aktivnosti biota Severnog Jadrana , III Jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, 335 , Banja Luka,1967 .
2. Djurić, G. : Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb septembar 1973 .
3. Radovanović, R.: Kritičke ocene dozvoljenih nivoa radioaktivne kontaminacije biosfere sa ^{137}Cs i ^{90}Sr, Zbornik radova IV Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, II,592, Baško Polje, maj 1969 .

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 2o.-23. maj 1975

Dušan Novak, Geološki zavod Ljubljana
Ivan Kobal, Institut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani

KRATEK PREGLED NARAVNEGA OZADJA RADIOAKTIVNOSTI VODA V ŽIROVSKEM VRHU

V pregledu je podana geološko-litološka zgradba Žirovskega vrha ter pregled rezultatov kemijskih analiz voda s tega območja, ki smo jih opravili v zadnjih letih. V vodah smo analizirali tudi Rn, Ra, U in totalno beta radioaktivnost. Kemične analize so dale orientacijski pregled hidrofacij. Med ionizirajočimi komponentami smo opazili nekatere anomalije, t.j. povečane količine predvsem Rn v nekaterih izvirih, sicer pa so se gibale količine analiziranih snovi v normalnih mejah.

UVOD

V prispevku opisano delo je bilo opravljeno z namenom, da bi dobili v območju Žirovskega vrha sliko o naravnih vodnih razmerah ter o vplivu pospešenega rudarjenja na te razmere. Morebitne spremembe bomo sledili s sistematičnimi opazovanji v naslednjih letih.

DOSEDANJE RAZISKAVE

V okviru rudarsko-geoloških in hidrogeoloških raziskav v območju Žirovskega vrha so bile v letih 196o/61 napravljene geokemične analize voda (9) ter prva hidrogeološka študija (8). Študija je locila kamnine po tipu poroznosti in ugotovila tri tipe vodonosnikov.

Za potrebe preskrbe z vodo je bilo preiskano območje zgornjega toka potoka Brebovščice in območje Todraža (6,3,4). Zaradi sledenja razmer v okolju in varstva pri delu so bile organizirane meritve in vzorčevanje Brebovščice in Sore ter opravljene druge hidrogeološke študije območja rudnika v Žirovskem vrhu (7), kjer je bila podana geološka zgradba in v podrobnem hidrogeološke lastnosti kamnin. Potrjena je bila dosedanja ugotovitev o vrsti vodonosnikov in tipih izvirov.

Opazovali smo tudi pojavljanje vode v rudarskih delih. Na podlagi analiz, napravljenih v zadnjem času, smo določili hidrofacijo voda ter nekatere parametre fizikalno-kemičnih lastnosti voda v izvirih. Zatem so bili pregledani in izpopolnjeni dosedanji podatki o radiometričnih meritvah površinskih in podzemeljskih voda.

Zavod za varstvo pri delu je opravljal mesečne meritve absolutne alfa radioaktivnosti v algah v Brebovščici, četrtletne meritve Brebovščice pred pritokom vode iz rudnika in vsakodnevno vzorčevanje in merjenje desetdnevnega kompozitnega vzorca v Brebovščici in Sori.

Institut "Jožef Stefan" pa je med drugimi nalogami raziskoval vpliv rudnika v območju Brebovščice in Sore z rednimi analizami skupne jamske vode iz rudnika in mesečnimi analizami potoka Brebovščice in Sore na totalno beta radioaktivnost, ter koncentracije Rn, Ra in U v vodi.

GEOLOŠKA ZGRADBA

Najstarejše kamnine v tem območju so glinasti skrilavci, kremenovi peščenjaki in konglomerati permo-karbonske starosti. Mestoma leže te kamnine na triadnih plasteh. Slede kremenovi peščenjaki, drobnozrnati konglomerati in skrilavci "grödenske serije" ter v ozkem pasu ob Račevi tudi siv dolomit in temnosiv apnenec, ki sta prav tako permske starosti.

K triadi prištevamo zdrobljen dolomit, bel apnenec, tuf, tufite, peščenjake s skrilavci in polami laporjev.

Ob potokih so kvartarni grušči s peski in glino.

Značilna je narivna in krovna zgradba ozemlja. Paleozojske kamnine, permokarbonski skrilavec in permski peščenjak leže na severni in vzhodni strani na triadnih plasteh, na jugozahodu pa leže triadne plasti normalno na permskih kamninah. Permske in karbonske kamnine so ob tektonskih stikih zelo nagubane in porušene prav tako tudi triadni dolomit, ki je zdrobljen. Obravnavano ozemlje in njegova širša okolica sodita k naslednjim tektonskim enotam: idrijsko-žirovsko ozemlje, poljansko-vrhniški nizi ter škofjeloško-polhograjsko ozemlje. Slednje je ob prelomu, ki poteka od Horjula do Loga v Poljanski dolini ter nato čez Gorenjo vas in mimo Hotavelj, narinjeno na Poljansko-vrhniške nize. Krpe karbonskih plasti dokazujejo, da je segal nariv daleč proti zahodu.

Poljansko-vrhniški nizi se nadaljujejo onstran Poljanske doline v strmo nagnjenih plasteh glavnega dolomita ob Kopačnici in v Blegošu. Ob prelomu, ki poteka mimo Smrečja in ob vzhodnem robu Žirovskega vrha do Trate ter nato mimo Stare Oselice, je na poljansko-vrhniške nize narinjeno idrijsko-žirovsko ozemlje kamor prištevamo tudi sam Žirovski vrh.

V podrobnostih je tektonska zgradba še dokaj zapletena in nekateri odnosi tudi še niso povsem razjasnjeni (2).

KEMIČNA SESTAVA V VODI RAZTOPLJENIH SNOVI

a.) Na podlagi kemičnih analiz voda, ki so bile napravljene leta 1973 in 1974, vidimo, da prevladuje Mg Ca-HCO_3 facija z redkimi odstopanji k Na Ca ali Na Mg Ca (Hrastje, Podlesar) vodam, kar je lahko povzročeno tudi z lokalnimi razmerami. Opazujemo tudi, da v vodah, n.pr. v Prelesju in v jamski vodi, ni bistvenih sprememb glede na analize, ki so bile napravljene v preteklih

letih. Med anioni izrazito prevladuje HCO_3^- z le eno izjemo (Podlesar), kjer je 44,5% Cl^-.

Hidrofacijo smo določevali po V.A.Aleksandrovu (1), glede na prevladovanje posameznega iona. V površinskih vodah opazujemo povečanje količine Na in Cl ne pa tudi povečanja količine K (Zala, Držak, Jazbec, Račeva). Te vode pritekajo s paleozojskih kamnin.

Trditev, ki je bila podana v hidrogeološki študiji (8) na podlagi geokemične prospekcije, ni bila potrjena. Na podlagi naših analiz nismo mogli sklepati, da bi bilo največ voda Na/Ca ter da bi Na-vode bile v višjih legah, v nižjih pa Ca in Mg vode. Analize v preteklih študijah so bile napravljene v času višjih pomladnih voda, naše analize pa so zajele sušne poletne in jesenske vode. Razlike imajo zato lahko različne vzroke.

Po klasifikaciji O.A.Alekina so vode v večini zelo mehke, vode, ki pa pritekajo iz karbonatnih kamnin so zmerno trde, vendar največ do 15,2°dH celotne trdote.

b.) V območju Žirovskega vrha smo napravili na izvirih in na potokih mrežo analiz na Rn-222, Ra-226, U-238 in totalno beta radioaktivnost.

Na jugozahodnem delu Žirovskega vrha ni bilo opaziti nobenih izrazitih viškov:

U pod o,1 do o,3 γ/l	Rn od 2,5 do 97 pCi/l
Ra od o,o3 do o,o9 pCi/l	beta od o,5 do 2,7 pCi/l

Na severovzhodnem obrobju, v Todražu in Brebovnici je opaziti malenkostno zvišanje količine urana in radona:

U pod o,1 do 3,3 γ/l	Rn od 2,2 do 283o pCi/l
Ra od o,o2 do o,42 pCi/l	beta od o,o3 do 3,7 pCi/l

Za severni del Žirovskega vrha, okolico Gorenje vasi in obrobje je značilna višja količina urana, večja beta aktivnost, mestoma pa tudi višja količina radona:

U pod o,1 do 12 γ/l Rn od 7,7 do 47o pCi/l
Ra od o,o3 do o,11 pCi/l beta od o,7 do 11,5 pCi/l

Vršni deli Žirovskega vrha so zastopani le z eno analizo, ter ta ne more prikazati skupnih značilnosti:

U pod o,1 γ/l Rn 37o pCi/l
Ra o,32 pCi/l beta 1,8 pCi/l

c.) Na podlagi dosedanjih večkratnih opazovanj na potoku Zali lahko sledimo nekatere spremembe:

datum	Rn-222 (pCi/l)	Ra-226 (pCi/l)	total.β (pCi/l)	U-238 (γ/l)
7.12.1971	75	-	4,4	<o,1
2o.6.1972	-	-	1,7	<o,1
18.12.1973	14	o,16	o,9	o,2
27.2.1974	24	o,o5	1,7	<o,1
16.4.1974	23	o,o5	1,o	<o,1

Zaenkrat lahko te spremembe le registriramo, interpretacija pa bo mogoča kasneje, na podlagi sistematičnih opazovanj v daljši dobi. Verjetno vpliva na količino radioaktivnih komponent vodno stanje, morda pa tudi še rudaraka aktivnost v zgornjem toku Zale leta 1971 na obzorjih 53o in 58o m.

d.) Dosedanja opazovanja vzdolž toka Račeve, Brebovščice in Sore pokažejo naslednje:

Račeva	Rn-222 (pCi/l)	Ra-226 (pCi/l)	total.β (pCi/l)	U-238 (γ/l)
Podlešče	21,3	o,o3	1,3	<o,1
v Račevi	9,8	o,o6	1,3	<o,1
v Novi vasi	2,5	o,o9	2,1	o,3
Brebovščica				
pri Bolku	2,2	o,o5	3,7	2,3
pri žagi	93,5	o,o1	o,9	o,2

Brebovščica	Rn-222 (pCi/l)	Ra-226 (pCi/l)	total β (pCi/l)	U-238 (γ/l)
z Zalo	1o,9	o,14	3,7	o,2
v Todražu	3,5	o,22	2,3	2o
pri izlivu	84,5	o,o6	2,8	9
Sora				
v Žireh	29,8	o,o2	1,5	o,2
v Selu	51,8	o,o3	1,7	o,2
v Trebiji	2o,o	o,o2	1,7	o,3
v Gorenji vasi	9,2	o,o3	5,9	o,4
v Poljanah	22,9	-	2,2	1,3

V Račevi je opaziti rahel porast vseh komponent razen Rn, ki je upadel vzdolž toka in kar je zaradi površinskega odtekanja razumljivo. Račevo pač napajajo vode, ki pritekajo z Žirovskega vrha (Debenčeva grapa, Melcova grapa, Kavčičeva grapa itd.) in je to povsem razumljivo.

Vzdolž Brebovščice je opaziti onečiščenje z Ra do Todraža. Koncentracija Ra se do izliva zmanjša na normalno vrednost. Zelo se spreminja koncentracija Rn, ki naraste "pri žagi" ter zopet pred izlivom. V slednjem primeru verjetno vpliva območje povišane količine te komponente pri Dobravah.

Na Sori je značilna dokaj visoka vrednost Rn, ki se zmanjšuje do Gorenje vasi in znova naraste z Brebovščico. Količina drugih ionizirajočih komponent pa je zanemarljiva.

V površinskih vodah Žirovskega vrha je torej stanje v dovoljenih mejah in izmerjene koncentracije ne dopuščajo nobenega vznemirjenja.

e.) Dosedanje meritve skupne jamske vode iz rudnika, ki edina sedaj onesnažuje površinske vodne tokove, so pokazale, da ima ta nad 5oo pCi/l Rn, nad 236 μg/l urana in do 2,5 pCi/l radija.

Ta voda se zatem izteka v Brebovščico in z njo v Soro.

Obe ti° vodi sta redno opazovani. Počasi se v vodi povečuje le količina urana; od o,4 µg/l leta 1968 do 24 µg/l leta 1973. V Brebovščici se povečajo te količine po sotočju z jamsko vodo; U do 2o µg/l, Ra okrog o,3 pCi/l ter Rn okrog 12 pCi/l.

Vendar se v Sori vpliv onesnažene Brebovščice ne pokaže več (5).

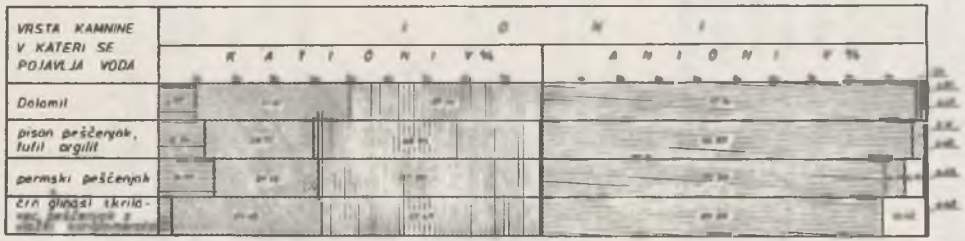
SUMMARY

In the environment of the uranium mine at Žirovski vrh, laying in a series of Permian quartz sandstones and slate, investigation of the quality of underground and surface waters were performed. The most important radioactive components were also determined.

The waters are of hydrocarbonate type, and in some an increased Cl-ion concentration was observed. Also a Na-ion increase in some samples was detected. The waters are mainly soft to medium hard.

In the waters of the south-western part of Žirovski vrh no apreciable amounts of radioactive components were observed. They increase in the waters of the environment of Todraž, Brebovščica and Gorenja vas, where also increase in uranium was detected.

The appreciable uranium content of the Zala creek is due to mining activities in the overlying parts. The amount of radon in surface waters varies very much and depends on the quantity of the inflow of this water. The quantities of radioactive components in other waters away from the mine district is low and well below MPC values. In the river Sora, below Gorenja vas, the contamination from the waters of the Brebovščica stream and mine effluents could not be observed.



ZNAČILNOSTI KEMIČNE SESTAVE VODE ZA POSAMEZNE VODONOSNIKE V ŽIROVSKEM VRHU

2

SKOPJELOSKO
POLOGRAJSKO
OZEMLJE
POLJANSKO - VRANDSKI RIT
I S R I J S K O

Z I R O V S K O
L E G E N D A
O Z E M L J E
MERITVE RADIOAKTIVNOSTI VODA
V OBMOČJU ŽIROVSKEGA
VRHA

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20.-23. maj 1975

Ivan Kobal, Ernest Vončina, Miro Škofljanec in Janez Kristan
Institut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani

MERJENJE KONCENTRACIJE RADONA IN RADIJA V REKAH NA PODROČJU SR SLOVENIJE

Priloženo delo podaja koncentracije Rn-222 in Ra-226 v pomembnejših rekah v SR Sloveniji. Rezultati kažejo, da so koncentracije obeh radionuklidov v vseh preizkanih vodah sorazmerno nizke in nismo našli vode z občutno povečano radioaktivnostjo. Edina izjema je voda iz rudnika urana Žirovski vrh, katere koncentracije Rn in Ra so že umetno povečane zaradi rudarskih del.

UVOD

Radioaktivnost slovenskih rek in voda na splošno, je v glavnem še povsem neobdelana. Da bi prišli vsaj do nekaterih, čeprav skopih in tudi še neurejenih podatkov, smo v vseh pomembnejših rekah v SR Sloveniji izmerili koncentracije Rn-222 in Ra-226, kot dveh tipičnih radionuklidov, ki jih običajno jemljemo kot indikacijo za radioaktivnost voda.

MERILNA TEHNIKA

Za ugotavljanje Rn-222 smo uporabljali metodo, ki smo jo privzeli po literaturi in nekoliko modificirali (1) ter že uporabljali za ugotavljanje radona v termalnih vodah oziroma vo-

dah iz vrtin na področju Slovenije. Po tej metodi se vzorec vode zapre v stekleno posodo (opremljeno z vakuumskimi pipami in obrusi, tako da je možna priključitev na vakuumski sistem) z volumnom 6oo ml. Iz tega vzorca vode se radon prepiha z nosilnim plinom - dušikom, v hlajeni pasti odloči od dušika, segreje na sobno temperaturo in radon napolni v kalibrirano scintilacijsko celico (2), ki omogoča ugotavljanje množine radona z direktnim merjenjem α-aktivnosti v celici.

Ista metoda se lahko uporablja tudi za emanometrično (preko Rn) določevanje Ra, vendar je spodnja meja občutljivosti 2 pCi Ra-226/l vode. Ker so koncentracije radija v površinskih vodah znatno manjše (glej dobljene vrednosti v tabelah!), smo izdelali kombinirano metodo (3), pri kateri se radij najprej koncentrira iz večjega vzorca vode (2o l) s sorpcijo na kationskem izmenjevalcu, in naknadno določi radon, ki se je v določenem znanem času razvil iz radija, sorbiranega na izmenjevalcu. Ta končna faza je slična oni, opisani v prejšnjem odstavku, le da so pogoji malo drugačni.

Eksperimentalne napake določevanja radona (in s tem tudi radija) so ocenjene na okrog 5% ali največ do lo%.

REZULTATI

Rezultati določitev so zbrani v tabeli 1. Tabela 2 pa sumarno prikazuje najmanjše, največje in srednje koncentracije Rn-222 in Ra-226 za posamezni obravnavani vodotok. Za boljšo preglednost so odvzemna mesta vrisana na priloženem zemljevidu.

TAB.št. 1

Koncentracija Rn-222 in Ra-226 v pomembnejših rekah v SR Sloveniji

vzorec	datum	Rn(pCi/l)	Ra(pCi/l)
1 Pivka	18.1o.74.	92,4	o,o4
2 Pivka	18.1o.74.	23,3	o,19
3 Unica	18.1o.74.	19,2	o,o7
4 Močilnik	18.1o.74.	2o,5	o,28
5 Ljubljanica	18.1o.74.	12,8	o,o5
6 Ljubljanica	18.1o.74.	33,9	o,o2
7 Ljubljanica	18.1o.74.	1o,o	o,o1
8 Idrijca	26.1o.74.	9,1	o,o8
9 Idrijca	26.1o.74.	2,7	o,o4
1o Soča	12.11.74.	6,8	o,o1
11 Soča	12.11.74.	7,8	o,o5
12 Soča	12.11.74.	9,4	o,o3
13 Soča	12.11.74.	9,o	o,o4
14 Soča	12.11.74.	7,5	o,o3
15 Kokra	22.11.74.	11,o	o,o2
16 Kokra	22.11.74.	35,6	o,o3
17 Kokra	22.11.74.	9,o	o,18
18 Kokra	22.11.74.	8,1	o,o4
19 Kokra	22.11.74.	7,o	o,o3
2o Kokra	22.11.74.	4,7	o,o1
21 Kokra	22.11.74.	2,5	o,o1
22.Sotla	3. 9.74.	5,8	o,o5
23 Sotla	3. 9.74.	4o,4	o,11
24 Dravinja	3. 9.74.	12,o	o,o5

vzorec	datum	Rn(pCi/l)	Ra(pCi/L)
25 Dravinja	3. 9.74.	9,6	o,o4
26 Dravinja	3. 9.74.	5,3	o,o6
27 Dravinja	3. 9.74.	9,o	o,o5
28 Dravinja	3. 9.74.	9,5	o,o4
29 Dravinja	3. 9.74.	26,4	o,o5
3o Savinja	3.1o.74.	4,o	o,o3
31 Savinja	3.1o.74.	7,4	o,o4
32 Savinja	3.1o.74.	5,3	o,o4
33 Savinja	3.1o.74.	19,6	o,o2
34 Savinja	3.1o.74.	11,7	o,o4
35 Savinja	3.1o.74.	9,8	o,3
36 Paka	3.1o.74.	15,9	o,o9
37 Voglajna	3.1o.74.	18,5	o,o6
38 Kolpa	29. 9.74.	12,9	o,o9
39 Kolpa	29. 9.74.	24,4	o,12
4o Zelenci	5.12.74.	34,4	o,o9
41 Savica	5.12.74.	1,o	o,o2
42 Sava Dolinka	5.12.74.	8,1	o,o4
43 Sava Bohinka	5.12.74.	o,3	o,16
44 Sava Dolinka	5.12.74.	1,3	o,o5
45 Sava	5.12.74.	6,2	o,o2
46 Sava	5.12.74.	7,8	o,o1
47 Sava	5.12.74.	17,5	o,o1
48 Sava	6.12.74.	19,2	o,o2
49 Sava	6.12.74.	21,3	o,o1
5o Sava	6.12.74.	36,3	o,25
51 Sava	6.12.74.	11,5	o,16
52 Sava	6.12.74.	13,2	o,2o
53 Sava	6.12.74.	14,3	o,15

vzorec	datum	Rn(pCi/l)	Ra(pCi/l)
54 Sava	6.12.74.	12,2	o,11
55 Brebovnica	15. 7.74.	11,5	-
56 Brebovnica	15. 7.74.	5,o	1,o
57 Sora	15. 7.74.	14,3	-
58 Sora	15. 7.74.	26,4	o,o9
59 skupna jamska	15. 7.74.	171,o	3,1

TAB.št. 2a

Najnižje, najvišje in srednje vrednosti koncentracij Rn-222 za posamezen vodotok (v pCi/l), razen za dne, kjer sta samo dva vzorca

vodotok	najnižje	najvišje	srednje
Ljubljanica	1o	92	3o
Soča	6,8	9,4	8
Kokra	2,5	36	11
Dravinja	5,3	26	12
Savinja	4,o	2o	1o
Sava	o,3	36	15

TAB.št. 2b

Najnižje, najvišje in srednje vrednosti koncentracij Ra-226 za posamezen vodotok (v pCi/l), razen za one, kjer sta samo dva vzorca

vodotok	najnižje	najvišje	srednje
Ljubljanica	o,ol	o,28	o,lo
Soča	o,ol	o,o5	o,o3
Kokra	o,ol	o,18	o,o8
Dravinja	o,o5	o,o6	o,o5
Savinja	o,o2	o,3	o,o8
Sava	o,ol	o,25	o,o9

ZAKLJUČKI

Kot je razvidno iz tabel 1 in 2, lahko smatramo koncentracije tako radona kot, kar je še posebej pomembno, radija, za sorazmerno nizke (4,5,6,7), gotovo pa povsod znatno pod vrednostjo, ki je pri nas zaenkrat predpisana kot maksimalna dovoljena koncentracija (4 pCi/l). Edina izjema je voda ki teče kot skupna jamska voda iz rudnika urana Žirovski vrh, v kateri so koncentracije radija že zelo blizu ali enake maksimalno dovoljeni. Vendar se koncentracija radija (zaradi sorpcije na strugi in razredčenja) v Brebovnici znatno zmanjša in je komaj opazno povečanje koncentracije Ra v Brebovnici po sotočju skupne jamske glede na Brebovnico pred sotočjem. Zato bo pri odpiranju rudnika urana in predelovalnice urana Žirovski vrh potrebno posvetiti kontroli vode in njenemu čiščenju veliko skrb, tako da se ne bi stanje radioaktivnosti glede na današnje preveč spremenilo - poslabšalo.

Po našem mnenju so rezultati, do katerih smo prišli v okviru postavljene naloge, najmanj, kar moramo vedeti o radioaktivnosti naših površinskih voda. Za širšo interpretacijo in obdelavo dobljenih podatkov pa bi bilo potrebno vsaj na nekaterih značilnih mestih zasledovati sezonsko spreminjanje radioaktivnosti, predvsem pa podatke dopolniti z meritvami radioaktivnosti v vodah iz vrtin, ki bi bile z geološkega oziroma ekonomskega vidika najbolj zanimive.

ABSTRACT

In the presented paper Rn-222 and Ra-226 concentrations in the main slovenian (western part of Yugoslavia) surface waters are collected. Results show relatively low values; the only exception is the water originating from U-mine Žirovski vrh.

Rn-222 was determined by direct α-scintillation method using scintillation cells, and Ra-226 by a new "sorption-emanation" method developped at our laboratory.

LITERATURA

(1) KOBAL I., KRISTAN J., Radiochem.Radioanal.Lett. 1o, 291, 1972
(2) KRISTAN J., KOBAL I., Health Phys. 24, 1o3, 1973
(3) KOBAL I. et al, Health Phys. 27, 381, 1974
(4) RAO S.R., BORKAR M.D., SHAH S.M., Proc.Natl.Symp.Radiatn. Phys. Trombay - India, 1, 5o7, 197o
(5) TSAI C.M., WENG P.S., ibid. 24, 429, 1973
(6) KHADEMI B., MASGHALI A., ibid. 21, 464, 1971
(7) HAVLIK B., ibid. 19, 617, 197o

HALIMBOK
CELJE
NOVO MESTO

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi, 20-23. maj 1975

DISTRIBUCIJA ^{226}Ra, ^{210}Pb i ^{90}Sr U CRNOM BORU SA ZLATIBORA

Džambasević M., Radovanović R.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SRS
"DR DRAGOMIR KARAJOVIĆ" -Beograd

KRATAK SADRŽAJ

Ispitivana je distribucija ^{226}Ra i ^{210}Pb u ekološkom ciklusu zemljište-koren- stablo-kora-grane- lišće i plod crnog bora. U istom ciklusu odredjivana je i raspodela izotopa ^{90}Sr. Raspodela ^{90}Sr po godovima borovog stabla, u uslovima hronične kontaminacije životne sredine ovim izotopom , nije uniformna.

UVOD

Zlatibor je brdsko-planinsko područje sa prosečnom nadmorskom visinom od 950 m. To je prostrana zatalasana visoravan, slabo pošumljena, pod pašnjacima i livadama dinarskog pravca pružanja(1).

Po geološkom sastavu Zlatibor spada u perioditski masiv, i jedan je od najvećih masiva takve vrste u Evropi. To je ogromno prostranstvo eruptivnih stena od kojih su najrasprostranjeniji perioditi , odnosno od njih nastali serpentin (2).

Što se tiče pedološkog sastava zemljišta na ovom terenu su najrasprostranjenija humusno-silikatna smedja zemljišta na serpentinima. To je dosta kiselo zemljište pogodno za rast crnog bora.

Crni bor se odlikuje razvijenim korenim sistemom na čijim se krajevima žilica nalaze odredjene vrste gljivica koje imaju bitnu ulogu u translokaciji materija iz zemljišta u biljku (3,4).

Analizom anatomske gradje bora utvrdjeno je da je srž ovog četinara slabo razvijena. Sekundarno drvo koje je nastalo radom kambijalnog prstena sastoji se iz traheida , a sudova nema. Traheide na radijalnim sudovima nose karakteristične opšančene pore i rasporedjuju se u godišnji prsten (god). Stablo bora je protkano mnogobrojnim sržnim zracima a osim toga u njemu se nalaze i smoni hodnici.

Imajući u vidu da je bor višegodišnja biljka realno je bilo da se očekuje da u uslovima hronične kontaminacije životne sredine dolazi do odredjene distribucije radioaktivnih kontaminanata u istom. Ovim radom započeta su istraživanja u pravcu traženja mogućnosti retrogradne procene hronične kontaminacije životne sredine na osnovu distribucije kontaminanta u jednom pristupačnom ekološkom ciklusu.

METOD RADA I MATERIJAL

Uzorci crnog bora u kojima je vršeno odredjivanje ^{226}Ra, ^{210}Pb i ^{90}Sr odvajani su po godovima ,merena njihova sveža masa, a zatim sušeni na temperaturi od 105 °C do 110°C. Spaljivanje uzoraka vršeno je na temperaturi od 400°C do 450°C.

Odredjivanje ^{226}Ra vršeno je emanacionom tehnikom sa alfa scintilacionim brojačem. Radioaktivno olovo (^{210}Pb) odredjivano je radiohemijskom metodom (5). ^{90}Sr u uzorcima bora odredjivan je takodje,po u literaturi poznatoj radiohemijskoj metodologiji (6). U ovom radu ukupno su ispitivana dva bora različite starosti.

REZULTATI I DISKUSIJA

1. ^{226}Ra i ^{210}Pb u crnom boru sa zlatibora

Izmerene koncentracije ^{226}Ra i ^{210}Pb u ekološkom ciklusu crnog bora sa Zlatibora date su u tabeli 1. Svi delovi bora sadrže ove izotope. U centralnom delu borovog stabla i iglicama koncentracija ^{226}Ra je nešto povećana.

Koncentracija ^{210}Pb povećana je u panju i celom stablu.

TABELA 1

^{226}Ra i ^{210}Pb U CRNOM BORU

NAZIV	^{226}Ra pCi/kg	^{210}Pb pC/kg
zemljište	518	417
panj	7,4	9,5
srž stabla	13,4	4,1
celo stablo	1,4	8,0
grane	5,2	6,6
kora	2,2	7,9
iglice	7,7	4,2
šišarka	1,6	1,0

Distribucija ^{226}Ra i ^{210}Pb u boru ocenjena je sa koeficijentom K datim kao :

K = koncentracija izotopa u delovima bora/ koncentracija izotopa u zemljištu

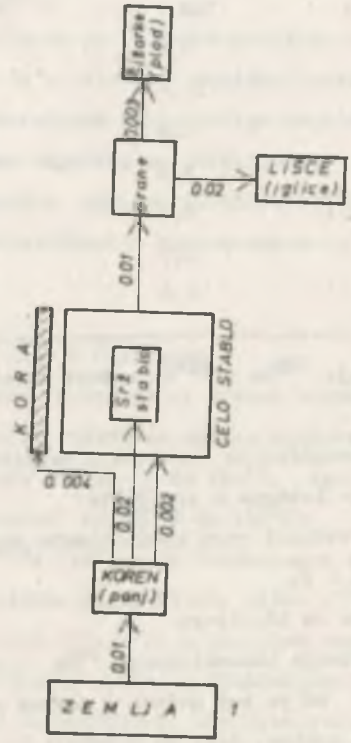
Dobijene vrednosi ovog koeficijenta za ^{226}Ra i ^{210}Pb date su na šemama 1 i 2.

2. ^{90}Sr u crnom boru sa Zlatibora

Rezultati merenja koncentracije ^{90}Sr u uzorcima bora koji su bili sastavljeni od po pet godova (ukupna starost bora 80 godina ; 1892- 1972.godine) dati su u tabeli 2. Dobijeni rezultati pokazuju da je koncentracija ovog izotopa značajno veća u godovima koji pripadaju periodu od 1932. do 1972 godine.
Radi provere ovog podatka izvršana su merenja u boru koji je rastao upravo u gore navedenom periodu (1932-1972). Podaci o ovim merenjima dati su u tabeli 3.

Šema 1.

Šema koeficijenata distribucije ^{226}Ra u pojedinim delovima b o r a



Šema 2

Šema koeficijenata distribucije ^{210}Pb u pojedinim delovima bora

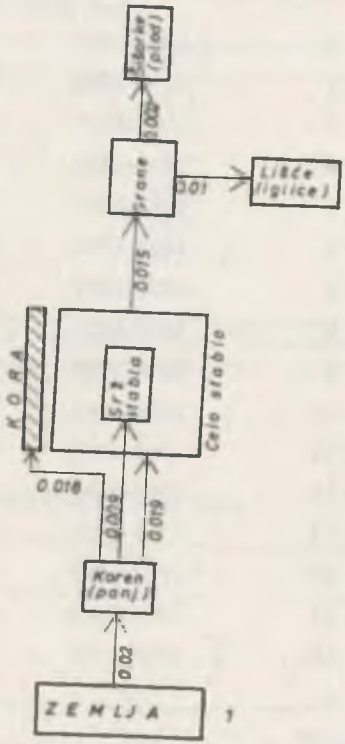


TABELA 2.

Koncentracija ^{90}Sr u crnom boru-1 sa Zlatibora

Redni broj	Naziv uzorka	godina rasta	pCi ^{90}Sr/kg
1.	Sloj - 1	1892-1897	6,69
2.	Sloj - 2	1897-1902	11,56
3.	Sloj - 3	1902-1907	14,62
4.	Sloj - 4	1907-1912	14,56
5.	Sloj - 5	1912-1917	7,76
6.	Sloj - 6	1917-1922	24,21
7.	Sloj - 7	1922-1927	44,22
8.	Sloj - 8	1927-1932	53,05
9.	Sloj - 9	1932-1937	82,36
10.	Sloj - 10	1937-1942	80,02
11.	Sloj - 11	1942-1947	72,74
12.	Sloj - 12	1947-1952	62,29
13.	Sloj - 13	1952-1957	70,19
14.	Sloj - 14	1957-1962	65,28
15.	Sloj - 15	1962-1967	80,02
16.	Sloj - 16	1967-1972	72,98

Srednja vrednost ^{90}Sr u crnom boru-1 je 47,66 pCi ^{90}Sr/kg, a standardna devijacija $\sigma = \pm 7,10$.

Poredjenjem podataka datih u tabelama 2 i 3 lako je videti da su podudarnosti očigledne.

Ispitivanja distribucije ^{90}Sr u raznim delovima crnog bora (Tabela 4) pokazuju da je nabolji koncentrator ovog izotopa plod ove biljke (šišarka).

TABELA 3

^{90}Sr u crnom boru

GOD	pCi/kg
1937- 1942	101,6
1942- 1947	86,3
1947- 1952	82,6
1952- 1957	77,5
1957- 1962	64,6
1962- 1967	85,2
1967- 1972	60,2

(Srednja vrednost koncentracije ^{90}Sr u crnom boru iznosi 79,7 pCi/kg a standardna devijacija $\sigma \pm$ 5,1)

TABELA 4

^{90}Sr u delovima crnog bora

NAZIV	pCi ^{90}Sr/kg	pCi ^{90}Sr/g Ca
kora	34,8	9,4
grane	9,7	17,2
iglice	8,9	6,6
šišarka	37,5	114,5

Poredjenjem podataka datih u tabelama 1 i 4 lako je zaključiti da pored radioekoloških karakteristika radionuklida i bora na distribuciju bitno utiče i mehanizam kontaminacije.

ZAKLJUČAK

Izvršena ispitivanja su pokazala da je koncentracija ^{226}Ra povećana u srži stabla crnog bora (13,4 pCi/kg) u odnosu na celo stablo (1,4 pCi/kg).

Koeficijent translokacije (K) ^{226}Ra iz zemljišta u razne delove crnog bora kreće se od 3.10^{-3} do 2.10^{-2}.

Koncentracija ^{210}Pb u crnom boru najveća je u panju a najmanja u šišarkama (9,5 pCi/kg i 1 pCi/kg respektivno).

Koeficijent translokacije (K) za ^{210}Pb iz zemljišta u razne delove crnog bora iznosi od 2.10^{-3} do 2.10^{-2}.

Ispitivanja raspodele ^{90}Sr po godovima stabla crnog bora pokazuju da je koncentracija ovog izotopa povećana u godovima iz perioda od 1932 -1972.godine u odnosu na godove iz ranijih godina, što potvrdjuje opravdanost daljeg ispitivanja kinetike ovog izotopa u stablu ovog četinara.

LITERATURA

1. J. Cvijić
   Geomorfologija,knjiga II, Beograd, 1926.
2. J. Žujović
   Geologija Srbije,Beograd, 1890.
3. B.B. Alehin i sot.
   Kurs Botaniki,tomII, Moskva, 1940.
4. M. Džambasević
   Magistarski rad, Farmaceutsko-Biohemijski fakultet ,Zagreb, 1975.
5. Lj.Moračič i sar.
   Odredjivanje prirodnih radionuklida u hrani
   III Jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti,Banja Luka, 1967.
6. R. Brnović
   Magistarski rad, Farmaceutsko-Biokemijski fakultet, Zagreb, 1972

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20-23.maj 1975.g.

Ž.Vuković, A.Matijašić, M.Zarić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

PROBLEM RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJALA I RAZVOJ NUKLEARNE ENERGETIKE U SFRJ

U referatu se daje kratak pregled problema u vezi odlaganja radioaktivnih otpadnih materija i sugeriraju pravci daljeg razvoja.

Nuklearna energija nalazi se pred novim kvalitetnim skokom[1], koji u našoj zemlji treba da dovede do odredjenog udela nuklearnih centrala u proizvodnji električne energije. Više uporednih analiza sa aspekta zagadjenja čovekove sredine od rada konvencionalnih termoelektrana i nuklearnih elektrana, pokazuju da nuklearne elektrane imaju odredjene prednosti[2].

Medjutim, izvesno je da nuklearne elektrane proizvode radioaktivne nuzprodukte. Većina od njih može se obraditi i stokirati[3-4]. Za odredjene količine slabo aktivnih voda i gasova koje nema smisla stokirati i čije je prečišćavanje neefikasno - problem je definisati graničnu brzinu kojom se mogu ispustiti u okolinu, a da ne utiču na prihvatljive nivoe radioaktivnosti okoline. Maksimalna brzina unošenja radioaktivnih materija u okolinu definiše se na osnovu studije o kritičnim putevima, kapacitetu okoline i sl.

Metode tretiranja i trajnog zbrinjavanja radioaktivnih otpadnih materijala razvijene su u takvoj meri da omogućuju uspešan razvoj nuklearne energetike.

U našoj zemlji, u nuklearnim institutima "Boris Kidrič", "Rudjer Bošković", "Jožef Stefan" i drugim, već ima odredjenih iskustava na planu rukovanja, tretmana i zbrinjavanja otpadnih materijala kao što su[5-8]: razvoj i razrada metoda za tretiranje efluenata, proučavanje procesa kontaminacije-dekontaminacije, izučavanje adsorptivnih osobina i kapaciteta zemljišta, raznih vrsta glina i drugih prirodnih i sintetičkih materijala, izučavanje distribucije i migra-

cije radioaktivnih izotopa u zemljištu, vodotocima, vazduhu itd.

Najzad, u Institutu "Boris Kidrič" postoji eksperimentalno postrojenje za obradu tečnih efluenata i privremeno skladište za stokiranje čvrstih radioaktivnih otpadaka.

Sva ova iskustva značajna su i mogu da posluže kao korisna podloga za dalji rad, kao i za usmeravanje odredjenih naučno-stručnih i industrijskih kadrova za rad na problemima koji će obezbediti dalji razvoj u ovoj oblasti i adekvatna praktična rešenja.

Na početku uključivanja - planiranja i izgradnje nuklearnih elektrana u energetski sistem Jugoslavije, mada ne raspolažemo sa dovoljno podataka koji bi omogućili procenu količina i aktivnosti čvrstih, tečnih i gasovitih otpadaka, moguće je ukazati na neke njihove osobenosti. Nuklearne elektrane ne proizvode velike količine srednje i niskoaktivnih otpadnih materija. Na primer, za reaktor sa vodom pod pritiskom, snage 1000 MWe[2] procenjuje se godišnja količina od 200-400 m^3 tečnog koncentrata i čvrstih otpadnih materijala, aktivnosti reda 10^2-10^3 Co^{60}, do 10^2 Cs^{137} i Sr^{90}. Glavna aktivnost potiče od jonoizmenjivačkih smola koje se koriste za kontinualno prečišćavanje primarnog rashladjivača i koncentrata nastalog kod uparavanja nisko aktivnih rastvora iz primarnog sistema.

Postrojenje za preradu (reprocesing) goriva najveći su izvor radioaktivnih otpadaka[9]. Otpadci nastali iz rada ovih postrojenja zahtevaju poseban tretman, na primer hladjenje u odredjenom vremenskom periodu, kao i veoma dugo odležavanje - i do 1000 godina.

Prilikom tretmana i stokiranja otpadnih materija neophodno je da se obezbede svi uslovi da radionuklidi ne dospeju u biociklus u količinama koje mogu da pretstavljaju potencijalnu opasnost za okolinu u toku odredjenog vremena.

Orijentacija na studije filosofije tretmana i odlaganja radioaktivnih otpadnih materijala neophodna je sa gledišta sigurnosti i ekonomičnosti, a treba da se zasniva na saznanjima i kriterijumima koji obezbedjuju:

a) da radionuklidi ne dospevaju u podzemne vode u dužem vremenskom periodu;

b) da su hidrološke i geološke karakteristike lokacije pogodne za fiksaciju i minimalnu disperziju;

c) da je opterećenje sredine što manje;

d) da je, kad god je to moguće poželjno čuvanje otpadaka u čvrstom obliku

e) da treba imati u vidu sadašnji i budući interes drugih industrija itd.

U našoj zemlji dalji pravci razvoja metoda i postupaka za definitivno zbrinjavanje radioaktivnih otpadnih materijala treba da se zasniva na prirodnim uslovima i pogodnostima. Ovaj razvoj treba da obuhvati sledeće probleme:

- studije odlaganja čvrstih ili solidifikovanih otpadaka u napuštene rudnike, ili one koji će prestati da se eksploatišu; ovo se posebno odnosi na visokoaktivne materijale;

- studije solidifikacije i tretmana tečnih i gasovitih efluenata;

- odlaganje tečnih i čvrstih otpadnih materijala u pećine i jame;

- stokiranje u rezervoarima ili specijalnim prostorijama na lokaciji nuklearno-energetskog postrojenja;

- odlaganje nisko i srednje aktivnih otpadnih materija u duboke geološke formacije i dr.

Neki od ovih problema obuhvaćeni su dosadašnjim studijama, dok neka pitanja nisu ni u početnoj fazi razmatranja. Jedan od problema koji zaslužuje posebno razmatranje jeste i pitanje prihvatljivosti centralnog skladišta za celu zemlju, republiku ili region, ili taj problem rešavati na lokacijama nuklearnih elektrana. Za potrebe dugoročnog stokiranja preimućstvo dobija centralno skladište, ali se ovo mora izbalansirati sa dodatnim radiacionim rizikom vezanim za transport kao i za čuvanje-obezbedjenje otpadaka.

PROBLEMS OF RADIOACTIVE WASTE AND THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER IN SFRJ

Paper deals with a short account of the problems associated with disposal of radioactive waste. Directions of the further developments are sugested.

Reference

1. M.Mladjenović: Nuklearna energija i zemlja u razvoju IBK-publikacija (januar 1975)
2. D.Richter, Criteria for the Assesment of possible methods for lo-

ng-term storage of Radioactive Wastes in the GDR, VII SFRP, Paris May 1974.

3. B.B.Lewis, Radioactive Waste Manegement in the long Term, AECL-4263 oktobar 1972.

4. J.A.Morrison, AECL Experience in Managing Radioactive Wastes from Canadian Nuclear Reactors AECL-4707 (March 1974)

5. R.Despotović, B.Subotić, J.Zakoncka, Decontamination of "Solid--Liquid" systems Proc.Lth.Yug.Sym. on Radiation Protection, Ohrid, april 1972., pp. VIII/I1

6. Lj.Kneževič, O.Janković, Sorpcija Co^{60} na ilitnim glinama, Zbornik radova VI, Jug.simp. društva za zaštitu, Ohrid, april 1972, strana 331.

7. A.Švabić, Lj.Knežević, Razvoj kombinovanog postupka za uklanjanje nekih fisionih produkata iz radioaktivnih efluenata IBK-785, 1968.

8. Ž.Vuković, Perspektiva primene nekih kristalnih soli za sorpciju produkata fisije, Zbornik VI Jug.simp. zaštite od jonizujućeg zračenja, Ohrid, april 1972, strana 327.

9. EPA, Environmental Analysis of the Uranium Fuel Cycle III Nuclear Fuel Reprocessing, October 1973, Washington D.C.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

Smiljanić R., Patić D.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča - Beograd

PRIMENA SPEKTRALNE ANALIZE NA METEOROLOŠKE USLOVE KOJI DEFINIŠU STEPEN ZAGADJENJA ATMOSFERE

U radu je analizirana mogućnost primene spektralne analize na meteorološke elemente i koncentracije polutanata. Analizirane su promene gradijenta temperature i koncentracija prirodno radioaktivnih aerosola, kao i njihova uzajamna veza za period avgust-septembar 1971.godina.

1. UVOD

Postojanje zavisnosti izmedju meteoroloških uslova i koncentracije polutanata u vazduhu je nesumnjivo. Medjutim, zbog složenosti procesa u atmosferi ove zavisnosti nije moguće jednostavno analitički izraziti, pa je statistički prilaz ovom problemu jedino ispravan. Običan koeficijent korelacije, i ako statistička veličina, ne daje podatke o karakteru procesa, već samo globalne odnose izmedju analiziranih veličina. Daleko šire mogućnosti pruža analiza vremenskih serija elemenata koji definišu meteorološke uslove, kao i vremenski uredjeno praćenje koncentracija polutanata u datom periodu - vremenskih serija koncentracija. Ovakve analize, sem toga, omogućavaju u izvesnom smislu predvidjanja o koncentracijama polutanata u datim vremenskim uslovima, što ima izuzetan značaj.

U vremenskim serijama meteoroloških elemenata lako se uočavaju periodične dnevne, sezonske i godišnje promene. Kao odgovor na ovakve promene, koncentracije polutanata normalno prisutnih u atmosferi i same imaju periodičan karakter. Pri razmatranju realizacija vremenskih serija konačnih dužina ne mogu se odmah uočiti sve prisutne periodične komponente, pa je zbog toga pogodno prikazati ove serije u frekventnoj skali, tj. analizirati njihove spektre. Ovo je važno

naročito onda kada se odvojene komponente mogu razmatrati kao nezavisne i uslovljene različitim fizičkim procesima. Postojanje komponenata sa različitim učestanostima u vremenskim serijama koje medjusobno koreliraju može da dovede do pogrešne procene stepena njihove sumarne korelacije. Analiza njihovog krosspektra isključuje ovu mogućnost, jer krosspektar definiše realan uticaj pojedinih komponenata u sumarnom procesu. Sem toga krosspektar omogućava da se ocena stepena veze izmedju dve vremenske serije, o kojoj se može suditi preko kroskorelacionih koeficijenata, prihvati ili odbaci.

2. REZULTATI I DISKUSIJA

Spektralnoj analizi podvrgnute su realizacije gradijenta temperature i koncentracije prirodno radioaktivnih aerosola za period od 30.jula do 27.septembra 1971.god.* Diskretne vremenske serije čine 3-časovne klizeće srednje vrednosti ovih veličina za svaki drugi sat.

U ovim vremenskim serijama jasno se uočava prisustvo dvadesetčetvoročasovne komponente, koja zbog svog intenziteta maskira prisustvo drugih komponenata koje se u procesu mogu očekivati. Razlaganje vremenskih serija na spektre omogućava njihovo nalaženje. Cilj spektralne analize je da se nadje doprinos komponenata sa različitim učestanostima u ukupnoj disperziji procesa, i definisanje onih komponenata koje su predominatno prisutne u procesu.

Izmedju disperzije i spektra postoji odredjena relacija koja definiše jednakost disperzije D_x i integralnog spektra.

$$D_x = \overline{\left[x(t)-\bar{x}\right]^2} = 2\int_0^{\infty} S_x(f)\,df$$

gde je f frekvenca izražena u broju ciklusa na izabranu jedinicu vremena, a $S_x(f)df$ predstavlja udeo komponenata sa frekvencom izmedju f i f + df u ukupnoj disperziji reda. Postoje različiti načini razlaganja vremenskih serija na spektar, ali je daleko najjednostavniji pristup ovome preko autokorelacione funkcije.

Formiranje autokorelacione funkcije odmah je pokazalo da polazni vremenski redovi $\Delta T(t)$ i $A(t)$ imaju jasno uočljivu 24-časovnu periodičnu komponentu (sl.1.). Pored ove komponente nazire se i prisustvo nekih komponenata sa dužim periodom.

* Gradijent temperature T(t) meren je za sloj debljine 100m. Koncentracije prirodno radioaktivnih aerosola A(t) merene su na visini od 4m.

Iako je formiranje autokorelacionih funkcija u analizi vremenskih redova veoma korisno za opisivanje dinamike procesa i njegovog karaktera ipak je često pogodnije koristiti spektar i ako on u suštini ne daje neke dopunske informacije o procesu. Interpretacija spektra je lakša a procene spektra za bliske frekvence su praktično nezavisne. Naročito se često koristi spektar u analizi realizacija konačne dužine. Ocene spektra za ove vremenske serije dobijene su preko relacije

$$S_x(f) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} R_x(\tau) \cos\left(\frac{2\pi}{f}\tau\right) d\tau$$

date su na sl.2 i 3. Na oblik dobijenog spektra ima uticaja maksimalno kašnjenje τ_m do koga je odredjena autokorelaciona funkcija. Smanjenjem ovog maksimalnog kašnjenja smanjuje se disperzija spektralne ocene ali se povećava njena pristrasnost. Stoga je potrebno naći jednu optimalnu vrednost za τ_m, koja bi dala i dovoljnu stabilnost i dobru "vernost" spektra. Pri analizi obično se polazi od jedne manje vrednosti za maksimalno kašnjenje pa se ona postepeno povećava sve dotle dok se ne dobiju potrebni detalji na spektru, a da pri tome stabilnost ne bude značajno narušena. Na sl.2 i 3. vidi se kako je pri povećanju τ_m od 96 na 192 časa došlo do isticanja sinoptičke komponente (4-5 dana), koja se na autokorelogramu mogla samo naslutiti. Da bi se jasnije ispoljile komponente sa manjom učestanošću izvršena je eliminacija 24-časovne komponente. Ova komponenta eliminisana je tako što je od svakog člana vremenskog reda u svakom uzastopnom 24-časovnom periodu oduzeta srednja vrednost za odredjeni sat dobijena iz celog perioda usrednjavanja.

Autokorelacione funkcije za ovako formiranje vremenske redove prikazane su na sl.4. Kao što se vidi, ovi vremenski redovi imaju takodje oscilatoran karakter, ali sa manjom frekvencom oscilovanja koja nije mogla da se ispolji u polaznom redu. Sem toga ovaj red ima osobine stacionarne ergodične funkcije, pa je ova jedna realizacija dovoljna za razmatranje osobina datog procesa. Medjutim, u konkretnom slučaju naluženje spektra za novo formirane nizove $\Delta T^*(t)$ i $A^*(t)$ nije dovelo do boljeg definisanja niskofrekventne oblasti u odnosu na spektar polaznog reda (sl.5 i 6.). Iz ovoga se jasno vidi kakve su mogućnosti spektralne analize u odnosu na korelacionu analizu.

Za ispitivanje uticaja gradijenta temperature na koncentracije prirodno-radioaktivnih aerosola polazi se od kroskorelacione funkciju ovih vremenskih redova. Kako pojedine komponente ovih nizova mogu da koreliraju u različitim stepenima, važno je ustanoviti koje su od njih odgovorne za ukupnu korelaciju izmedju dva reda. Kroskorelaciona funkcija ne daje ovakvu informaciju, ali služi za definisanje kospectra -Co(f) koji daje odgovor na ovo pitanje.

$$B_{xy}(\tau) = \overline{\left[x(t)-\bar{x}\right]\left[y(t+\tau)-\bar{y}\right]} = \int_0^{\infty} Co(f)\,df$$

Na sl.7. dat je normirani kospektar polaznih vremenskih nizova $\Delta T(t)$ i $A(t)$. Vidi se da su za sumarnu korelaciju izmedju dva reda najodgovornije 24-časovna komponenta, a variranjem maksimalnog kašnjenja istaknut je i sinoptički maksimum (period 4-5 dana). Eliminacija 24-časovne komponente dovela je do neznatne izmene koeficijenta kroskorelacije (0,84 odn. 0,78) što znači da i komponente sa nižom učestanošću takodje značajno koreliraju. Funkcija kospektra za vremenske nizove $\Delta T^{*}(t)$ i $A^{*}(t)$ (sl.8.) nije istakla ni jednu dodatnu komponentu koja bi bitno uticala na korelaciju izmedju gradijenta temperature i koncentracija.

Za donošenje zaključka o stepenu medjusobne veze izmedju gradijenta temperature i koncentracija prirodno radioaktivnih aerosola korelacione funkcije služile su samo kao medjustepen u proceni funkcije spektralne gustine. Analizirane realizacije imaju konačne dužine, pa vizuelne ocene korelograma mogu da dovedu do pogrešnih zaključivanja, pošto se na njima ispoljava samo ograničeni broj komponenata koje su stvarno prisutne u procesu. Njihov udeo u sumarnom procesu mnogo se jasnije izražava preko funkcija spektralne gustine što se iz izloženih rezultata jasno vidi.

Zaključak

Polazni vremenski nizovi nisu pokazali osobine stacionarnih ergodičnih funkcija, pa se zaključci o stepenu veze izmedju analiziranih veličina ne mogu generalizovati, već važe samo za analizirani period. Prednost spektralne analize nad korelacionom je, medjutim, očigledna.

U radu su date samo funkcije kospektra, koji daje odgovor o korelaciji izmedju komponenata vremenskih serija sa nultim kašnje-

njem. Drugi deo krospektra-kvadratni spektar, kao i koherentna funkcija i funkcija faze biće analizirani za iste realizacije i daće potpunu sliku o analiziranim procesima.

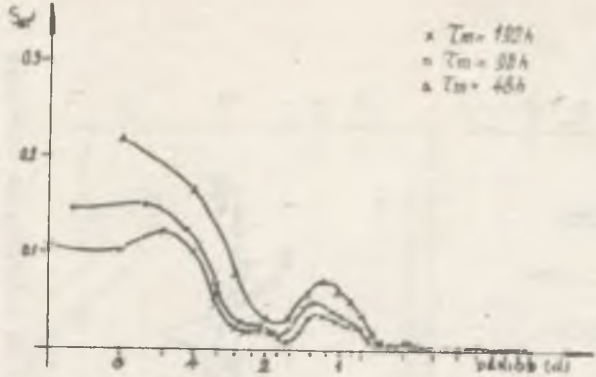
SPECTRAL ANALYSIS APPLICATION TO METEOROLOGICAL CONDITIONS DEFINING ATMOSPHERIC POLLUTION

This paper analyzes the possibility of applying spectral analysis to meteorological parameters and airborne pollutant concentrations.

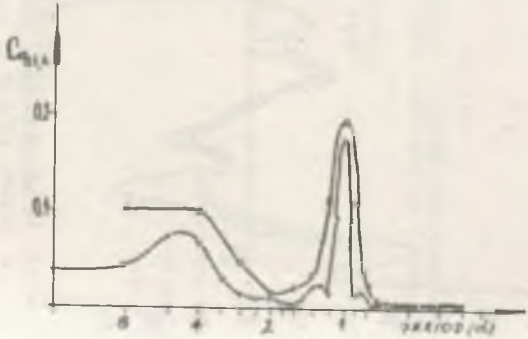
Changes of temperature gradient and natural radioactive aerosol concentrations were analyzed as well as their corelation over the period August-September 1971.

Reference

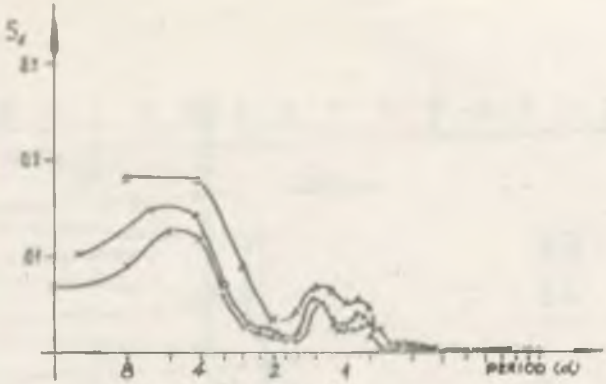
1. G.M.Jenkins and D.G.Watts "Spectral analysis and its applications" HOLDEN-DAY, San Francisco (1969)
2. H.A.Panofsky and G.W.Brier "Some applications of statistics to meteorology", University Park Pennsylvania (1958)
3. D.I.Kazakevich "Osnovy teorii sluchajnuh funkcij i ee primenenie v gidrometeorologii, Gid.met.izd. Leningrad (1971).



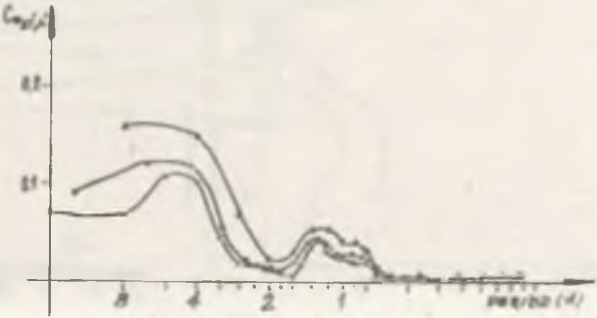
Sl.5. Spektar za ΔT'



Sl.7. Kospektar za ΔT i A



Sl.6. Spektar za A'



Sl.8. Kompektar za +T' i A'

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
20-23. maj 1975.,Herceg Novi

IZDVAJANJE ^{137}Cs NA AMONIJUM FOSFORMOLIBDATU U UZORCIMA IZ ŽIVOTNE SREDINE

R. Brnović,R.Radovanović

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

Nezime:

Ispitivana je mogućnost separacije ^{137}Cs na amonijumfosformolibdatu (AFM) u uzorcima iz biosfere. Utvrdjeno je da je efikasnost izdvajanja ovog izotopa 65-8o%, i da je moguća primena za rutinsko odredjivanje 137 Cs u biosferi.

Uvod

Najjednostavnije i najbrže merenje 137 Cs u uzorcima biosfere je svakako gama spektrometrijsko odredjivanje ovog izotopa. Medjutim niske aktivnosti 137 Cs u biosferi uslovljavaju potrebu za separacijom radiocezijuma u uzorcima sa znatnim sadržajem kalijuma (mleko, biljke, meso).

U ovom radu ispitali smo mogućnost, primene amonijumfosformolibdata (AFM), za izdvajanje 137 Cs od većih količina kalijuma. J. Smit (1) je koristio ovo jedinjenje kao katjonski izmenjivač za alkalne metale i sluiranjem 0,1 N amonijum nitratom dobio distribucioni koeficijent za cezijum 6000 u odnosu na 3,4 za kalijum.

Metod rada. rezultati. zaključak

Rukovodeći se praktikumom (2) mi smo ustanovili sledeću proceduru za odredjivanje 137 Cs u uzorcima iz biosfere:

1. Uzorci žareni na 450°C rastvoreni su u 2 M HCl, dodat je nosač CsCl (2o mg). Rastvor je profiltriran.

2. Rastvoru je dodat AFM (o,3 gr na oko 300 ml rastvora). Nakon taloženja rastvor je filtriran, ispiran 2M HCl i talog sa izdvojenim cezijumom fiksiran na filter papiru.

3. Osušeni talog meren je na gama spektrometru ili beta brojaču.

Radi provere efikasnosti separacije mi smo poznatu standardizovanu aktivnost 137 Cs proveli kroz ceo tok procesa analize za seriju različitih uzoraka iz biosfere (mleko, trava). Konstatovali smo da procenat izdvajanja 137 Cs po ovom postupku iznosi 65-80%. Ovo je utvrdjeno merenjem aktivnosti 137 Cs na 400-kanalnom gama spektrometru "Intertechnique" sa kristalom NaJ (tl) prečnika 4,3 cm preko energije 0,662 MeV-a ili merenjem beta zraka energije 0,514 MeV-a na "Tracerlab" automatskom brojaču. Zatim smo izvršili merenja na oko 100 različitih uzoraka iz biosfere (fall-out; mleko, povrće, žitarice, lucerka, trava) i dobili smo zadovoljavajuće rezultate.

Smatramo da je ova metoda pogodna za rutinsko odredjivanje 137 Cs u serijama uzoraka iz biosfere jer je jednostavna i ekonomična. Medjutim, ukoliko bi bio prisutan 95 Zr u znatnijim količinama, odredjivanje 137 Cs moralo bi se vršiti u obliku hloroplatinata.

SEPARATION OF ^{137}Cs ON AMMONIUM MOLYBDOPHOSPHATE (AMP)

R.Brnović, R. Radovanović
Institute of Occupational and Radiological Health
"Dr Dragomir Karajović", Beograd

Summary

A separation of 137 Cs on AMP for routine analysis of environmental samles was studied. The efficiency of separation was found to be 65-80%, determining radiocesium by gama spectrometry or by beta counting.

Literatura:

1. J. Smit, Nature, 181, 1530(1958)

2. Methods of radiochemical analysis
WHO, Ganeva, 1966.

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

20-23. maj 1975, Herceg Novi

OLOVO-210 U ATMOFERSKOM VAZDUHU I PADAVINAMA

Lj. Mijatović

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

Rezime:

U radu su prikazani rezultati merenja koncentracija olova-210 u prizemnom sloju atmosferskog vazduha i atmosferskim padavinama. Praćene su sezonske varijacije ovog radionuklida,i ispitivana je korelacija izmedju količine padavina i veličine depoa olova-210 na zemljište.

Uvod

Glavni izvor olova-210 u atmosferskom vazduhu je radioaktivni gas radon-222. Ovaj plemeniti gas je produkt dezintegracije radijuma-226 odnosno urana-238. Kako su ovi radionuklidi rasprostranjeni praktično svuda po zemljinoj površini, u manjem ili većem obimu, to je i radon-222 takodje prisutan po celokupnoj zemljinoj kugli. Izuzetno malo radona nalazi se iznad površina mora i okeana, jer su njihove vode siromašne radijumom.

Jedan od izvora radioaktivnog olova u atmosferi je stabilno olovo, koje uvek sadrži u sebi izvesnu količinu radioaktivnog olova. Ovaj izvor je naročito važan u urbanim sredinama,usled naglog razvitka motorizacije i industrijalizacije. Po proračunima, tokom zadnjih 20 godina uneseno je u atmosferu veštačkim putem $2,6 \times 10^{12}$ gr.stabilnog olova. Ukoliko uzmemo za srednju vrednost koncentracije olova-210 u stabilnom olovu 22 pCi/gr, onda se tokom godinu dana unese oko 3 Ci Pb-210 samo usled sagorevanja tetraetilolova u motorima vozila. Veštačko povećanje nivoa olova-210 u atmosferi može da uzme velike razmere pri povećanoj učestalosti nuklearnih eksperimenata. Po proračunima Jaworowskog produkcija radioaktivnog olova prirodnim putem iznosi oko 0,6 MCi za jednu godinu. U 1962. godini totalna produkcija ovog radionuklida iznosila je 1,5 MCi, što znači da je u toku godinu dana veštački prinos olova-210 iznosio 0,9 MCi.

Rezultati i diskusija

U našim ispitivanjima vršili smo veći broj sistematskih merenja koncentracije olova-210 u prizemnom sloju vazduha. Merenja su vršena neprekidno tokom cele godine, i rezultati obuhvataju sva četiri godišnja doba. Interesovala nas je veličina sezonskih varijacija ovog radionuklida u atmosferskom vazduhu i padavinama, jer se kontaminacija vegetacije obavlja uglavnom preko padavina, pa nije svejedno da li se visoke koncentracije olova-210 pojavljuju u periodu rasta biljke ili već na kraju njegovog života. Na Slici 1 su prikazani rezultati merenja koncentracije olova-210 u prizemnom sloju vazduha, za mesto Palić u periodu od avgusta 1966. do oktobra 1969.godine.
Maksimalne vrednosti se javljaju u zimskom periodu, a minimalne u letnjem. Ove varijacije mogu delimično da se objasne povećanim transferom stratosferskih otpadaka u troposferu tokom zime i proleća svake godine. Medjutim razlika izmedju maksimalne i minimalne vrednosti je mala da bi je mogli smatrati značajnom,pri proceni veličine kontaminacije biljnog sveta.

Radon-222 koji je difundovao sa površine zemlje u atmosferu, uglavnom završava svoj put u slojevima troposfere. Jedna od osnovnih karakteristika troposfere je naglo progresivne hladjenje sa porastom visine, reda veličine pet stepeni po kilometru. Kao posledica visokog termičkog gradijenta, dolazi do intenzivnog kondenzovanja vodene pare na aerosolima-nosačima, a zatim sledi precipitacija na zemljinu površinu. Iz tog razloga su padavine jedan od najvažnijih faktora za povratak olova 210 na zemljinu površinu.

Pošto je olovo-210 u padavinama tesno povezano sa olovom 210 u atmosferskom vazduhu, trebalo bi očekivati da globalna distribucija olova-210 u padavinama sledi raspodelu ovog radionuklida u prizemnom sloju vazduha.

Rezultati naših ispitivanja prikazani su na slici 2. Prosečne vrednosti po kvartalima jedne godine variraju u uzanom opsegu od 0,20 mCi/km^2 do 0,64 mCi/km^2 po kvartalu. Iz ovih podataka se može zaključiti da je depozicija olova-210 iz padavina uniformna u toku čitave godine, promene godišnjih doba ne utiču značajno na koncentraciju ovog radionuklida koga posmatramo kao produkat "prirodnog fall-outa". Ovi nalazi su u saglasnosti sa rezultatima dobijenim praćenjem sezonskih varijacija olova-210

u prizemnom sloju vazduha.

Radi iznalaženja eventualne korelacije izmedju veličine padavina i odgovarajućeg depoa olova-210 vršili smo uporedne analize uzoraka padavina sa teritorije koju karakteriše veliki broj kišnih dana u godini, te iz oblasti sa malim brojem kišnih dana. Kao reprezentativna mesta izabrali smo Zlatibor sa prosekom godišnjih padavina 1000 mm, i Niš sa prosekom godišnjih padavina 550.

Na slici 3. sumirani su rezultati merenja. Podaci ukazuju da nije moguće ustanoviti jednostavnu korelaciju izmedju količine padavina i koncentracije olova-210. Sadržaj olova-210 iz padavina iz oblasti sa velikom kišnošću ne razlikuju se od sadržaja olova-210 u padavinama iz oblasti sa dva puta manjim brojem kišnih dana. Čak je prosečna vrednost koncentracije olova-210 u padavinama iz Niša, veća od prosečne koncentracije olova-210 u padavinama iz Zlatibora. (Zlatibor - 0,144 mCi/km^2/mesec; Niš - 0,160 mCi/km^2/mesec). Ovo bi bila potvrda hipoteze da koncentracija olova-210 u "prirodnom fall-out-u" strogo zavisi od količine radona-222 sa datog lokaliteta.

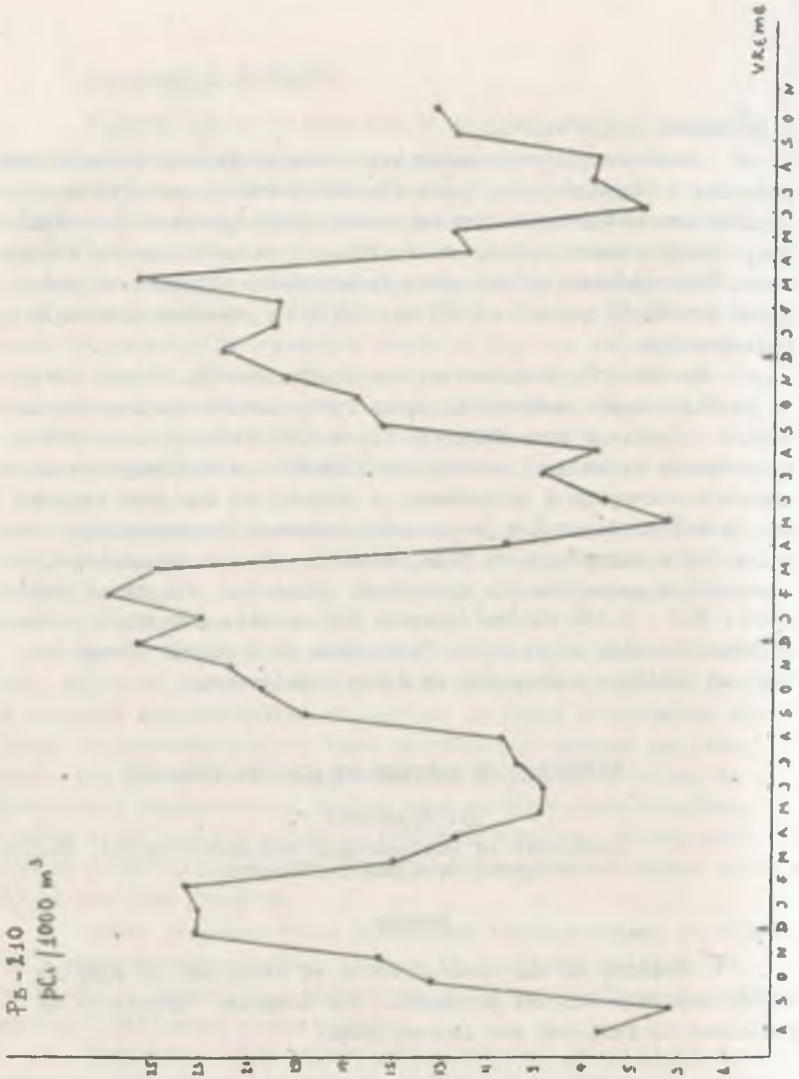
RADIOLEAD IN SAMPLES OF AIR AND FALL-OUT

Lj. Mijatović

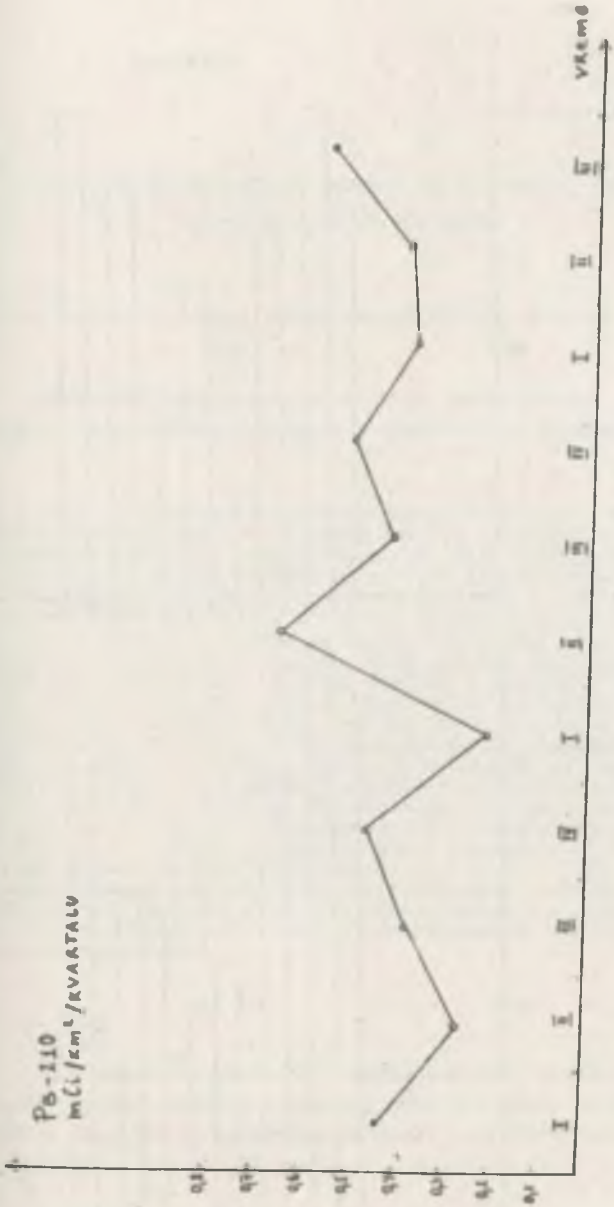
Institute of Occupational and Radiological, Health "Dr Dragomir Karajović"- Beograd

Sumary

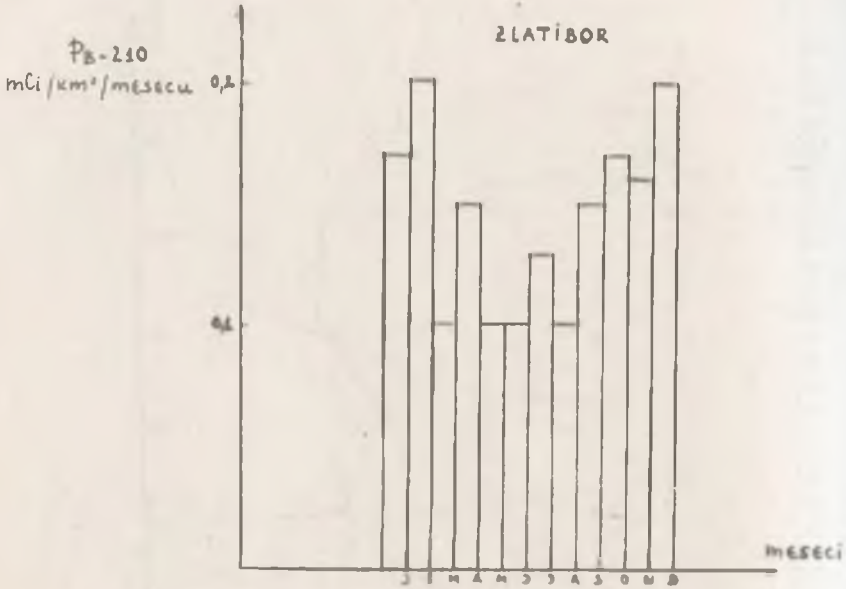
Results on the concentration of radiolead in samples of air and fall-out are presented. The Seasonal variations of radiolead in fall-out are investigated.

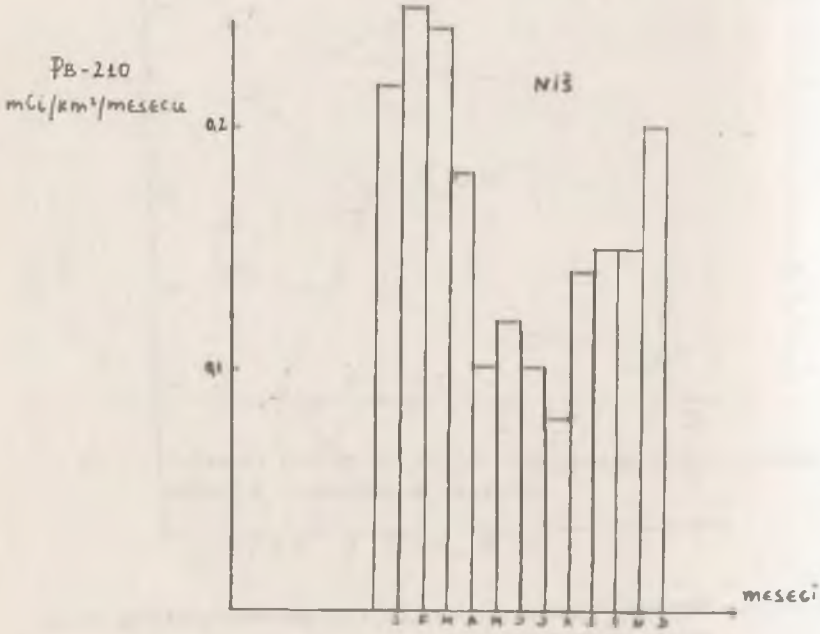


Sl.1.- Sezonske varijacije Pb-210 u prizemnom sloju vazduha-prosečne vrednosti po mesecima



Sl.2.- Sezonske varijacije Pb-210 u padavinama prosečne vrednosti po kvartalima


ZLATIBOR
Pb-210
mCi/km²/mesecu
0,2
0,1
meseci
J F M A M J J A S O N D


NIŠ
Pb-210
mCi/km²/mesecu
0.2
0.1
meseci
J F M A M J J A S O N D

Slika 3.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi, 20-23. maj 1975.

Ninković M.M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

DOPRINOS RAZVOJU MODELA ZA OCENU RADIJACIONIH EFEKATA NUKLEARNO-ENERGETSKIH POSTROJENJA NA STANOVNIŠTVO

Rezime: U radu su prikazani i diskutovani osnovni elementi modela za proračun individualne i kolektivne doze* za stanovništvo u okolini nuklearnih elektrana, kao osnovnih veličina kojima se karakteriše radijacioni uticaj snažnih dinamičkih izvora zračenja na okolinu. Ukazano je na osnovne izvore ozračivanja i puteve dospevanja radioaktivnih materijala u ljudski organizam posredstvom vazdušne i vodene sredine. Posebno su diskutovane aprosimacije koje se vrše pri izračunavanju kolektivne doze zavisno od makro i mikro gustine naseljenosti analiziranih predela i raspoloživih višegodišnjih meteoroloških parametara. Diskutovane su takođje i granice integracije kolektivne doze. Ukazano je na mogućnost uprošćavanja postupka za proračun, putem smanjenja broja radioizotopa čiji se put, od izvora do čoveka, prati. U tom smislu navedene su dve karakteristične, reprezentativne grupe radioizotopa koje mogu da posluže u tu svrhu; jedna za akcidentalne a druga za normalne radne uslove lakovodnih nuklearno-energetskih postrojenja. Na kraju se ističe da se javlja znatno odstupanje računskih od konkretno izmerenih podataka, koja se kreću oko jednog pa i više redi veličine. Zbog toga se zaključuje da se proračunima u današnje vreme mogu oceniti samo granične vrednosti individualne u kolektivne doze koje će u konkretnim uslovima biti dostignute sa manjim ili većim stepenom verovatnoće.

1. Uvod

Radi ocene radijacionih uticaja nuklearno-energetskih postrojenja na okolinu, opšte je usvojeno nekoliko osnovnih dozimetrijskih veličina, kao što su individualna doza, kolektivna doza, populaciona doza itd.

---

* U ovom radu umesto termina "ekvivalentna doza" koristi se često samo "doza", isključivo radi skraćenog pisanja.

Individualna doza, kao granica doze za pojedina lica iz naselja u okolini nuklearnih postrojenja, prihvaćena je u mnogim zemljama, prema preporukama ICRP (1), kao srednja godišnja doza u odredjenoj najugroženijoj (kritičnoj) grupi stanovnika. Ova veličina ne sme biti veća od 1/10 granice doze za profesionalno eksponirana lica. U praksi se za ovaj slučaj koristi visok faktor sigurnosti tako da se dopušta granica individualne doze koja se kreće oko 1% od preporuka ICRP.

Granica doze za naselja u celini, koja proističe iz frakcije godišnje genetski značajne doze, naziva se kolektivna doza i izražava se u jedinicama ljudi·rem-a po jedinici instalisane snage energetskog postrojenja (2). Neki autori činili su pokušaje odredjivanja granice kolektivne doze polazeći od srednje instalisane snage nuklearnih elektrana po glavi stanovnika, koja se može očekivati za zemlju u celini u neposrednoj budućnosti (3). (Predskazuje se oko 1 kw/čoveku za prvu dekadu narednog stoleća (4)). Uzimajući kao koeficijent rizika oko 100 štetnih efekata na 1 rem na 10^6 ljudi, i pod predpostavkom prihvatljivog rizika za naselja u celini od 10^{-6} dobija se kao srednja vrednost od 10 mrem/godinu i granica kolektivne doze od 10 ljudi·rema/1 MWe na godinu. Medjutim, u današnje vreme opšte je usvojena koncepcija ICRP (5), koja se sastoji u sledećem: pri izgradnji i eksploataciji nuklearnoenergetskih postrojenja moraju se obezbediti takvi uslovi da "rezultujuće doze budu tokiko niske koliko je to moguće postići razumnim sredstvima". A to znači da se u slučaju svake, konkretne nuklearne elektrane moraju proceniti, sve moguće biološke posledice po životnu sredinu i cena potrebnih ulaganja za ograničavanje tih posledica na prihvatljivi nivo, pa tek onda oceniti ekonomičnost izgradnje takvih, postrojenja. Ne treba gubiti iz vida da je ovo, u današnje vreme, jedini logičan prilaz izgradnji bilo kog industrijskog objekta a ne samo nuklearnih elektrana. Inače, saglasno prethodnim konstatacijama, danas se u ŠAD, za granicu kolektivne doze, uzima vrednost od 0,4 ljudi·rema/1 MWe·godina, koja se mora zadovoljiti pri projektovanju i izgradnji nuklearnih elektrana.

Potencijalni rizik akcidentalnog ozračivanja stanovništva u okolini nuklearnih postrojenja javlja se kao jedan od osnovnih ograničavajućih faktora pri izgradnji ovih objekata, naročito u gusto naseljenim predelima, odnosno u blizini velikih gradova. Postoje različiti prilazi za ocenu veličine ovog rizika, zasnovani na procenama mogućih genetskih ili somatskih efekata. Medjutim, i u ovom slučaju

čini se da je najprihvatljiviji princip koji preporučuje ICRP (5). A taj princip sastoji se u tome da se rizik akcidentalnog ozračivanja ocenjuje na osnovu analize spektra svih mogućih akcidenata i njihovih posledica i uporedjuje sa verovatnoćom njihovog nastanka. Ovaj prilaz se bitno razlikuje od ranije koncepcije maksimalno mogućeg akcidenta.

2. Procena individualne doze

Pri analizi ozračivanja stanovništva u okolini nuklearnih postrojenja, vrše se izračunavanja doza koje mogu poticati iz različitih izvora:

a) Doza unutarnje ozračivanja - od radioizotopa koji su dospeli u organizam sa vazduhom, vodom ili hranom.

b) Doza spoljnjeg ozračivanja, koja potiče od stacionarnih izvora iz same zgrade postrojenja ili od pokretnih izvora u procesima transporta visoko-radioaktivnih materijala (iskorišćeno gorivo i slično).

v) Doza od gama i beta zračenja iz oblaka, vode ili sa površina, kojima se nalaze ili na koje su dospele radioaktivne čestice iz posmatranog nuklearnog postrojenja.

U procesu proračuna individualne doze potrebne su neke veličine kao osnovni polazni podaci, i to za svaki izotop i svaku tačku u prostoru, kojima se karakteriše rasprostiranje radioaktivnih materijala u okolini. Medju prvima ovde navodimo sledeće:

a) Vremenski integral koncentracije izotopa u nadzemnom sloju atmosfere.

b) Površinska aktivnost radioaktivnog taloga.

c) Koncentracija radioizotopa u vodi.

Pored navedenih podataka, za svaki izotop treba posedovati parametre o karakterističnim, odnosno kritičnim putevima njegovog dospevanja u organizam pojedinaca ili grupa iz naselja, kao i o njihovom fizičko-hemijskoj formi. Za radioizotope u formi aerosola, treba znati stepen disperznosti, odnosno pri unošenju kroz disajne organe raspodelu na plućno tkivo i dalje prodiranje u ostale delove tela.

Slični podaci moraju se posedovati i za izotope u gasnoj formi. Prema stepenu zadržavanja u plućima radioizotopi se razvrstavaju u tri kategorije (6): One koji se potpuno apsorbuju, samo delimično ili se uopšte ne apsorbuju (kao inertni gasovi, naprimer): Takodje radioizotopi se grupišu i prema vremenu poluraspada.

Sledeća grupa podataka neophodna za procenu dela individualne doze koji potiče od unutrašnjeg ozračivanja, odnosi se na karakterizaciju objekta ozračivanja. Tu su pre svega podaci o brzini udisanja, odnosno srednjoj brzini udisanja za pojedina lica različitog uzrasta, profesija i u zavisnosti od doba dana. Ovde navodimo sledeću tabelu podataka, kao najnovije preporuke IAEA (7):

Uzrast	Brzina udisanja (l/sec)		
	Dan	noć	srednje efekt.
Odrasli muškarci	0,333	0,125	0,264
Odrasle žene	0,317	0,100	0,245
Deca do 10 god.	0,220	0,080	0,171
Deca do 1. god.	0,097	0,024	0,054
Novorodjenčad	0,025	0,0083	0,009

Podaci iz prve dve kolone preporučuju se za akcidentalne slučajeve, a iz treće za normalne radne uslove.

Kod proračuna individualne doze, koja potiče od radioaktivnih materijala unetih u organizam inhalacijom, treba razlikovati lica koja se nalaze na otvorenom prostoru od onih u zatvorenim prostorijama. Ovo se postiže uvodjenjem u model faktora ekranizacije, odnosno redukcije koncentracija u delimično zaštićenim prostorima. Ovaj faktor se obično kreće od 0,2 do 0,7 (8), a stoji u oštroj zavisnosti od doba godine i temperature atmosfere.

Izračunavanje doze unutrašnjeg ozračivanja od radioaktivnih materijala dospelih u organizam preko organa za varenje, znatno je složenije nego u sluačju inhalacije. Najvažniji polazni podaci u ovom slučaju su površinska aktivnost taloga na tlu, i koncentracija radioizotopa u površinskim vodama. Zatim sledе neophodni parametri kojima se definišu procesi i putevi dospevanja radioaktivnih materijala sa površina u organizam. Ovi putevi karakterišu se posebnim faktorima, kojim se uzimaju u obzir procesi rekondentracije i zadržavanja radioaktivnih materijala u pojedinim medjufazama prenošenja u unošenja. Odnosno njima se uzima u obzir prelazak radioaktivnih materijala iz oblika taloga u tlo, vodu i rastinje a potom u vodeni i kopneni životinjski svet. Sledeću grupu neophodnih podataka sačinja-

vaju parametri o upotrebi i raznih vidova hrane u ishrani čoveka. Na osnovu ovih faktora i svih prethodnih mogu se konačno oceniti očekivani sadržaji radioizotopa u organizmu, a potom i doze za pojedine organe, odnosno celo telo.

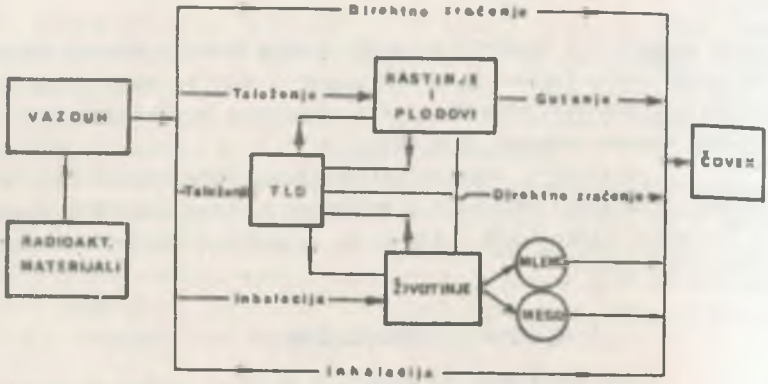
Na slici 1, date su principijelne šeme interakcije radioaktivnih materijala sadržanih u vazdušnoj i vodenoj sredini neposredno i posredno, preko flore i faune, sa čovekom, onako kako to preporučuje ICRP (9).

3. Procena kolektivne doze

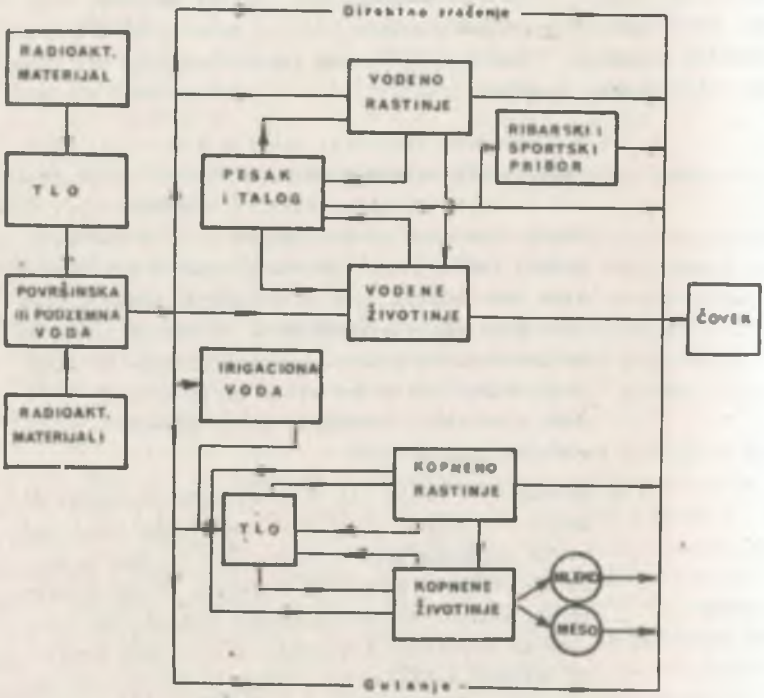
Kolektivna doza za naselja u okolini nuklearnih postrojenja dobija se iz vrednosti za individualne doze i kompletnih demografskih podataka. Postupak samog izračunavanja zavisi od nekih karakteristika područja, kao što su meteorološke (pravci vetrova, ruža vetrova, karakteristične mikroraspodele itd.) s jedne strane i raspodela naselja sa druge. U samim proračunima predpostavljaju se, odnosno modeliraju neke tipične situacije od kojih su najčešće sledeće:

a) Neravnomerna raspodela naselja u okolini, koja sačinjavaju uglavnom sela, sa nenaseljenim prostorom (seoskim atarima, poljima) izmedju njih. Kolektivna doza se u ovim slučajevima može računati na osnovu individualne (modifikovane) u centru naselja, ako je $r \ll 1$, gde je r-radijus kruga u kome leži naselje, a l-rastojanje od centra kruga do izvora emisije-nuklearnog postrojenja. Ukoliko nije zadovoljen uslov $r \ll 1$, takvo naselje se može podeliti u sektore i potom primeniti isti postupak proračuna.

b) Ravnomerna, manje ili više rasprostranjenost žitelja u okolini, praktično bez nenaseljenih područja nezanemarljivih dimenzija. Uz uslove da se u ovakvim slučajevima poseduju mikrometeorološki podaci, za izračunavanje kolektivne doze može se koristiti kvadratna koordinatna mreža sa centrom koorinatnog sistema u tački emisije. Kolektivna doza se u ovom slučaju dobija se na osnovu individualnih koje odgovaraju ozračivanjima u centrima kvadrata. Veličina ivice kvadrata bira se u ovom slučaju prema mesnoj gustini



(a)



(b)

sl.1. Putevi dospevanja i delovanja radioaktivnih materijala, ispuštenih u životnu sredinu, na čoveka
a) vazdušna sredina — čovek
b) vodena sredina — čovek

naseljenosti, korak kvadratne mreže može se povećavati idući na periferiji okoline. Kriterijum za promenu ovog koraka može da posluži odnos individualnih doza na bližoj i daljoj ivici kvadrata.

v) Ravnomerna naseljenost okoline ali bez mikrometeoroloških podataka. U ovakvim slučajevima najpogodnije da se za teritorijalnu podelu okoline nuklearne elektrane upotrebi polarna koordinatna mreža. Obično se pri tome okolina deli na 16 uglovnih sektora, tj. sa uglavnom širinom sektori od $\Delta\Psi=22,5^{o}$. Ovi sektori označavaju se na osnovu oznaka za strane sveta i mi ćemo ih ovde citirati počinjući od severa i krećući se suprotno od smera kretanja kazaljke na satu: S, SSZ, SZ, ZSZ, Z, ZJZ, JZ, JJZ, J, JJI, JI, IJI, I, ISI, SI, SSI. Nakon podele na uglovne sektore, okolina se dalje parceliše radijalno na kružne pojaseve, tako da se za osnovne površinske elemente u polarnoj koordinatnoj mreži dobijaju prstenasti segmenti. Radijalna širina segmenata, kao i kod kvadratne koordinatne mreže, može se povećavati idući ka periferiji okoline uz primenu istog kriterijuma. Ukoliko to dozvoljavaju odgovarajućih veličina i individualnih doza može se primeniti princip u dvostručavanja priraštaja tj. $\Delta r_n=2\Delta r_{n-1}$, gde su Δr_n i Δr_{n-1} širine n; i n-1, pojasa. Dalji postupak izračunavanja kolektivne doze analogan je prethodnim.

Posebno pitanje pri izračunavanju kolektivne doze postavlja se kod sredjivanja rastojanja do koga ima smisla računati ovu veličinu, tj. granica integracije U SAD je usvojeno da ovo rastojanje iznosi 80 km (50 milja) (10). Praktično to je rastojanje do koga ima smisla izračunavanje individualne doze na osnovu podataka o transportu radioaktivnih materijala kroz atmosferu. Zavisno od reljefa, ovo rastojanje verovatno leži u intervalu od 50 do 100 km. Van ove granice priraštaj kolektivne doze može se računati po jednostavnoj relaciji (11):

$$H_x = (l_g/l_x)^2 \cdot H_g$$

gde su H_g i H_x individualne ekvivalentne doze na graničnom i posmatranom rastojanju, a l_g i l_x, veličine tih rastojanja. Ovako uprošćena relacija može se koristiti za rastojanja koja su do oko 10-puta

veća od graničnog. Kolektivna doza za još veća rastojanja, odnosno populaciona doza (doza za celu zemljinu sferu) može se odrediti samo na osnovu podataka o globalnom transportu radioaktivnih materijala.

Drugu grupu podataka neophodnih za proračun kolektivne doze sačinjavaju demografski podaci. Ovi podaci mogu se razvrstati u četiri osnovne kategorije:

a) Opšta raspodela stanovništva po naseljima u posmatranom području.

b) Starosna struktura naselja.

v) Srednje količine osnovnih (posebno specifičnih) namirnica koje se troše po glavi stanovnika.

g) Specifičnosti bavljenja u životnoj sredini (okolini) u okviru svakog naselja.

Pri analizi vrsta životnih namirnica koje se koriste u ishrani potrebno je da se posebno obrati pažnja njihovo prostorno poreklo, radi pravilne procene očekivanog sadržaja radioaktivnih materijala u njima. Slične podatke treba posedovati i o izvorištima vode za piće

4. Zaključna razmatranja

U prethodnom tekstu izložen je u bitnim elementima postupak za proračun individualne odnosno kolektivne doze. U praksi se često pribegava različitim vidovima uprošćavanja. Ovde ćemo posebno naglasiti aspekt aproksimacije koji se odnosi na sužavanje broja radioizotopa čija se sudbina sledi. Obično se pri tome polazi od radiotoksikološke klasifikacije izotopa (12). Saglasno tome Hoseman et al. (13), predlažu sledeću grupu izotopa:

- izotopi joda, naročito ^{131}I
- ^{241}Pu, ^{240}Pu, ^{239}Pu
- ^{89}Sr, ^{90}Sr
- ^{144}Ce

kao karakterističnu i dovoljno reprezentativnu za proračun doza u okolini u slučajevima akcidentalnih ispuštanja iz vodom hladjenih i moderiranih reaktora. U radovima (14 i 15) je predložena druga karakteristična grupa radioizotopa:

- inertni gasovi (radioizotopi Kr i Xe)
- jod
- tricijum
- ^{58}Co
- ^{137}Cs
- ^{90}Sr
- ^{99}Mo

kao dovoljno reprezentativna kod analize ispuštanja i procene doza u okolini lakovodnih nuklearnih reaktora pri normalnim radnim uslovima.

Konačno, potrebno je naglasiti da veličine individualnih doza, koje se dobijaju u prethodno, u osnovnom crtama izloženim postupkom, uz korišćenje neophodnih parametara iz preporuka ICRP, ili prakse vodećih zemalja na polju nuklearne energetike, odstupaju često za jedan pa i više redi veličine od izmerenih. Na osnovu ove činjenice moglo bi se zaključiti da skicirani postupak proračuna individualne doze a potom i kolektivne ne zadovoljava odnosno da je pogrešan. Medjutim, iako se za prikazani model može reći da je neodovoljno usavršen, on je logično zasnovan i u osnovi pravilan. Jedan od bitnih uzroka neslaganja sa merenim podacima leži u nedovoljno tačnim parametrima koji se koriste u proračunima. Treba očekivati povećanje tačnosti ovih veličina u neposrednoj budućnosti na osnovu laboratorijskin ispitivanja na modelima i nagomilavanja i sinteze podataka iz prirodnih uslova u tekućoj praksi. Ipak, zbog složenosti problema, normalno je očekivati da se prikazanim postupkom proračuna mogu dobiti vrednosti za individualne, a zatim i kolektivnu dozu samo kao granične vrednosti koje se mogu dostići sa izvesnim stepenom verovatnoće.

5. Literatura

1. ICRP: Recomendation of the International Commission on Radiological Protection, Publication 9,1966.
2. Villforth, J.C., Basis concepts and principles of assesment: A review of the advisory commitee report on the biological effects of ionizing radiation, IAEA Seminar, Portorož, Yugoslavia, May 1974.
3. Beninson, D., Population doses resulting from radionuclides of worldwide distribution IAEA Seminar, Portorož, Yugoslavia, May 1974.

4. Ševc, J., Kunz, E., Nameštak, L., Kriteria radiačni ochrany pri vystavbe jadernych teplaren, Konference o jadernem teplarenstvi, Brno, dotisk, 27-31, 1973.

5. ICRP, Implications of Commission Recomendations that Dose be kept as low as readily Achievable, Publication 22, 1973.

6. Task Group on Lung Dynamics: Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract, Health Physics 12, 173, 1966.

7. IAEA, Technical Report Series, No 142, IAEA, Vienna, 1974.

8. Slade, D.H., (Ed), Meteorology and Atomic Energy, U.S.Atomic Energy Commission, 1968.

9. ICRP, Principles of environmmental monitoring related to the handling of radioactive materials, ICRP Publication 7. Pergamon Press, New York, N.Y., 1965.

10. Struxness G.E., Assessment of radiological impacts resulting from nuclear power stations, Second International Summer School on Radiation Protection, Herceg Novi, Yugoslavia, August, 1973.

11. Namestek, L., Horvat D., Ševc, J., Kunz, E., Metodika rascjota individualnoj i kolektivnoj dozi dlja naseljenija v okrestnosti atomnoj cmancii, Dokladi dlja soveščanija specialistov stran členov SEV i Jugoslavii, Piješťani, ČSSR, oktobar 1974.

12. IAEA, A basic toxicity classification of radionuclides, Technical Report series No 15, IAEA, Vienna, 1963.

13. Hoseman, J.P., Scnikarski, W., Wild, H., Radioactive pollutions released in accidents of LWR power plants - A review and attempt at classification, IAEA/SM-181-18.

14. Rodger, A.W., Statement on Behalf of Consolidated utility Group, AEC Docket 50-2, March 1972.

15. Minković M.M., Očekivani nivoi radioaktivnih efekata nuklearnih elektrana na okolinu, Elektroprivreda, br.1-2, januar-februar, 1974.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

METEOROLOŠKA MERENJA PRI NUKLEARNIM POSTROJENJIMA

Dušan Stojanović,dipl.meteorolog

20-23. maj 1975.godina
Herceg Novi

METEOROLOŠKA MERENJA PRI NUKLEARNIM POSTROJENJIMA

Uvod

Nuklearna energija postaje sve značajniji činilac u svakodnevnom životu a njena primena za miroljubive ciljeve sve šira. U vreme globalnog preispitavanja racionalnog korišćenja energije i sirovina nuklearna energija ima sve veće izglede.

Uporedo sa energetskom krcom raste i značaj akcije za očuvanje osnovnih životnih uslova i zaštitu životne sredine i prirode u celini. Dosadašnja eksploatacija nuklearne energije je ukazala da se ona može bezbrižno koristiti ako su preduzete sve odgovarajuće mere kontrole i nadzora.

Poznavanje uslova ambijenta je jedan od osnovnih zahteva na kome se temelje ne samo mere kontrole i nadzora već i i niz mera neophodnih za planiranje, projektovanje i gradnju kao i druge svrhe. Poznavanje meteoroloških karakteristika i klime u celini je jedan od osnovnih uslova za racionalno korišćenje i sprovodjenje potrebnih mera.

Cilj meteoroloških merenja

Meteorološka merenja treba da obezbede osnovne podatke o klimi i meteorološkim procesima koji karakterišu neku lokaciju. Drugim rečima ova merenja daju osnovne podatke o fizičkim procesima koji su specifični za neke lokacije i na osnovu kojih se mogu doneti odgovarajuće odluke po pitanjima planiranja rada, projektovanja, gradnje i eksploatacije postrojenja. Time podaci ovih merenja imaju veoma široku primenu. Medjutim planiranje meteoroloških merenja pri nuklearnim postrojenjima zavisi u prvom redu od činjenice da li je postrojenje već podignuto ili nije odn. da li je lokacija već odredjena ili će biti odredjena posle izrade meteorološkog elaborata i odgovarajućih drugih procena.

Ukoliko je postrojenje podignuto meteorološka merenja imaju za cilj formiranje mera zaštite i kontrole bliže i dalje okoline postrojenja. Pored toga podaci meteoroloških merenja služe

za razne svrhe pri radu postrojenja počev od grejanja do kontrole ispuštanja otpadnih materija kroz dimnjak ili druge sisteme ventilacije. Slična je eksploatacija meteoroloških parametara i na postrojenjima čije su lokacije ranije odredjene. Osnovna je razlika u tome što se u ovom slučaju podaci koriste za projektovanje i gradnju postrojenja, odredjivanje kapaciteta, lokacije i dimenzije dimnjaka, odredjivanje ugroženih zona, mesta za postavljanje kontrolnih stanica i tome slično. Ako se vrši izbor izmedju nekoliko alternativnih lokacija, meteorološki podaci imaju veliku težinu pri odredjivanju lokacije za gradnju nuklearnih postrojenja. U tim slučajevima oni imaju najširu primenu. Pored svih do sada pomenutih načina primene u ovim slučajevima podaci se koriste počev od odredjivanja sezone gradnje, izvodjenja betonskih radova i planiranja grejanja, orijentacije zgrada i termoizolacije zidova do izrade saobraćajnica, kapaciteta kanalizacije i radova hortikulture.

Meteorološki program

Meteorološki program definiše šta treba da se meri, kada treba obavljati merenja i kako treba meteorološke podatke sakupljati, obradjivati i prezentirati.

Dimenzije meteorološkog programa zavise od niza spoljnih faktora kao što su geografski uslovi, topografija terena, gustina naseljenosti, biljni pokrivač i šume i dr. Pri nuklearnim postrojenjima obično se sastavljaju veoma opsežni meteorološki programi. Nuklearna postrojenja se sve više približuju neposrednim potrošačima odn. korisnicima a mere zaštite životne sredine postaju sve rigoroznije. Pored toga sve više se prirodni faktori koriste pri rejonizaciji, planiranju i projektovanju. Time i eksploatacija meteoroloških podataka postaje sve kompleksnija i potrebnija.

Vrste meteoroloških merenja

Zbog veoma široke primene meteoroloških analiza u raznim fazama gradnje i rada nuklearnih postrojenja i zbog veoma kompleksne eksploatacije ovih podataka u proučavanju procesa zagadjenosti vazduha, pri nuklearnim postrojenjima se vrše razna meteo-

rološka merenja. Meteorološki program ova merenja deli na standardna i specijalna. Standardna merenja obuhvataju meteorološka merenja i osmatranja koja se obavljaju na standardnim meteorološkim stanicama i ona obično obuhvataju prikupljanje podataka o temperaturi, vlažnosti, vetru, padavinama, oblačnosti i pojavama.

Specijalna meteorološka merenja obavljaju se isključivo za odredjivanje uslova stabiliteta i promena pravca i brzine vetra sa visinom u prizemnim slojevima vazduha. Za izvodjenje specijalnih meteoroloških merenja potreban je meteorološki stub, ili neko drugo sredstvo sa kojim je moguće izvoditi merenja na raznim visinama iznad površine tla.

Uobičajeno je i preporučljivo da se i standardna i specijalna merenja izvode na jednom punktu. Na obim meteoroloških merenja i dimenzije meteoroloških programa u odredjenoj meri utiče i blizina i vrsta okolnih meteoroloških stanica. Blizina specijalnih stanica za prikupljanje visinskih podataka može u velikoj meri da ograniči dimenzije meteoroloških programa.

Instrumenti i oprema

Merenja obuhvaćena standardnim programima vrše se na mnogim meteorološkim stanicama širom zemlje, pa se za njih koriste standardni instrumenti i oprema. Parametri koji se mere kao što su: temperatura, vlažnost, vetar i padavine sve češće se mere savremenom instrumentacijom jer se na taj način njihovi podaci mogu da registruju na karticama i direktno unose u kompjuter radi obrade. Medjutim podaci koji se dobijaju vizuelnim osmatranjima kao što su oblačnost i pojave i dalje se odredjuju na osnovu zapažanja. Podaci vizuelnih osmatranja moraju se lično i unositi u kartice. I pored sve korisnosti digitalne registracije podataka za izučavanje procesa turbulencije u atmosferi veoma su korisni analogni podaci pa se ono i preporučuje, posebno za podatke o pravcu i brzini vetra.

Specijalna merenja zahtevaju i specijalnu instrumentaciju. To je uglavnom instrumentacija kojom se meri vetar, temperaturne razlike, redje vlažnost vazduha i podaci o sunčevom zračenju. Svi ovi podaci idu na kartice i direktno u računar, koji ih obradjuje za operativne i statističke svrhe.

Za specijalna meteorološka merenja koja se obično obavljaju pomoću visokih instalacija poput meteoroloških ili radioteleviziskih stubova neophodna je i posebna oprema radi postavljanja meteoroloških instrumenata na odredjene visine. Pored toga zbog specifičnosti procesa merenja neophodno je obezbediti zaštitu postavljene instrumentacije kako zbog procesa korozije, tako isto i zbog padavina, sunčevog zračenja i elektriciteta. Posebnu pažnju treba pokloniti zaštiti instrumentacije od životinja posebno ptica.

Pri izboru instrumentacije treba voditi računa o opremi koju ona zahteva. Često je zbog ove okolnosti bolje uzeti skupoceniju opremu jer se razlika u ceni gubi kroz eksploataciju i održavanje instrumentacije.

Meteorološki stub

Radi proučavanja procesa zagadjenosti vazduha neophodni su podaci o atmosferskoj turbulenciji a naročito u njenim donjim slojevima, koji su za egzistenciju čoveka najvažniji. Za odredjivanje intenziteta turbulencije potrebni su podaci o promenama temperature i vetra sa visinom. Zbog toga se na odredjene visine postavljaju instrumenti koji mere ove promene a čiji se podaci registruju.

Osnovni problemi vezani za meteorološka merenja na stubu vezani su za pitanje: do koje visine je neophodno vršiti ova merenja i na koje visine postaviti instrumente? Poznato je da za ove probleme nebi škodila merenja i na većim visinama, što ograničavaju ekonomski razlozi. Zato se traži "neophodna" visina, koja uglavnom zavisi od lokalnih uslova i dimenzija izvora zagadjenja - dimnjaka. Od lokalnih uslova, najvažniji podatak je prosečna visina sloja inverzije.

Poseban problem je izbor lokacije za postavljanje meteorološkog stuba. Izabrana lokacija mora da bude tako odredjena da dobijeni podaci budu reprezentativni za ceo kraj. Lokacija mora da bude otvorena sa svih strana. U neposrednoj blizini stuba ne sme biti visokih zgrada, drveća ili bilo kakvih drugih prepreka koje modifikuju strujanje vazduha.

Rezultati i diskusija

U našim ispitivanjima vršili smo veći broj sistematskih merenja koncentracije olova-210 u prizemnom sloju vazduha. Merenja su vršena neprekidno tokom cele godine, i rezultati obuhvataju sva četiri godišnja doba. Interesovala nas je veličina sezonskih varijacija ovog radionuklida u atmosferskom vazduhu i padavinama, jer se kontaminacija vegetacije obavlja uglavnom preko padavina, pa nije svejedno da li se visoke koncentracije olova-210 pojavljuju u periodu rasta biljke ili već na kraju njegovog života. Na Slici 1 su prikazani rezultati merenja koncentracije olova-210 u prizemnom sloju vazduha, za mesto Palić u periodu od avgusta 1966. do oktobra 1969.godine.
Maksimalne vrednosti se javljaju u zimskom periodu, a minimalne u letnjem. Ove varijacije mogu delimično da se objasne povećanim transferom stratosferskih otpadaka u troposferu tokom zime i proleća svake godine. Medjutim razlika izmedju maksimalne i minimalne vrednosti je mala da bi je mogli smatrati značajnom,pri proceni veličine kontaminacije biljnog sveta.

Radon-222 koji je difundovao sa površine zemlje u atmosferu, uglavnom završava svoj put u slojevima troposfere. Jedna od osnovnih karakteristika troposfere je naglo progresivne hladjenje sa porastom visine, reda veličine pet stepeni po kilometru. Kao posledica visokog termičkog gradijenta, dolazi do intenzivnog kondenzovanja vodene pare na aerosolima-nosačima, a zatim sledi precipitacija na zemljinu površinu. Iz tog razloga su padavine jedan od najvažnijih faktora za povratak olova 210 na zemljinu površinu.

Pošto je olovo-210 u padavinama tesno povezano sa olovom 210 u atmosferskom vazduhu, trebalo bi očekivati da globalna distribucija olova-210 u padavinama sledi raspodelu ovog radionuklida u prizemnom sloju vazduha.

Rezultati naših ispitivanja prikazani su na slici 2. Prosečne vrednosti po kvartalima jedne godine variraju u uzanom opsegu od 0,20 mCi/km^2 do 0,64 mCi/km^2 po kvartalu. Iz ovih podataka se može zaključiti da je depozicija olova-210 iz padavina uniformna u toku čitave godine, promene godišnjih doba ne utiču značajno na koncentraciju ovog radionuklida koga posmatramo kao produkat "prirodnog fall-outa". Ovi nalazi su u saglasnosti sa rezultatima dobijenim praćenjem sezonskih varijacija olova-210

u prizemnom sloju vazduha.

Radi iznalaženja eventualne korelacije izmedju veličine padavina i odgovarajućeg depoa olova-210 vršili smo uporedne analize uzoraka padavina sa teritorije koju karakteriše veliki broj kišnih dana u godini, te iz oblasti sa malim brojem kišnih dana. Kao reprezentativna mesta izabrali smo Zlatibor sa prosekom godišnjih padavina 1000 mm, i Niš sa prosekom godišnjih padavina 550.

Na slici 3. sumirani su rezultati merenja. Podaci ukazuju da nije moguće ustanoviti jednostavnu korelaciju izmedju količine padavina i koncentracije olova-210. Sadržaj olova-210 iz padavina iz oblasti sa velikom kišnošću ne razlikuju se od sadržaja olova-210 u padavinama iz oblasti sa dva puta manjim brojem kišnih dana. Čak je prosečna vrednost koncentracije olova-210 u padavinama iz Niša, veća od prosečne koncentracije olova-210 u padavinama iz Zlatibora. (Zlatibor - 0,144 mCi/km^2/mesec; Niš - 0,160 mCi/km^2/mesec). Ovo bi bila potvrda hipoteze da koncentracija olova-210 u "prirodnom fall-out-u" strogo zavisi od količine radona-222 sa datog lokaliteta.

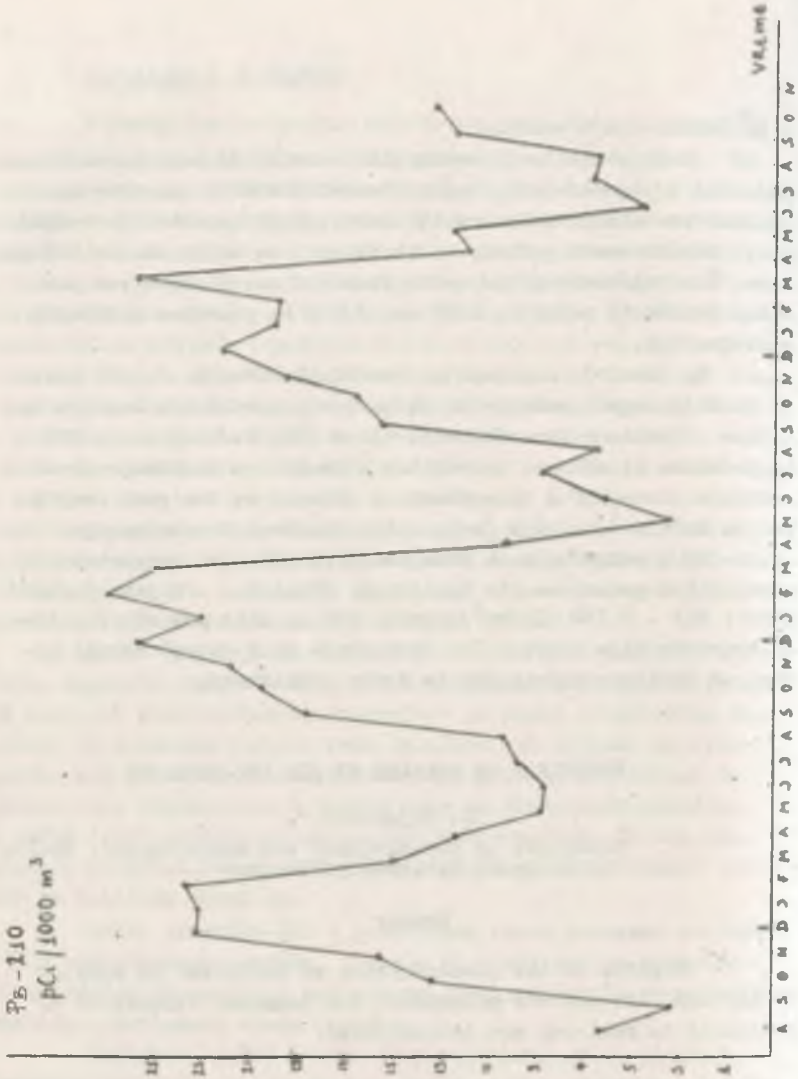
RADIOLEAD IN SAMPLES OF AIR AND FALL-OUT

Lj. Mijatović

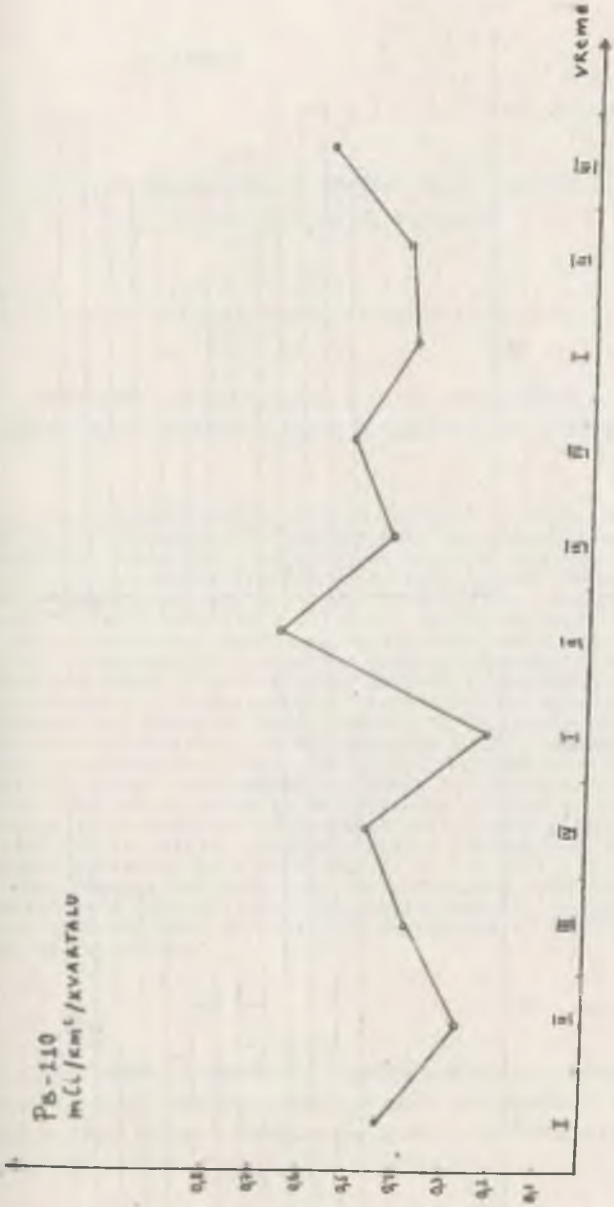
Institute of Occupational and Radiological, Health "Dr Dragomir Karajović"- Beograd

Sumary

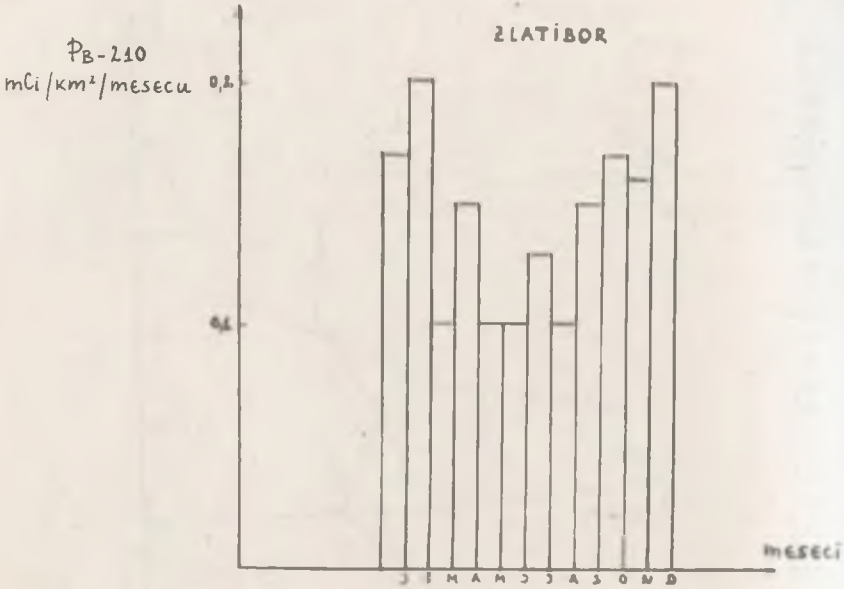
Results on the concentration of radiolead in samples of air and fall-out are presented. The Seasonal variations of radiolead in fall-out are investigated.

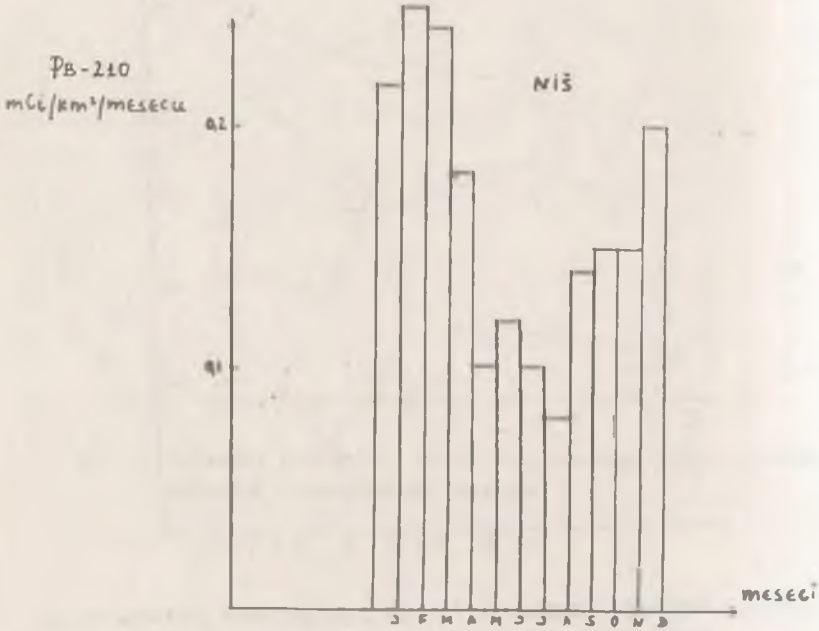


Sl.1.- Sezonske varijacije Pb-210 u prizemnom sloju vazduha-prosečne vrednosti po mesecima



Sl.2.- Sezonske varijacije Pb-210 u padavinama prosečne vrednosti po kvartalima


ZLATIBOR
Pb-210
mCi/km²/mesecu
0,2
0,1
meseci
J F M A M J J A S O N D


NIŠ
Pb-210
mCi/km²/mesecu
0,2
0,1
meseci
J F M A M J J A S O N D

Slika 3.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi, 20-23. maj 1975.

Ninković M.M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

DOPRINOS RAZVOJU MODELA ZA OCENU RADIJACIONIH EFEKATA NUKLEARNO-ENERGETSKIH POSTROJENJA NA STANOVNIŠTVO

Rezime: U radu su prikazani i diskutovani osnovni elementi modela za proračun individualne i kolektivne doze* za stanovništvo u okolini nuklearnih elektrana, kao osnovnih veličina kojima se karakteriše radijacioni uticaj snažnih dinamičkih izvora zračenja na okolinu. Ukazano je na osnovne izvore ozračivanja i puteve dospevanja radioaktivnih materijala u ljudski organizam posredstvom vazdušne i vodene sredine. Posebno su diskutovane aprosimacije koje se vrše pri izračunavanju kolektivne doze zavisno od makro i mikro gustine naseljenosti analiziranih predela i raspoloživih višegodišnjih meteoroloških parametara. Diskutovane su takodje i granice integracije kolektivne doze. Ukazano je na mogućnost uprošćavanja postupka za proračun, putem smanjenja broja radioizotopa čiji se put, od izvora do čoveka, prati. U tom smislu navedene su dve karakteristične, reprezentativne grupe radioizotopa koje mogu da posluže u tu svrhu; jedna za akcidentalne a druga za normalne radne uslove lakovodnih nuklearno-energetskih postrojenja. Na kraju se ističe da se javlja znatno odstupanje računskih od konkretno izmerenih podataka, koja se kreću oko jednog pa i više redi veličine. Zbog toga se zaključuje da se proračunima u današnje vreme mogu oceniti samo granične vrednosti individualne u kolektivne doze koje će u konkretnim uslovima biti dostignute sa manjim ili većim stepenom verovatnoće.

1. Uvod

Radi ocene radijacionih uticaja nuklearno-energetskih postrojenja na okolinu, opšte je usvojeno nekoliko osnovnih dozimetrijskih veličina, kao što su individualna doza, kolektivna doza, populaciona doza itd.

---

* U ovom radu umesto termina "ekvivalentna doza" koristi se često samo "doza", isključivo radi skraćenog pisanja.

Individualna doza, kao granica doze za pojedina lica iz naselja u okolini nuklearnih postrojenja, prihvaćena je u mnogim zemljama, prema preporukama ICRP (1), kao srednja godišnja doza u odredjenoj najugroženijoj (kritičnoj) grupi stanovnika. Ova veličina ne sme biti veća od 1/10 granice doze za profesionalno eksponirana lica. U praksi se za ovaj slučaj koristi visok faktor sigurnosti tako da se dopušta granica individualne doze koja se kreće oko 1% od preporuka ICRP.

Granica doze za naselja u celini, koja proističe iz frakcije godišnje genetski značajne doze, naziva se kolektivna doza i izražava se u jedinicama ljudi·rem-a po jedinici instalisane snage energetskog postrojenja (2). Neki autori činili su pokušaje odredjivanja granice kolektivne doze polazeći od srednje instalisane snage nuklearnih elektrana po glavi stanovnika, koja se može očekivati za zemlju u celini u neposrednoj budućnosti (3). (Predskazuje se oko 1 kw/čoveku za prvu dekadu narednog stoleća (4)). Uzimajući kao koeficijent rizika oko 100 štetnih efekata na 1 rem na 10^6 ljudi, i pod predpostavkom prihvatljivog rizika za naselja u celini od 10^{-6} dobija se kao srednja vrednost od 10 mrem/godinu i granica kolektivne doze od 10 ljudi·rema/1 MWe na godinu. Medjutim, u današnje vreme opšte je usvojena koncepcija ICRP (5), koja se sastoji u sledećem: pri izgradnji i eksploataciji nuklearnoenergetskih postrojenja moraju se obezbediti takvi uslovi da "rezultujuće doze budu tokiko niske koliko je to moguće postići razumnim sredstvima". A to znači da se u slučaju svake, konkretne nuklearne elektrane moraju proceniti, sve moguće biološke posledice po životnu sredinu i cena potrebnih ulaganja za ograničavanje tih posledica na prihvatljivi nivo, pa tek onda oceniti ekonomičnost izgradnje takvih, postrojenja. Ne treba gubiti iz vida da je ovo, u današnje vreme, jedini logičan prilaz izgradnji bilo kog industrijskog objekta a ne samo nuklearnih elektrana. Inače, saglasno prethodnim konstatacijama, danas se u ŠAD, za granicu kolektivne doze, uzima vrednost od 0,4 ljudi·rema/1 MWe·godina, koja se mora zadovoljiti pri projektovanju i izgradnji nuklearnih elektrana.

Potencijalni rizik akcidentalnog ozračivanja stanovništva u okolini nuklearnih postrojenja javlja se kao jedan od osnovnih ograničavajućih faktora pri izgradnji ovih objekata, naročito u gusto naseljenim predelima, odnosno u blizini velikih gradova. Postoje različiti prilazi za ocenu veličine ovog rizika, zasnovani na procenama mogućih genetskih ili somatskih efekata. Medjutim, i u ovom slučaju

čini se da je najprihvatljiviji princip koji preporučuje ICRP (5). A taj princip sastoji se u tome da se rizik akcidentalnog ozračivanja ocenjuje na osnovu analize spektra svih mogućih akcidenata i njihovih posledica i uporedjuje sa verovatnoćom njihovog nastanka. Ovaj prilaz se bitno razlikuje od ranije koncepcije maksimalno mogućeg akcidenta.

2. Procena individualne doze

Pri analizi ozračivanja stanovništva u okolini nuklearnih postrojenja, vrše se izračunavanja doza koje mogu poticati iz različitih izvora:

a) Doza unutarnje ozračivanja - od radioizotopa koji su dospeli u organizam sa vazduhom, vodom ili hranom.

b) Doza spoljnjeg ozračivanja, koja potiče od stacionarnih izvora iz same zgrade postrojenja ili od pokretnih izvora u procesima transporta visoko-radioaktivnih materijala (iskorišćeno gorivo i slično).

v) Doza od gama i beta zračenja iz oblaka, vode ili sa površina, kojima se nalaze ili na koje su dospele radioaktivne čestice iz posmatranog nuklearnog postrojenja.

U procesu proračuna individualne doze potrebne su neke veličine kao osnovni polazni podaci, i to za svaki izotop i svaku tačku u prostoru, kojima se karakteriše rasprostiranje radioaktivnih materijala u okolini. Medju prvima ovde navodimo sledeće:

a) Vremenski integral koncentracije izotopa u nadzemnom sloju atmosfere.

b) Površinska aktivnost radioaktivnog taloga.

c) Koncentracija radioizotopa u vodi.

Pored navedenih podataka, za svaki izotop treba posedovati parametre o karakterističnim, odnosno kritičnim putevima njegovog dospevanja u organizam pojedinaca ili grupa iz naselja, kao i o njihovom fizičko-hemijskoj formi. Za radioizotope u formi aerosola, treba znati stepen disperznosti, odnosno pri unošenju kroz disajne organe raspodelu na plućno tkivo i dalje prodiranje u ostale delove tela.

Slični podaci moraju se posedovati i za izotope u gasnoj formi. Prema stepenu zadržavanja u plućima radioizotopi se razvrstavaju u tri kategorije (6): One koji se potpuno apsorbuju, samo delimično ili se uopšte ne apsorbuju (kao inertni gasovi, naprimer): Takodje radioizotopi se grupišu i prema vremenu poluraspada.

Sledeća grupa podataka neophodna za procenu dela individualne doze koji potiče od unutrašnjeg ozračivanja, odnosi se na karakterizaciju objekta ozračivanja. Tu su pre svega podaci o brzini udisanja, odnosno srednjoj brzini udisanja za pojedina lica različitog uzrasta, profesija i u zavisnosti od doba dana. Ovde navodimo sledeću tabelu podataka, kao najnovije preporuke IAEA (7):

Uzrast	Brzina udisanja (l/sec)		
	Dan	noć	srednje efekt.
Odrasli muškarci	0,333	0,125	0,264
Odrasle žene	0,317	0,100	0,245
Deca do 10 god.	0,220	0,080	0,171
Deca do 1. god.	0,097	0,024	0,054
Novorodjenčad	0,025	0,0083	0,009

Podaci iz prve dve kolone preporučuju se za akcidentalne slučajeve, a iz treće za normalne radne uslove.

Kod proračuna individualne doze, koja potiče od radioaktivnih materijala unetih u organizam inhalacijom, treba razlikovati lica koja se nalaze na otvorenom prostoru od onih u zatvorenim prostorijama. Ovo se postiže uvodjenjem u model faktora ekranizacije, odnosno redukcije koncentracija u delimično zaštićenim prostorima. Ovaj faktor se obično kreće od 0,2 do 0,7 (8), a stoji u oštroj zavisnosti od doba godine i temperature atmosfere.

Izračunavanje doze unutrašnjeg ozračivanja od radioaktivnih materijala dospelih u organizam preko organa za varenje, znatno je složenije nego u sluačju inhalacije. Najvažniji polazni podaci u ovom slučaju su površinska aktivnost taloga na tlu, i koncentracija radioizotopa u površinskim vodama. Zatim slede neophodni parametri kojima se definišu procesi i putevi dospevanja radioaktivnih materijala sa površina u organizam. Ovi putevi karakterišu se posebnim faktorima, kojim se uzimaju u obzir procesi rekondentracije i zadržavanja radioaktivnih materijala u pojedinim medjufazama prenošenja u unošenja. Odnosno njima se uzima u obzir prelazak radioaktivnih materijala iz oblika taloga u tlo, vodu i rastinje a potom u vodeni i kopneni životinjski svet. Sledeću grupu neophodnih podataka sačinja-

vaju parametri o upotrebi i raznih vidova hrane u ishrani čoveka. Na osnovu ovih faktora i svih prethodnih mogu se konačno oceniti očekivani sadržaji radioizotopa u organizmu, a potom i doze za pojedine organe, odnosno celo telo.

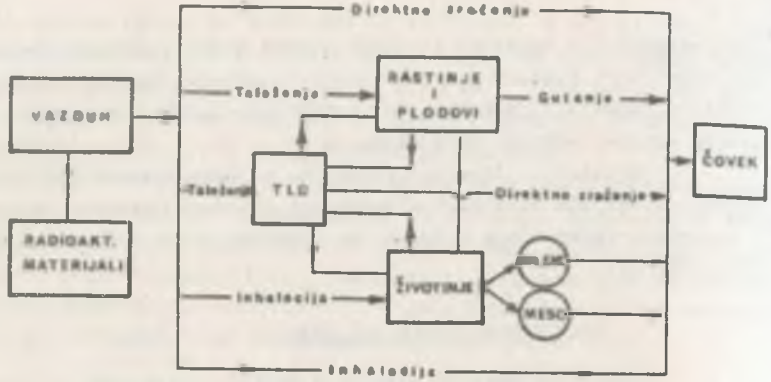
Na slici 1, date su principijelne šeme interakcije radioaktivnih materijala sadržanih u vazdušnoj i vodenoj sredini neposredno i posredno, preko flore i faune, sa čovekom, onako kako to preporučuje ICRP (9).

3. Procena kolektivne doze

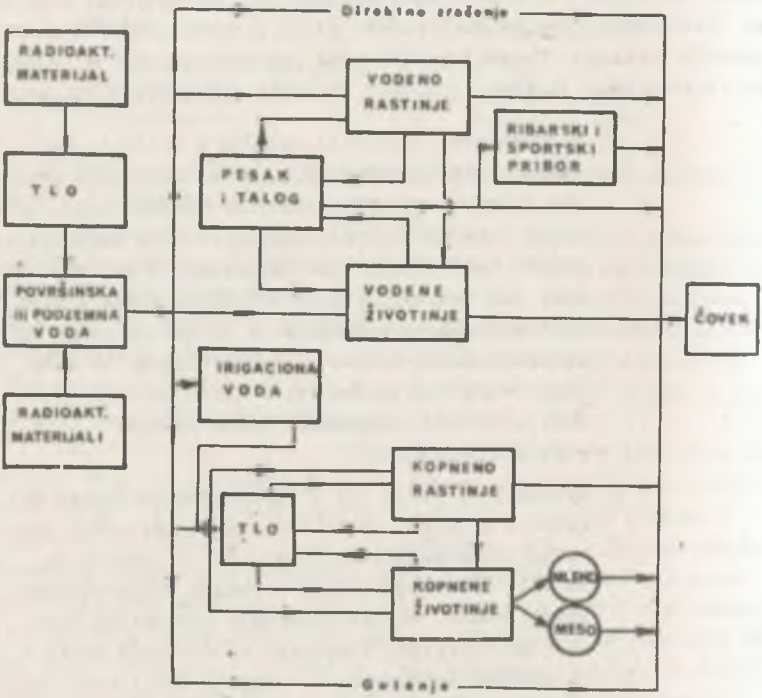
Kolektivna doza za naselja u okolini nuklearnih postrojenja dobija se iz vrednosti za individualne doze i kompletnih demografskih podataka. Postupak samog izračunavanja zavisi od nekih karakteristika područja, kao što su meteorološke (pravci vetrova, ruža vetrova, karakteristične mikroraspodele itd.) s jedne strane i raspodela naselja sa druge. U samim proračunima predpostavljaju se, odnosno modeliraju neke tipične situacije od kojih su najčešće sledeće:

a) Neravnomerna raspodela naselja u okolini, koja sačinjavaju uglavnom sela, sa nenaseljenim prostorom (seoskim atarima, poljima) između njih. Kolektivna doza se u ovim slučajevima može računati na osnovu individualne (modifikovane) u centru naselja, ako je $r \ll l$, gde je r-radijus kruga u kome leži naselje, a l-rastojanje od centra kruga do izvora emisije-nuklearnog postrojenja. Ukoliko nije zadovoljen uslov $r \ll l$, takvo naselje se može podeliti u sektore i potom primeniti isti postupak proračuna.

b) Ravnomerna, manje ili više rasprostranjenost žitelja u okolini, praktično bez nenaseljenih područja nezanemarljivih dimenzija. Uz uslove da se u ovakvim slučajevima poseduju mikrometeorološki podaci, za izračunavanje kolektivne doze može se koristiti kvadratna koordinatna mreža sa centrom koorinatnog sistema u tački emisije. Kolektivna doza se u ovom slučaju dobija se na osnovu individualnih koje odgovaraju ozračivanjima u centrima kvadrata. Veličina ivice kvadrata bira se u ovom slučaju prema mesnoj gustini



(a)



(b)

sl.1. Putevi dospevanja i delovanja radioaktivnih materijala, ispuštenih u životnu sredinu, na čoveka
a) vazdušna sredina — čovek
b) vodena sredina — čovek

naseljenosti, korak kvadratne mreže može se povećavati idući na periferiji okoline. Kriterijum za promenu ovog koraka može da posluži odnos individualnih doza na bližoj i daljoj ivici kvadrata.

v) Ravnomerna naseljenost okoline ali bez mikrometeoroloških podataka. U ovakvim slučajevima najpogodnije da se za teritorijalnu podelu okoline nuklearne elektrane upotrebi polarna koordinatna mreža. Obično se pri tome okolina deli na 16 uglovnih sektora, tj. sa uglavnom širinom sektori od $\Delta\Psi=22,5^{o}$. Ovi sektori označavaju se na osnovu oznaka za strane sveta i mi ćemo ih ovde citirati počinjući od severa i krećući se suprotno od smera kretanja kazaljke na satu: S, SSZ, SZ, ZSZ, Z, ZJZ, JZ, JJZ, J, JJI, JI, IJI, I, ISI, SI, SSI. Nakon podele na uglovne sektore, okolina se dalje parceliše radijalno na kružne pojaseve, tako da se za osnovne površinske elemente u polarnoj koordinatnoj mreži dobijaju prstenasti segmenti. Radijalna širina segmenata, kao i kod kvadratne koordinatne mreže, može se povećavati idući ka periferiji okoline uz primenu istog kriterijuma. Ukoliko to odnosi odgovarajućih veličina i individualnih doza dozvoljavaju može se primeniti princip u dvostručavanja priraštaja tj. $\Delta r_n=2\Delta r_{n-1}$, gde su Δr_n i Δr_{n-1} širine n; i n-1, pojasa. Dalji postupak izračunavanja kolektivne doze analogan je prethodnim.

Posebno pitanje pri izračunavanju kolektivne doze postavlja se kod sredjivanja rastojanja do koga ima smisla računati ovu veličinu, tj. granica integracije. U SAD je usvojeno da ovo rastojanje iznosi 80 km (50 milja) (10). Praktično to je rastojanje do koga ima smisla izračunavanje individualne doze na osnovu podataka o transportu radioaktivnih materijala kroz atmosferu. Zavisno od reljefa, ovo rastojanje verovatno leži u intervalu od 50 do 100 km. Van ove granice priraštaj kolektivne doze može se računati po jednostavnoj relaciji (11):

$$H_x = (l_g/l_x)^2 \cdot H_g$$

gde su H_g i H_x individualne akvivalentne doze na graničnom i posmatranom rastojanju, a l_g i l_x, veličine tih rastojanja. Ovako uprošćena relacija može se koristiti za rastojanja koja su do oko 10-puta

veća od graničnog. Kolektivna doza za još veća rastojanja, odnosno populaciona doza (doza za celu zemljinu sferu) može se odrediti samo na osnovu podataka o globalnom transportu radioaktivnih materijala.

Drugu grupu podataka neophodnih za proračun kolektivne doze sačinjavaju demografski podaci. Ovi podaci mogu se razvrstati u četiri osnovne kategorije:

a) Opšta raspodela stanovništva po naseljima u posmatranom području.

b) Starosna struktura naselja.

v) Srednje količine osnovnih (posebno specifičnih) namirnica koje se troše po glavi stanovnika.

g) Specifičnosti bavljenja u životnoj sredini (okolini) u okviru svakog naselja.

Pri analizi vrsta životnih namirnica koje se koriste u ishrani potrebno je da se posebno obrati pažnja njihovo prostorno poreklo, radi pravilne procene očekivanog sadržaja radioaktivnih materijala u njima. Slične podatke treba posedovati i o izvorištima vode za piće

4. Zaključna razmatranja

U prethodnom tekstu izložen je u bitnim elementima postupak za proračun individualne odnosno kolektivne doze. U praksi se često pribegava različitim vidovima uprošćavanja. Ovde ćemo posebno naglasiti aspekt aproksimacije koji se odnosi na sužavanje broja radioizotopa čija se sudbina sledi. Obično se pri tome polazi od radiotoksikološke klasifikacije izotopa (12). Saglasno tome Hoseman et al. (13), predlažu sledeću grupu izotopa:

- izotopi joda, naročito ^{131}I
- ^{241}Pu, ^{240}Pu, ^{239}Pu
- ^{89}Sr, ^{90}Sr
- ^{144}Ce

kao karakterističnu i dovoljno reprezentativnu za proračun doza u okolini u slučajevima akcidentalnih ispuštanja iz vodom hladjenih i moderiranih reaktora. U radovima (14 i 15) je predložena druga karakteristična grupa radioizotopa:

- inertni gasovi (radioizotopi Kr i Xe)
- jod
- tricijum
- ^{58}Co
- ^{137}Cs
- ^{90}Sr
- ^{99}Mo

kao dovoljno reprezentativna kod analize ispuštanja i procene doza u okolini lakovodnih nuklearnih reaktora pri normalnim radnim uslovima.

Konačno, potrebno je naglasiti da veličine individualnih doza, koje se dobijaju u prethodno, u osnovnom crtama izloženim postupkom, uz korišćenje neophodnih parametara iz preporuka ICRP, ili prakse vodećih zemalja na polju nuklearne energetike, odstupaju često za jedan pa i više redi veličine od izmerenih. Na osnovu ove činjenice moglo bi se zaključiti da skicirani postupak proračuna individualne doze a potom i kolektivne ne zadovoljava odnosno da je pogrešan. Medjutim, iako se za prikazani model može reći da je neodovoljno usavršen, on je logično zasnovan i u osnovi pravilan. Jedan od bitnih uzroka neslaganja sa merenim podacima leži u nedovoljno tačnim parametrima koji se koriste u proračunima. Treba očekivati povećanje tačnosti ovih veličina u neposrednoj budućnosti na osnovu laboratorijskin ispitivanja na modelima i nagomilavanja i sinteze podataka iz prirodnih uslova u tekućoj praksi. Ipak, zbog složenosti problema, normalno je očekivati da se prikazanim postupkom proračuna mogu dobiti vrednosti za individualne, a zatim i kolektivnu dozu samo kao granične vrednosti koje se mogu dostići sa izvesnim stepenom verovatnoće.

5. Literatura

1. ICRP: Recomendation of the International Commission on Radiological Protection, Publication 9,1966.

2. Villforth, J.C., Basis concepts and principles of assesment: A review of the advisory commitee report on the biological effects of ionizing radiation, IAEA Seminar, Portorož, Yugoslavia, May 1974.

3. Beninson, D., Population doses resulting from radionuclides of worldwide distribution IAEA Seminar, Portorož, Yugoslavia, May 1974.

4. Ševc, J., Kunz, E., Nameštak, L., Kriteria radiačni ochrany pri vystavbe jadernych teplaren, Konference o jadernem teplarenstvi, Brno, dotisk, 27-31, 1973.

5. ICRP, Implications of Commission Recomendations that Dose be kept as low as readily Achievable, Publication 22, 1973.

6. Task Group on Lung Dynamics: Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract, Health Physics 12, 173, 1966.

7. IAEA, Technical Report Series, No 142, IAEA, Vienna, 1974.

8. Slade, D.H., (Ed), Meteorology and Atomic Energy, U.S.Atomic Energy Commission, 1968.

9. ICRP, Principles of environmmental monitoring related to the handling of radioactive materials, ICRP Publication 7. Pergamon Press, New York, N.Y., 1965.

10. Struxness G.E., Assessment of radiological impacts resulting from nuclear power stations, Second International Summer School on Radiation Protection, Herceg Novi, Yugoslavia, August, 1973.

11. Namestek, L., Horvat D., Ševc, J., Kunz, E., Metodika rascjota individualnoj i kolektivnoj dozi dlja naseljenija v okrestnosti atomnoj cmancii, Dokladi dlja soveščanija specialistov stran členov SEV i Jugoslavii, Piještani, ČSSR, oktobar 1974.

12. IAEA, A basic toxicity classification of radionuclides, Technical Report series No 15, IAEA, Vienna, 1963.

13. Hoseman, J.P., Scnikarski, W., Wild, H., Radioactive pollutions released in accidents of LWR power plants - A review and attempt at classification, IAEA/SM-181-18.

14. Rodger, A.W., Statement on Behalf of Consolidated utility Group, AEC Docket 50-2, March 1972.

15. Minković M.M., Očekivani nivoi radioaktivnih efekata nuklearnih elektrana na okolinu, Elektroprivreda, br.1-2, januar-februar, 1974.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

METEOROLOŠKA MERENJA PRI NUKLEARNIM POSTROJENJIMA

Dušan Stojanović,dipl.meteorolog

20-23. maj 1975.godina
Herceg Novi

METEOROLOŠKA MERENJA PRI NUKLEARNIM POSTROJENJIMA

Uvod

Nuklearna energija postaje sve značajniji činilac u svakodnevnom životu a njena primena za miroljubive ciljeve sve šira. U vreme globalnog preispitavanja racionalnog korišćenja energije i sirovina nuklearna energija ima sve veće izglede.

Uporedo sa energetskom krczom raste i značaj akcije za očuvanje osnovnih životnih uslova i zaštitu životne sredine i prirode u celini. Dosadašnja eksploatacija nuklearne energije je ukazala da se ona može bezbrižno koristiti ako su preduzete sve odgovarajuće mere kontrole i nadzora.

Poznavanje uslova ambijenta je jedan od osnovnih zahteva na kome se temelje ne samo mere kontrole i nadzora već i i niz mera neophodnih za planiranje, projektovanje i gradnju kao i druge svrhe. Poznavanje meteoroloških karakteristika i klime u celini je jedan od osnovnih uslova za racionalno korišćenje i sprovodjenje potrebnih mera.

Cilj meteoroloških merenja

Meteorološka merenja treba da obezbede osnovne podatke o klimi i meteorološkim procesima koji karakterišu neku lokaciju. Drugim rečima ova merenja daju osnovne podatke o fizičkim procesima koji su specifični za neke lokacije i na osnovu kojih se mogu doneti odgovarajuće odluke po pitanjima planiranja rada, projektovanja, gradnje i eksploatacije postrojenja. Time podaci ovih merenja imaju veoma široku primenu. Medjutim planiranje meteoroloških merenja pri nuklearnim postrojenjima zavisi u prvom redu od činjenice da li je postrojenje već podignuto ili nije odn. da li je lokacija već odredjena ili će biti odredjena posle izrade meteorološkog elaborata i odgovarajućih drugih procena.

Ukoliko je postrojenje podignuto meteorološka merenja imaju za cilj formiranje mera zaštite i kontrole bliže i dalje okoline postrojenja. Pored toga podaci meteoroloških merenja služe

za razne svrhe pri radu postrojenja počev od grejanja do kontrole ispuštanja otpadnih materija kroz dimnjak ili druge sisteme ventilacije. Slična je eksploatacija meteoroloških parametara i na postrojenjima čije su lokacije ranije odredjene. Osnovna je razlika u tome što se u ovom slučaju podaci koriste za projektovanje i gradnju postrojenja, odredjivanje kapaciteta, lokacije i dimenzije dimnjaka, odredjivanje ugroženih zona, mesta za postavljanje kontrolnih stanica i tome slično. Ako se vrši izbor izmedju nekoliko alternativnih lokacija, meteorološki podaci imaju veliku težinu pri odredjivanju lokacije za gradnju nuklearnih postrojenja. U tim slučajevima oni imaju najširu primenu. Pored svih do sada pomenutih načina primene u ovim slučajevima podaci se koriste počev od odredjivanja sezone gradnje, izvodjenja betonskih radova i planiranja grejanja, orijentacije zgrada i termoizolacije zidova do izrade saobraćajnica, kapaciteta kanalizacije i radova hortikulture.

Meteorološki program

Meteorološki program definiše šta treba da se meri, kada treba obavljati merenja i kako treba meteorološke podatke sakupljati, obradjivati i prezentirati.

Dimenzije meteorološkog programa zavise od niza spoljnih faktora kao što su geografski uslovi, topografija terena, gustina naseljenosti, biljni pokrivač i šume i dr. Pri nuklearnim postrojenjima obično se sastavljaju veoma opsežni meteorološki programi. Nuklearna postrojenja se sve više približuju neposrednim potrošačima odn. korisnicima a mere zaštite životne sredine postaju sve rigoroznije. Pored toga sve više se prirodni faktori koriste pri rejonizaciji, planiranju i projektovanju. Time i eksploatacija meteoroloških podataka postaje sve kompleksnija i potrebnija.

Vrste meteoroloških merenja

Zbog veoma široke primene meteoroloških analiza u raznim fazama gradnje i rada nuklearnih postrojenja i zbog veoma kompleksne eksploatacije ovih podataka u proučavanju procesa zagadjenosti vazduha, pri nuklearnim postrojenjima se vrše razna meteo-

rološka merenja. Meteorološki program ova merenja deli na standardna i specijalna. Standardna merenja obuhvataju meteorološka merenja i osmatranja koja se obavljaju na standardnim meteorološkim stanicama i ona obično obuhvataju prikupljanje podataka o temperaturi, vlažnosti, vetru, padavinama, oblačnosti i pojavama.

Specijalna meteorološka merenja obavljaju se isključivo za odredjivanje uslova stabiliteta i promena pravca i brzine vetra sa visinom u prizemnim slojevima vazduha. Za izvodjenje specijalnih meteoroloških merenja potreban je meteorološki stub, ili neko drugo sredstvo sa kojim je moguće izvoditi merenja na raznim visinama iznad površine tla.

Uobičajeno je i preporučljivo da se i standardna i specijalna merenja izvode na jednom punktu. Na obim meteoroloških merenja i dimenzije meteoroloških programa u odredjenoj meri utiče i blizina i vrsta okolnih meteoroloških stanica. Blizina specijalnih stanica za prikupljanje visinskih podataka može u velikoj meri da ograniči dimenzije meteoroloških programa.

Instrumenti i oprema

Merenja obuhvaćena standardnim programima vrše se na mnogim meteorološkim stanicama širom zemlje, pa se za njih koriste standardni instrumenti i oprema. Parametri koji se mere kao što su: temperatura, vlažnost, vetar i padavine sve češće se mere savremenom instrumentacijom jer se na taj način njihovi podaci mogu da registruju na karticama i direktno unose u kompjuter radi obrade. Medjutim podaci koji se dobijaju vizuelnim osmatranjima kao što su oblačnost i pojave i dalje se odredjuju na osnovu zapažanja. Podaci vizuelnih osmatranja moraju se lično i unositi u kartice. I pored sve korisnosti digitalne registracije podataka za izučavanje procesa turbulencije u atmosferi veoma su korisni analogni podaci pa se ono i preporučuje, posebno za podatke o pravcu i brzini vetra.

Specijalna merenja zahtevaju i specijalnu instrumentaciju. To je uglavnom instrumentacija kojom se meri vetar, temperaturne razlike, redje vlažnost vazduha i podaci o sunčevom zračenju. Svi ovi podaci idu na kartice i direktno u računar, koji ih obradjuje za operativne i statističke svrhe.

Za specijalna meteorološka merenja koja se obično obavljaju pomoću visokih instalacija poput meteoroloških ili radioteleviziskih stubova neophodna je i posebna oprema radi postavljanja meteoroloških instrumenata na odredjene visine. Pored toga zbog specifičnosti procesa merenja neophodno je obezbediti zaštitu postavljene instrumentacije kako zbog procesa korozije, tako isto i zbog padavina, sunčevog zračenja i elektriciteta. Posebnu pažnju treba pokloniti zaštiti instrumentacije od životinja posebno ptica.

Pri izboru instrumentacije treba voditi računa o opremi koju ona zahteva. Često je zbog ove okolnosti bolje uzeti skupoceniju opremu jer se razlika u ceni gubi kroz eksploataciju i održavanje instrumentacije.

Meteorološki stub

Radi proučavanja procesa zagadjenosti vazduha neophodni su podaci o atmosferskoj turbulenciji a naročito u njenim donjim slojevima, koji su za egzistenciju čoveka najvažniji. Za odredjivanje intenziteta turbulencije potrebni su podaci o promenama temperature i vetra sa visinom. Zbog toga se na odredjene visine postavljaju instrumenti koji mere ove promene a čiji se podaci registruju.

Osnovni problemi vezani za meteorološka merenja na stubu vezani su za pitanje: do koje visine je neophodno vršiti ova merenja i na koje visine postaviti instrumente? Poznato je da za ove probleme nebi škodila merenja i na većim visinama, što ograničavaju ekonomski razlozi. Zato se traži "neophodna" visina, koja uglavnom zavisi od lokalnih uslova i dimenzija izvora zagadjenja - dimnjaka. Od lokalnih uslova, najvažniji podatak je prosečna visina sloja inverzije.

Poseban problem je izbor lokacije za postavljanje meteorološkog stuba. Izabrana lokacija mora da bude tako odredjena da dobijeni podaci budu reprezentativni za ceo kraj. Lokacija mora da bude otvorena sa svih strana. U neposrednoj blizini stuba ne sme biti visokih zgrada, drveća ili bilo kakvih drugih prepreka koje modifikuju strujanje vazduha.

ukupnoj smjesi uz efikasnost detekcije ^{45}Ca od 60-80%.

Scintilator priredjen na bazi Triton-toluen (1:2) otapala miješa do 25% biološkog materijala uz visoku efikasnost detekcije od 80%. Jedino uzorci bioloških tekućina kao urin i serum nisu pogodni za miješanje s ovom otopinom scintilatora zbog vremenske nestabilnosti priredjenih uzoraka za mjerenje.

Scintilator priredjen na bazi dioxana ima niski kapacitet za stabilni kalcij i solno kisele vodene otopine, zbog čega je prikladan samo za male volumene biološkog materijala, tj. do 5% u ukupnoj smjesi.

Filter papir metoda je vrlo prikladna zbog mogućnosti regeneracije otopine scintilatora, pri čemu je efikasnost detekcije 65%.

Kod svih ispitanih otopina scintilatora efekte gašenja moguće je korigirati metodama omjera kanala, te je nadjeno da serija gašenih standarda mora imati jednak kemijski sastav kao i uzorci za mjerenje. Osim ovoga ispitan je i utjecaj ukupnog volumena u mjernoj posudici na omjere kanala i efikasnost detekcije. Nadjeno je da su omjeri kanala različiti kod raznih otopina scintilatora, te da se kod scintilatora na bazi Tritona efikasnost bitno mijenja s volumenom.

Several scintillation coctails were applied for calcium-45 counting after direct mixing with biological fluids or ashed biological material. Various ratios of scintillant to biological material, interferrence of various ions, stability of samples and quenching correction by channel ratio and external standard ratio were investigated and discussed.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi, 20 do 22 maja 1975.

Šmelcerović M., Muždeka S., Ilić R.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča
Vojnotehnički Institut - Beograd

MERENJE NISKIH SPECIFIČNIH BETA AKTIVNOSTI RADIOMETRIJSKOM LABORATORIJOM TIPA LARA - 10

Namena laboratorije tipa LARA-10 je merenje specifične beta aktivnosti materijala kontaminiranih fisionim produktima i to pri radu u vanrednim uslovima. Zbog masovne opremljenosti raznih laboratorija i medicinskih centara ovim tipom uredjaja, od interesa je oceniti granicu merenja niskih beta aktivnosti, radi primene uredjaja u mirnodopskom radu. Ocenjeni su nivoi merenja specifične beta aktivnosti na debelom uzorku i to za merenje relativnog i apsolutnog tipa. Zaključeno je da se laboratorija može primeniti za merenje specifične beta aktivnosti do reda veličine nCi/kg pri merenju na nekoncentrovanom uzorku, dok se koncentrovanjem poboljšava osetljivost merenja za više redova veličine, što čini ovaj tip uredjaja primenjivim za merenja aktivnosti hrane i vode na nivou prirodne radioaktivnosti.

Specifična aktivnost uzorka A_s se može prikazati izrazom

$$A_s = F \cdot R_{uz} \qquad (1)$$

gde su upotrebljene oznake:

A_s - specifična aktivnost materijala uzorka,
F - koeficijent zavisan od mernog sistema i uzorka,
R_{uz} - brzina brojanja detekcionog sistema korigovana u odnosu na fon i mrtvo vreme brojačkog sistema.

Pri relativnim merenjima vrednost koeficijenta F je odredjena za primenjenu geometriju merenja i za svaki izotop kontaminant. Naglasimo da je potrebno vrednost ovog koeficijenta odrediti i u odnosu na materijal nosioc aktivnosti od koga je uzorak napravljen što predstavlja mukotrpan posao u slučaju merenja specifične aktivnosti hrane. Korišćenjem metode apsolutnog merenja na debelom uzorku (Lit. 1, 2 i 3) vrednost koeficijenta F se odredjuje ponavljanjem merenja uz korišćenje aluminijumskog filtra. Ovaj metod merenja je mnogo pouzdaniji i brži za odredjivanje ukupne specifične beta aktivnosti merenog materijala. Pri apsolutnom merenju greška merenja prema sprovedenim analizama može dostići za primenjenu metodu mere-

nja na debelom uzorku i do 40% mada su sva merenja kojima je kontrolisana tačnost metode pokazivala da je greška reda 10%. Ovakva greška merenja se može prihvatiti kao zadovoljavajuća pri rutinskim merenjima aktivnosti namirnica i vode.

Pri merenjima niskih specifičnih beta aktivnosti potrebno je odrediti vreme merenja za unapred zadanu statističku grešku merenja. Pri odredjivanju statističke greške potrebno je voditi računa o izabranoj metodi merenja (pri relativnim merenjima je veličina F poznata sa visokom tačnošću) i o mogućnosti da se merni uredjaj tretira kao uredjaj sa konstantnim (i dobro odredjenim) fonom. Zavisno od izabrane statističke greške, [redacted] metode i navedenih mogućnosti merenja, izračunava se potrebno vreme merenja za odredjivanje specifične aktivnosti merenog uzorka.

Pri relativnim merenjima standardna devijacija veličine R_{uz} je

$$\sigma = \sqrt{\frac{R_{uz} + R_{fon}}{T_{uz}} + \frac{R_{fon}}{T_{fon}}} \qquad (2)$$

ili njena relativna vrednost

$$\delta = \frac{\sqrt{\frac{R_{uz} + R_{fon}}{T_{uz}} + \frac{R_{fon}}{T_{fon}}}}{R_{uz}} \qquad (2a)$$

Kao praktičan kriterijum za prepoznavanje normalne raspodele rezultata merenja može se usvojiti da je registrovan broj dogadjaja veći od 100, bilo pri merenju fona ili odbroja iz uzorka, kada i važe relacije 2 i 2a. Drugi praktičan kriterijum je $\delta < 0,25$ (lit. 5).

Ukoliko se vrše relativna merenja kada je vrednost koeficijenta F poznata sa velikom tačnošću i kada su statističke greške u pripremi uzorka (debeo uzorak) reda veličine 0,1%, može se odrediti za dato δ minimalno merljiva aktivnost prema izrazu (lit. 5, 6 i 7).

$$\min A_{sa} = F \frac{1 + 2\delta\sqrt{R_{fon}\, T}}{\delta^2\, T} \qquad (3)$$

uz uslov da je

$$\frac{T_{fon}}{T_{uk}} = \sqrt{\frac{R_{fon}}{R_{uz} + R_{fon}}} \qquad (4)$$

i $T = T_{uk} + T_{fon}$

Upotrebljene su oznake:

min A_{sa} - minimalno merljiva specifična aktivnost,

R_{fon} - brzina brojanja fona,

T_{fon} - vremenski interval pri merenju fona,

T_{uk} - vremenski interval pri merenju odbroja iz uzroka,

T - ukupno vreme merenja,

δ - izabrana relativna standardna devijacija rezultata merenja,

F - poznata vrednost koeficijenta. Za merenje na uredjaju tipa LARA - 10 videti Lit. 1 i 2.

Na grafiku na slici 1. prikazana je vrednost min A_{sa} u funkciji vremena za nekoliko izotopa i za usvojeno $\delta = 0,1$.

U mirnodopskom radu je realno očekivati da će brzina brojanja fona biti konstantna. Iz tog razloga se može smatrati da će statistička odstupanja u brzini brojanja brojačkog kompleta pri merenju uzoraka poticati uglavnom od statističkih odstupanja brzine brojanja iz izvora. Ovim pristupom se znatno snižava granica merljivosti specifične aktivnosti koja se pod navedenim uslovom može izračunati po izrazu

$$\min A_{sb} = F \frac{1+\sqrt{1+4\,\delta^2 N_{fon} T}}{2\delta^2\, T} \qquad (5)$$

ili aproksimativno pri dovoljno velikom T

$$\min A_{sb} \approx 1/2\ A_{sa} \qquad (5a)$$

Kako je u većini merenja specifične aktivnosti kontaminant nepoznat, potrebno je vršiti apsolutno merenje specifične aktivnosti (lit. 1, 2). Prednost apsolutnog merenja nad uobičajenim, relativnim merenjima, je tačnost rezultata u neočekivanim kontaminacijama veštačkim radioaktivnim materijalima. Pri apsolutnom merenju specifične aktivnosti vrše se merenje brzine brojanja iz uzorka i merenje brzine brojanja uz upotrebu Al filtra. Odnos brzine brojanja treba da je u granicama 1,5 do 2,5 i pomoću dijagrama se odredjuje koeficijent F. (lit. 2.). Merenje srednje brzine brojanja iz uzorka R_{uz} se obavlja u vremenu T_{uk}, dok se merenje brzine brojanja iz uzorka sa filtrom obavlja u vremenu T_f. Najmanja statistička greška merenja se dobija u slučaju da su ova dva vremena merenja u medjusobnom odnosu

$$T_{uk}/T_f = \sqrt{R_{uz}/R_f} \qquad (6)$$

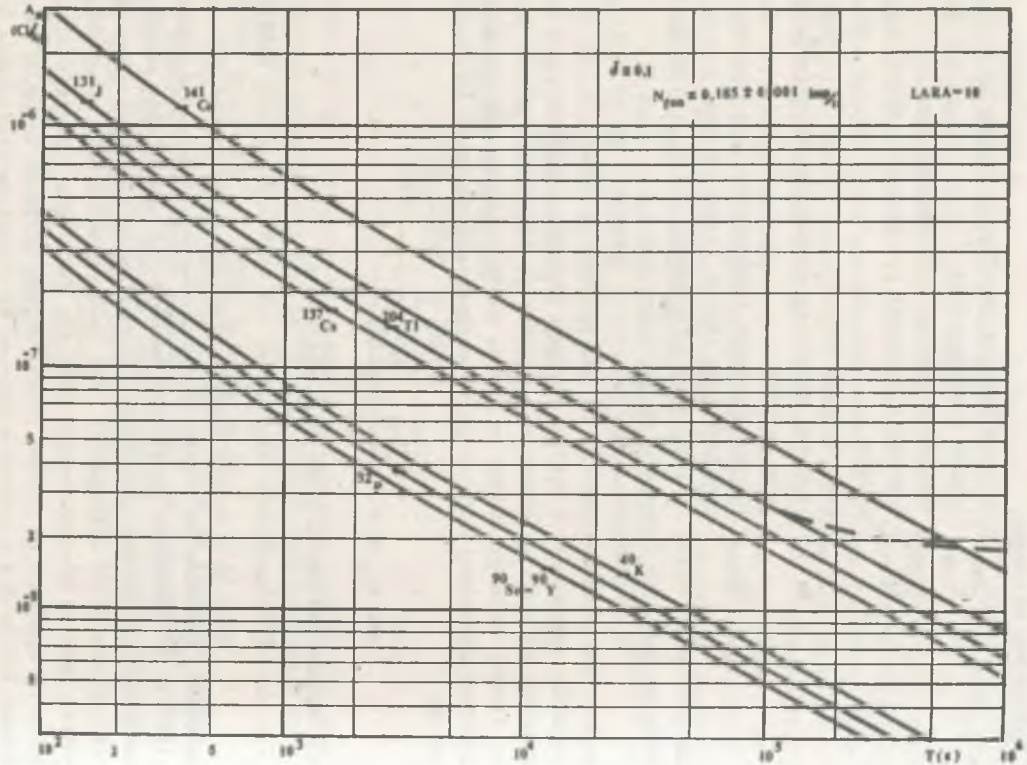

A_0 (Ci/l)
10^{-6}
10^{-7}
5
2
10^{-8}
5
10^{-2}
2
5
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
T(s)
10^{-6}
^{131}J
^{141}Ce
^{137}Cs
^{104}Tl
^{32}P
^{90}Sr
^{90}Y
^{40}K
$N_{\gamma\,100} = 0,185 \pm 0,001$ Bq/Ci
LARA-10

Fig. 1

Pri tome je ukupno vreme merenja za jedan uzorak $T = T_{uk} + T_f$. Ukoliko se minimalno merljiva specifična aktivnost odredjuje uz uslov da je fon uredjaja konstantan i pouzdano odredjen dobija se izraz

$$\min A_{sbi} = F \frac{1,55 + \sqrt{2,4 + 4\delta_s^2 N_{fon} T}}{3,1\, \delta_{fi}^2 \; T} \qquad (7)$$

sa oznakom $\delta_s = 2\,\delta_{uz} + \delta_{fi}$

Na grafiku sa slike 2 prikazana je zavisnost $\min A_{sbi}$ od vremena merenja i upotrebljenog filtra. Napomenimo da je za većinu uzoraka za merenja pogodan filter br. 3.

Na osnovu izvršene analize zaključuje se da je radiometrijska laboratorija tipa LARA-10 upotrebljiva za merenja prirodnih specifičnih aktivnosti, a da se merenjem nekoncentrovanih uzoraka mogu meriti specifične beta aktivnosti do 10^{-9} Ci/kg.

MEASURING LOWER SPECIFIC BETAS ACTIVITIES BY RADIOMETRIC LABORATORY TYPE LARA-10

The laboratory LARA-10 was developed for the measurement in emergency conditions of the specific beta activities of materials contaminated by fission products. Since very many different laboratories and medical centres have been equipped with this type of interest to estimate the limit of measurable low beta activities having in view peaceful uses of the instrument. An estimate is obtained of the low measurement level of beta activities of thick samples for both relative and absolute measurements. It was concluded that the laboratory could be applied for the measurements of specific beta activities of non-concentrated samples of the order of nC/kg. Concentrating of samples improves the sensitivity of measurements by several orders of magnitude, thus making this instrument applicable for the measurements of natural radio-activities of water and food.

LITERATURA

1. Muždeka S., Ilić R., Šmelcerović M., Stamenković B., Damljanović D.: Radiometrijska laboratorija, VI-ta jugoslovenska konferencija ETAN Velenje, 1972, Rad objavljen u časopisu "Tehnika".

2. Šmelcerović M., Muždeka S.: Merenje aktivnosti fisionih produkata metodom debelog uzorka; Zbornik materijala VI-og simpozijuma Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Ohrid, 1972.

3. Muždeka S., Šmelcerović M., Ilić R., Stamenković B., Damljanović D.: LARA-10 (uputstvo za rukovanje); Izdanje Instituta "Boris Kidrič" Vinča, 1972.

4. Bojović T., Šmelcerović M., Muždeka S., Pejušković B., Prepoznavanje i odredjivanje specifične aktivnosti beta aktivnih izotopa merenjem na debelom uzorku. Rad će biti štampan u Zborniku radova VIII simpozijuma Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Nerceg Novi, maja 1975 godine.

5. Dementljev V.A., Izmerenie malih aktivnostie radioaktivnih preparatov; Atmoizdat, Moskva, 1967.

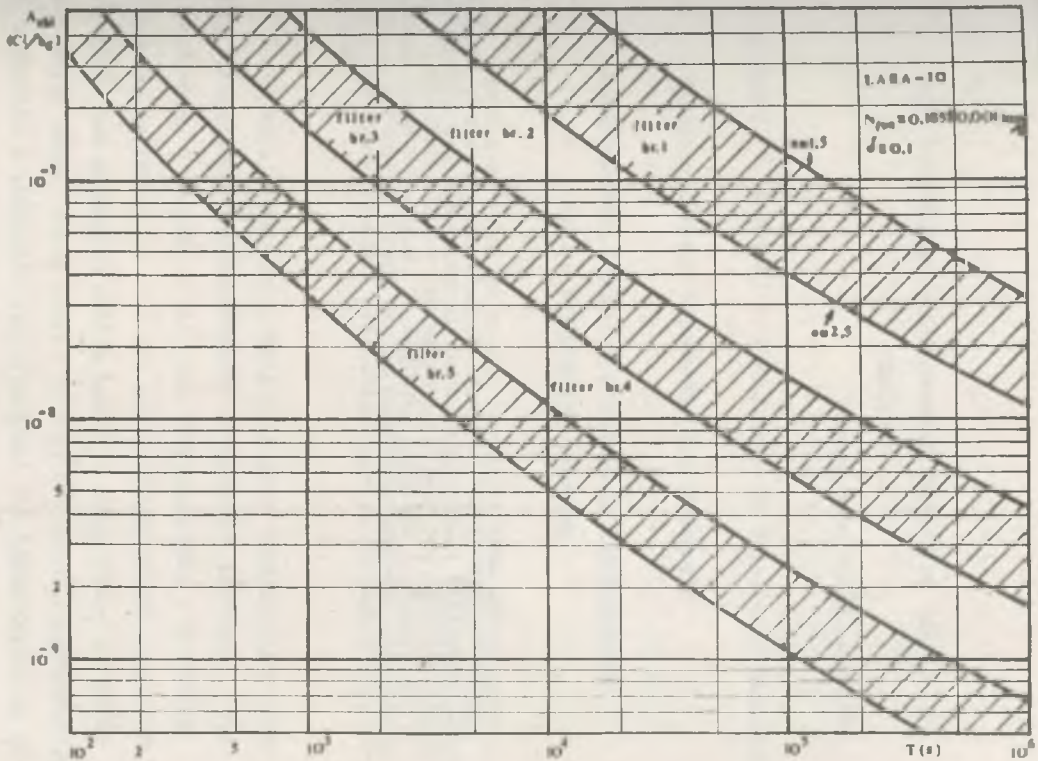
6. Goljdanskii V.I. i dr.: Statistika otačatov pri registracii jadernih častic; Gl. II. M. Fizmatgiz, 1959.

7. Gnedenko B.V.: Kurs teorii verojatnosti; Moskva, Gostehizdat, 1954.

8. Putman J.L.: Intern. J. Appl. Radiat. and Isotopes; 13, 1962

9. Bojović T., Pejušković B. Milovanović M.: Uticaj geometrije uzoraka pri merenjima kontaminacije nekim fisionim produktima na PRL (LARA 10), Zbornik materijala VI-tog Jugoslovenskog simpozijuma 0 zaštita od jonizujućih zračenja, Ohrid, 1972.

10. Šmelcerović M., Muždeka S., Bojović T., Pejušković B.: Odredjivanje parcijalnih specifičnih aktivnosti iz smeše poznatih beta emitera, Zbornik materijala VII-og simpozijuma Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari, 1973.


LABA-10
filter br.1
filter br.2
filter br.3
filter br.4
filter br.5
T (s)

SL 2

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Herceg Novi 20-23. maj 1975.

B. Pejušković, T. Bojović, R. Mihajlović, O. Nikolić, M.Milovanović

Higijenski zavod Vojnomedicinske akademije

NAŠA ISKUSTVA U RADU SA RADIOLOŠKOM LABORATORIJOM LARA-10 U TERENSKIM USLOVIMA

Izneta su iskustva u radu sa radiološkom laboratorijom -Lara-10, proizvodnje Nuklearni Institut "Boris Kidrič" Vinča, kroz merenja oko 6.500 uzoraka vode, namirnica i biološkog materijala u laboratorijskim i terenskim uslovima. Ova laboratorija se pokazala pogodnom za rad. Sa zavidnom tačnošću i efikasnošću u stanju je da dnevno obradi oko 50 mešovitih uzoraka. Potrebno je dalje njeno usavršavanje i osposobljavanje za merenje i alfa aktivnosti.

Od ranije nastala potreba za jednom laboratorijom namenjenoj odredjivanju radioaktivnosti u vanrednim uslovima, u raznim sredinama, a posebno u uzorcima vode,namirnica i biološkog materijala, ostvarena je. Već tri godine laboratoriju ovog tipa, ili kako se ona popularno naziva Lara-10, proizvodnje Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča, koristimo u laboratorijskim a posebno u terenskim ispitivanjima. Ova laboratorija je namenjena merenju specifične aktivnosti u uzorcima kontaminiranim fisionim beta aktivnim produktima, kao i za odredjivanje starosti fisionih produkata. Pri odredjivanju aktivnosti koristi se metoda "debelog uzorka", koja je relativno brza, ne zahteva posebne pripreme i obradu pre samog merenja. Greška merenja može da bude i

do ± 4o%. Laboratorija je upakovana u tri sanduka, tako da se lako može pakovati i transportovati. Kapacitet ove laboratorije po uputstvu proizvodjača iznosi 18o za tečna i 6o-1oo za razne čvrste uzorke dnevno sa desetočasovno radno vreme. Brzo se razvija i priprema za rad /za oko 15 minuta/, a toliko vremena je potrebno i za svijanje. Ovih nekoliko opštih karakteristika izneli smo kako bi podsetili ovaj auditorijum na ranija izlaganja na našim skupovima od strane autora i konstruktora ove laboratorije. Cilj ovog izlaganja je da ukaže na iskustva u radu sa ovom laboratorijom, jer kako je i na početku naglašeno, laboratoriju smo koristili u terenskim ispitivanjima i na vežbama. Ovim bi hteli da izmenimo iskustva sa drugima koji rade na sličnim poslovima i da se ta iskustva koriste za eventualna poboljšanja. Napominjemo, da smo u ovom periodu imali oko 6.5oo obradjenih uzoraka sa ovom laboratorijom.

Elektronika ove laboratorije je, smatramo dobra i savremena i pokazala se pouzdanom.Imali smo samo jedan manji kvar n jedinici za merenje vremena. Povezivanje skalera sa brojačem i izvorom napajanja je jednostavno i skoro ne postoji mogućnost da se pri radu, napravi greška. Optičko prikazivanje pomoću poluprovodničkih numeričkih indikatora, rezultata odbroja, daje joj mogućnost rada i pri vrlo slaboj osvetljenosti, što je naročito važno pri terenskom radu, a posebno u ratnim uslovima kada se mora zamračivati i maskirati. Tako pri jednoj vežbi na terenu, namerno smo prekinuli dovod osvetljenja u laboratoriju noću, što se nije odrazilo na tempo rada i tačnost merenja. U elektronskom delu /SVIT/ ne postoji merač vremena za vizuelno praćenje vremena brojanja, što smatramo da bi olakšalo rad dozimetriste, jer bi u svakom trenutku mogao da kontroliše vreme, tj. koliko još

vremena treba da protekne do završetka brojanja. To bi dozimetristi omogućilo racionalnije korišćenje vremena za druge poslove /izračunavanje aktivnosti, popunjavanje kartona, davanje mišljenja i sl./. Po ravnomernosti odbroja vremena može se uočiti da li postoji lažno merenje vremena. Ovo naglašavamo naročito zbog toga, jer kada skaler radi sa pozicijom za ručni rad, a u laboratoriji nema štoperice, onda ovako ugradjena jedinica za merenje vremena bi koristila korektnom radu poslužioca.

Laboratorija ne poseduje dodatnu opremu: sto i stolice, što otežava rad u terenskim uslovima. Korišćenje sanduka laboratorije i akumulatora je nepodesno i otežava rad, naročito kada se vrši sitnjenje i priprema uzoraka za merenje. Ne radi se samo o tome, da je površina mala, nego se osoblje pri radu nalazi u fiziološki nepodobnom položaju pri radu /opkoračeni sanduci, povijen položaj tela pri radu i sl./, što ubrzava zamor i može dovesti do grešaka i nesmotrenosti u radu. Potrebno je i u terenskim /ratnim/uslovima obezbediti minimum konfora pri radu, obzirom da je radno vreme duže a opšti uslovi za rad teški.

Pribor potřeban za pripremu uzoraka i jedan deo pribora za merenje, spakovan je u plastične kutije sa kojima nije lako manipulisati i nisu se u radu na terenu pokazale praktične. Isti pribor smešten je u više kutija i kada se želi nešto uzeti iz njih, često se mora vaditi više kutija. Kako nema radne površine i prostora gde će se kutije pri tome smestiti, stvara se prilična zbrka i nered pri radu. Dalje, kada je temperatura niska i kreće se blizu 0, u kojim uslovima smo radili, onda se plastične kutije ukrute i iskrive pa se teško zatvaraju ili je to onemogućeno. Planšete aluminijske u kojima se stavlja uzorak za merenje, posle upotrebe i dekontaminacije ne mogu tako dobro da se sloše i smeste

u prvobitni prostor. Čini nam se umesno, da predložimo da se plastične kutije zamene fijokama koje bi se dimenzionirale prema veličini i obliku odgovarajućeg pribora. Laboratorija je snabdevena sredstvima za dekontaminaciju /limunska kiselina/, ali ne i sudovima u kojima bi se mogli napraviti rastvori i vršila dekontaminacija, što u "oskudnim" terenskim uslovima nam je pravilo teškoće.

Za merenje zrnatih hraniva /pasulj, kukuruz, pšenica, pirinač i sl./ prethodno treba izmrviti ove namirnice u malom avanu sa tučom. U našoj laboratoriji tučkovi su bili glatki i veoma teško, sa puno napora smo uspevali da vršimo mrvljenje ovih uzoraka. Teškoće su bile veće pri visokoj vlagi vazduha /ujutru i noću/ kada su uzorci pasulja i kukuruza nabubreni zbog vlage, te su se veoma teško mrvili, tj. više deformisali /nagnječili/, pri čemu se nije mogla postići homogenizacija uzorka. Primetili smo, da nivo aktivnosti zrnatih hraniva jako varira sa usitnjenošću, što utiče na tačnost rezultata i davanje mišljenja. Ovaj problem smatramo značajnim za rad i funkciju laboratorije. Moguća su rešenja: ili ubacivanje većih avana, još bolje mlinova za sitnjenje,ili kroz istraživački rad utvrditi odnose /koeficijente/ aktivnosti pri površinskoj kontaminaciji zrnatih hraniva i aktivnosti koje se dobijaju nakon usitnjavanja. Možemo ovde naglasiti, da u tom pravcu vršimo neka ispitivanja, kako bi poboljšali efikasnost ove laboratorije, naročito za vanredne uslove, kada treba brzo davati odgovore i rezultate. Pored ovoga, praškasti uzorci /brašno/ nekada se teško oblikuju i stvaraju se praznine u uzorcima, dok marmelada i knvana hrana teže se homogenizuju u plastičnim kesama koje su date kao pribor za uzimanje uzoraka. Homogenizacija ovih artikala se bolje postiže u staklenim posudama. Takodje i stočna hrana /seno/, stvara teškoće pri pripremi, jer menja svoj nivo i oblik a

time i geometriju merenja.

Ispoljene teškoće u sitnjenju i pripremi uzoraka namirnica odrazile su se u uradjenom broju analiza. Na početku smo naglasili, da po uputstvu, laboratorija je u stanju da u toku od 10 časova izvrši preko 100 analiza. Medjutim, mi taj broj mešovitih uzoraka u terenskim uslovima nismo uspeli da uradimo. Čini nam se objektivnim da taj broj bude do 50 uzoraka u toku desetočasovnog radnog vremena, a što po našem mišljenju zadovoljava i teške vanredne uslove. Ovo pitanje treba kroz terenske uslove rada još proveravati. Ako kompariramo broj ovih analiza sa sličnim hemijskim ili bakteriološkim laboratorijama, istog, odnosno sličnog nivoa, onda možemo reći da za odredjivanje aktivnosti pomoću ove laboratorije su potrebni minuti /10-15 min./, za toksikološko-hemijsku analizu časovi /2-3 časa/, dok za bakteriološku analizu uzoraka dani /1-3 dana/. Relativno brzo davanje odgovora o stepenu aktivnosti u uzorku ne možemo prepisati samo ovoj laboratoriji nego i prirodi i karakteru detekcije radioaktivnosti uopšte.

Predvidjeno je da u laboratoriji rade dva lica i to: dozimetrista i laborant, što je za obavljanje samog posla dovoljno. Medjutim, pri radu na terenu i vežbama potrebno je istovremeno vršiti dekontaminaciju posuda i delova, zatim obezbedjenje vode, svetla i sl., što povremeno iziskuje pomoć sa strane. Prema našim iskustvima potrebno je vozača ove laboratorije ili neko drugo, nekvalifikovano lice angažovati kao pomoćnog laboranta po potrebi.

Laboratorija se transportuje lako, ali bi za rad na terenu pogodno bilo da postoji jedno vozilo sa dva radna mesta ili, alternativno, merni instrumenti da budu u vozilu a priprema van njega u malom šatoru kao aneksu.

Evidencija i način saopštavanja rezultata vrši se preko

Pretpostavimo da se pri merenjima upotrebljava n filtara i da se merenja vrše na skupu od k emitera. Odbroj brojačkog kompleta za debeo uzorak koji sadrži k-ti element i čija je specifična aktivnost A_k obeležimo sa

$$N_{ko} = M_k A_k \qquad /1/$$

a odbroj za isti uzorak sa n-tim filtrom

$$N_{kn} = M_{kn} A_k \qquad /2/$$

sa upotrebljenim oznakama

N_{ko} - odbroj brojačkog sistema za k-ti izotop u vremenu T

N_{kn} - odbroj brojačkog sistema za k-ti izotop i n-ti filtar u istom intervalu vremena T.

M_k - koeficijent zavisan od izotopa i uslova merenja

M_{kn} - koeficijent zavisan i od upotrebljenog n-tog filtra

Odnos izmedju N_{ko} i N_{kn},

$$n_{kn} = N_{ko}/N_{kn} = M_k/M_{kn} \qquad /3/$$

nezavisan je od specifične aktivnosti i ima različitu vrednost za svaki izotop i svaki upotrebljeni filter. Podrazumeva se da je pri merenju N_{ko} i N_{kn} izvršena korekcija na fon i mrtvo vreme brojača.

Rezultati merenja koji su dati u ovom radu odnose se na brojački komplet sa sledećim karakteristikama.

a/ Tip brojača	GM brojač	Philips	18536
b/ Rastojanje brojač-izvor			21 mm
c/ Rastojanje izvor-filter			8 mm
d/ Debljina uzorka			1o mm
e/ Prečnik izvora			4o mm

f/ Materijal filtra Al

g/ Debljina filtra 14,28,56,140 i 280 mg/cm^2

Opisan brojački komplet se nalazi u laboratoriji tipa LARA-10.

Da bi se merenjima odredile vrednosti koeficijenata n_{kn} i odredila funkcionalna raspodela rezultata, bilo je potrebno izvršiti za svaki od izotopa po 10 merenja bez filtara i sa svakim od 5 filtara. Vreme merenja je bilo tako odabrano da je za svako merenje standardna devijacija manja od 1%.

U tabeli I dati su rezultati merenja za skup od 10 izotopa koji se najčešće koriste u laboratorijskim merenjima. Uzorci su pripremani u obliku vodenih rastvora soli izotopa.

Tabela I

Izotop	$\bar{n}_{k1}$	$\bar{n}_{k2}$	$\bar{n}_{k3}$	$\bar{n}_{k4}$	$\bar{n}_{k5}$
^{137}Cs	1,316	1,772	3,159	8,273	13,37
^{60}Co	1,215	1,354	1,506	1,723	1,874
^{198}Au	1,245	1,588	2,782	10,11	34,32
$^{90}Sr-^{90}Y$	1,14	1,255	1,582	2,452	5,443
^{32}P	1,096	1,224	1,569	2,935	10,73
^{59}Fe	1,416	1,478	2,206	2,606	2,842
^{141}Ce	1,823	3,280	9,412	18,03	19,35
^{131}J	1,477	2,293	5,694	14,64	15,59
^{89}Sr	1,103	1,248	1,638	3,167	10,39
^{40}K	1,085	1,200	1,550	2,830	6,850

Vrednosti koeficijenata $\bar{n}_{kn}$ za neke izotope.

Merenjima je utvrdjeno da se zbog načina pripreme uzoraka i statističkih grešaka merenja rezultati za n_{kn} dobijaju sa raspo-

delom koja se može aproksimativno prikazati Gaus-ovom u obliku:

$$P(n_{kn}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma(n_{kn})}\, e^{-\frac{(n_{kn}-\bar{n}_{kn})^2}{2\sigma^2(n_{kn})}} \qquad /4/$$

gde su: $\bar{n}_{kn}$ - očekivana vrednost koeficijenta n_{kn}

n_{kn} - izmerena vrednost

$\sigma(n_{kn})$ - standardna devijacija

Vrednosti $\sigma(n_{kn})$ se razlikuju za svaki od koeficijenata n_{kn} i u tabeli II date su eksperimentalno odredjene vrednosti.

Tabela II

Izotop	$\sigma(n_{k1})$	$\sigma(n_{k2})$	$\sigma(n_{k3})$	$\sigma(n_{k4})$	$\sigma(n_{k5})$
^{137}Cs	0,0073	0,011	0,024	0,11	0,085
^{60}Co	0,0076	0,011	0,012	0,020	0,016
^{198}Au	0,0042	0,0085	0,014	0,22	0,37
$^{90}Sr-^{90}Y$	0,0092	0,0010	0,0014	0,034	0,083
^{32}P	0,0020	0,0027	0,040	0,10	0,50
^{59}Fe	0,042	0,018	0,017	0,033	0,029
^{141}Ce	0,018	0,029	0,060	0,26	0,23
^{131}J	0,0080	0,021	0,047	0,088	0,064
^{89}Sr	0,0090	0,0069	0,013	0,029	0,081
^{40}K	0,011	0,012	0,016	0,028	0,064

Eksperimentalno odredjene vrednosti $\sigma(n_{kn})$.

Rezultati se odnose na merenja kod kojih je odbroj bio veći od 10^4 impulsa.

Ukoliko se usvoji da je verovatnoća dobijanja rezultata n_{kn} u intervalu od 6σ veća od 99%, može se reći da je dobijanjem rezultata n_{kn} koji se svi nalaze u odgovarajućim intervalima 6σ sigurno prepoznat izotop. U tabeli III dat je šematski prikaz koeficijenata n_{kn} koji se preklapaju u granicama od 6σ i koji sami ne bi omogućili prepoznavanje izotopa na kome je vršeno merenje.

Tabela III

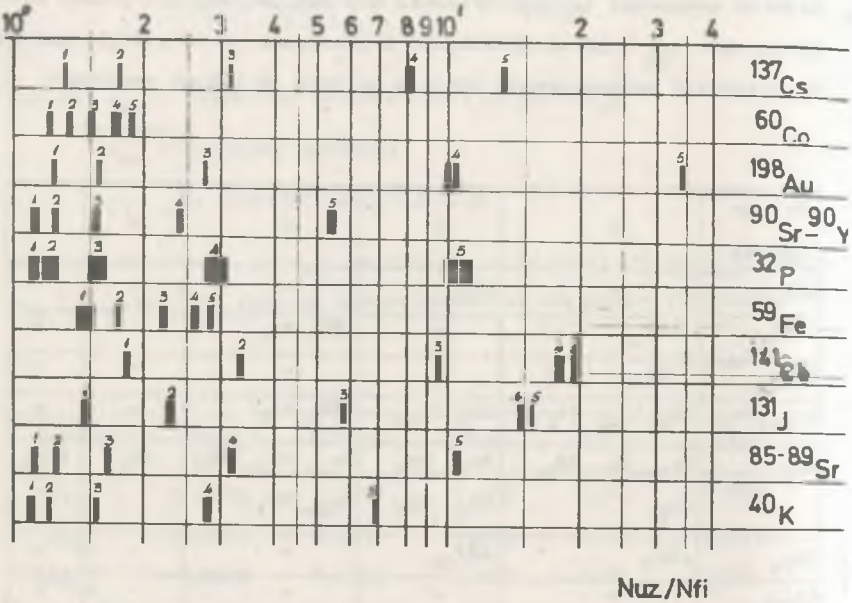
Filter Izotop	1	2	3	4	5
^{137}Cs	-	^{59}Fe	-	-	-
^{60}Co	^{198}Au	-	^{32}P, ^{40}K	-	-
^{198}Au	^{60}Co	-	-	-	-
^{90}Sr-^{90}Y	^{32}P, ^{89}Sr, ^{40}K	^{32}P, ^{89}Sr	^{32}P, ^{40}K	-	-
^{32}P	^{90}Sr-^{90}Y, ^{89}Sr ^{40}K	^{90}Sr-^{90}Y ^{89}Sr, ^{40}K	^{60}Co, ^{89}Sr, ^{40}K ^{90}Sr-^{90}Y	^{40}K	^{89}Sr
^{59}Fe	^{131}J	^{137}Cs	-	-	-
^{141}Ce	-	-	-	-	-
^{131}J	^{59}Fe	-	-	-	-
^{89}Sr	^{32}P, ^{40}K ^{90}Sr-^{90}Y	^{90}Sr-^{90}Y, ^{32}P	^{32}P	-	^{32}P
^{40}K	^{32}P, ^{89}Sr ^{90}Sr-^{90}Y	^{32}P	^{90}Sr-^{90}Y, ^{32}P	^{32}P	-

Preklapanje koeficijenata za pojedine izotope.

Grafički prikazani odnosi koeficijenata n_{kn} u intervalu 6σ dati su na slici 1. Primenom ove slike jako je olakšano prepoznavanje izotopa, jer je potrebno direktnim očitavanjem sa dija-

grama eliminisati izotope čije vrednosti n_{kn} ne odgovaraju rezultatu merenja u granicama 6σ.

Slika 1



Odnosi odbroja za merenja bez i sa filtrom za razne izotope.

Ukoliko je prepoznat izotop iz pomenute grupe izotopa, tada se relativnim merenjem opisanim u radu ref.1. može naći njegova specifična aktivnost sa greškom merenja manjom od 5%. Za odredjivanje specifične aktivnosti smeše više izotopa ili nepoznatog beta emitera, potrebno je primeniti metodologiju opisanu u radovima ref.2 i 3.

IDENTIFICATION AND DETERMINATION OF THE SPECIFIC ACTIVITY OF BETA ACTIVE ISOTOPES BY THICK SAMPLE MEASUREMENTS

A method based on filter-type measurements of beta active thick samples is described that enables the identification of the type of beta activity and the determination of its specific activities. One obtains also a confirmation that the measuered activity does pot belong to a group of supposed isotopes or an estimate that the sample contains mixed activity. The cited coefficients are calculated for measurements on a measuring set of the LARA-10 type and are ment for the most common used isotopes.

Literatura

1. Šmelcerović M., Muždeka S., Bojović T., Pejušković B.: Odredjivanje parcijalnih specifičnih aktivnosti iz smeše poznatih beta emitera, VII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja,Kaštel Stari oktobar 1973.

2. Šmelcerović M., Muždeka S.: Merenje aktivnosti fisionih produkata metodom debelog uzorka, zbornik materijala VI Jugoslovenskog simpozijuma - zaštita od jonizujućih zračenja, Ohrid 1972.

3. Muždeka S., Šmelcerović M., Ilić R. i saradnici:Radiometrijska laboratorija Lara-10; Izdanje Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča 1972.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23.maj 1975.

Vidmar Milovan, dipl.ing.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič",Vinča

PROBLEMI ODREDJIVANJA EFIKASNOSTI APSOLUTNIH AEROSOLNIH FILTERA IN SITU

Apsolutni aerosolni filteri su važan činilac zaštite okoline od rada nuklearnih postrojenja. Pri ovome je od najvećeg značaja njihova efikasnost za aerosole koje u datom slučaju treba zadržati.

Praksa je pokazala da umanjenje efikasnosti apsolutnih aerosolnih filterskih sistema dolazi najčešće zbog njihovog oštećenja i grašaka pri montaži.

Zbog toga je potrebno, na početku i povremeno u toku rada filterskog sistema, vršiti "in situ" ispitivanja efikasnosti izgradjenih filterskih sistema.

Pri ovim ispitivanjima se javljaju dva problema: generisanje dovoljne količine aerosola odgovarajućih karakteristika i nalaženje i korišćenje najpogodnijih mesta za ubacivanje ispitnog aerosola u ventilacioni sistem i uzimanje uzoraka vazduha za analizu.

Jedna od mera zaštite okoline od rada nuklearnih postrojenja ili manipulacija sa otvorenim izvorima jonizujućih zračenja je prečišćavanje vazduha koji se ventilacionim sistemima izbacuju u atmosferu. Za ove svrhe se koriste tzv. apsolutni filteri kojima se iz vazduha uklanjaju štetni gasovi ili čestice-aerosoli. Razmatranja u ovom radu odnose se na apsolutne filtere za uklanjanje aerosola.

Danas se za uklanjanje aerosola iz struje vazduha koriste apsolutni filteri izradjeni od papirnih, azbestno-papirnih, sintetičkih ili staklenih vlakana. Efikasnost svakog od ovih filtera, koja se definiše kao odnos koncentracija aerosola posle i pre filtriranja, zavisi od brzine strujanja vazduha kroz njih i dimenzija čestica aerosola. Brzina strujanja vazduha je ograničena dozvoljenim padom pritiska na filteru i njegovim mehaničkim osobinama.

Za ispitivanje efikasnosti apsolutnih aerosolnih filtera razvijene su posebne metode kojima je zajedničko da koriste aerosole odredjenih karakteristika, generisane specijalnim generatorima aerosola. Za generisanje aerosola koriste se dve osnovne metode: kondenzacija i raspršivanje-atomizacija. Proizvedeni aerosoli mogu da budu monodisperzni ili polidisperzni u tečnom (npr. parafinska magla,

aerosol dioktilftalata - DOP) ili u čvrstom stanju (aerosoli metilen plavog ili natrijum hlorida).

Korišćenje kako mono tako i polidisperznih aerosola ima svoje prednosti i nedostatke. Tako se na primer, za ispitivanje filtera mogu izabrati monodisperzni aerosoli one dimenzije koju ima i aerosol koji filterom treba odstraniti (ako je on isto tako monodisperzan), ili pak one dimenzije koja, u datom slučaju, predstavlja najveću opasnost za okolinu. Polidisperzni ispitni aerosoli medjutim mnogo češće odgovaraju stvarnim uslovima.

Što se tiče agregatnog stanja u kome se ispitni aerosol nalazi skoro da nema razlike u efikasnosti filtera ako su srednji maseni aerodinamički prečnik i raspodela veličina čestica u oba slučaja iste, pa je prednost aerosola u čvrstom stanju mogućnost primene i u uslovima povišene temperature vazduha ili gasa koji treba filtrirati.

Zbog svega ovoga su razne zemlje usvojile razne metode kao standardne za ispitivanje efikasnosti apsolutnih aerosolnih filtera. Tako na primer SSSR i SR Nemačka koriste parafinsku maglu; Engleska aerosole natrijum hlorida; Francuska aerosole metilen plavog a SAD aerosole DOP.

Treba naglasiti da, obzirom na usavršenost tehnologije proizvodnje filterskih materijala i filterskih jedinica, danas praktično nema problema kod ispitivanja efikasnosti filtera koje vrši proizvodjač ili atestna organizacija. Medjutim pri transportu i ugradnji filtera u ventilacione sisteme može da dodje do njihovog oštećenja ili, što je češće slučaj, do grašaka u montaži, pa je potrebno ispitati i efikasnost celog izgradjenog sistema za filtriranje.

Ova tzv. "in situ" ispitivanja ne zahtevaju aerosole malih dimenzija kao ona koja za pojedinačne filtere vrše proizvodjač ili atestna organizacija, jer je potrebno otkriti "rupe" nastale usled oštećenja filtera ili loše montaže. Medjutim pored zahteva da generator aerosola bude prenosan kod ovih "in situ" ispitivanja postoje još dva problema.

Jedan od ovih problema je generisanje dovoljne količine odgovarajućih aerosola da bi se sa potrebnom tačnošću mogla odrediti koncentracija aerosola u vazduhu ili gasu posle filtriranja. Ovaj problem postaje sve aktuelniji obzirom da se grade ventilacioni sistemi, kod kojih je potrebno filtrirati vazduh, kapaciteta i dosta većih od 100.000 m^3/čas.

Na ovome problemu se radi u SAD, Engleskoj a i našoj zemlji, ali još uvek nije nadjeno rešenje koje bi potpuno zadovoljilo u pogledu

kapaciteta, prihvatljivih dimenzija i napajanja generatora aerosola energijom i drugim potrebnim medijumima (azotom, vazduhom i dr.).

Drugi problem je u pronalaženju i korišćenju najpovoljnijih mesta ubacivanja ispitnih aerosola u ventilacioni sistem i mesta uzimanja uzoraka vazduha radi merenja koncentracije aerosola. Mesto ubacivanja ispitnih aerosola u sistem treba izabrati tako da se dobije potpuno mešanje ubačenih aerosola i vazduha, a da na putu do filtera ne dodje do većeg taloženja ubačenih čestica. U praksi je medjutim veoma često slučaj da takvo mesto nije lako dostupno. Što se tiče mesta uzimanja uzoraka vazduha ona treba da budu što je moguće bliže filteru ali da u isto vreme uzeti uzorci budu reprezentativni za vazduh u kome treba da se meri koncentracija. I za ova mesta važi isto da vrlo često najpovoljnija mesta nisu dostupna.

Upotreba višestepenog filtriranja, koja se takodje sreće u praksi, zbog malih rastojanja izmedju pojedinih redova filtera (1-3 m) pretstavlja posebnu teškoću ako je potrebno utvrditi efikasnost svakog pojedinog reda filtera. Razlog ovome je laminarno strujanje vazduha pa na ovako kratkom rastojanju ne može da dodje do mešanja vazduha. Posledica ovoga je da će utvrdjivanje postojanja odnosno otkrivanje nekog nedostatka u redu filtera veoma zavisiti od mesta uzimanja uzorka.

Zaključak

Odredjivanje efikasnosti pojedinih filtera na današnjem stepenu razvoja tehnike ne predstavlja neki veći problem. To se medjutim ne može reći kada se radi o ispitivanju izgradjenog filterskog sistema kao celine. Ovo pogotovo ako se radi o filterskom sistemu većih kapaciteta.

Problemi se takodje javljaju, pri ispitivanju filterskih sistema, kako u pogledu pogodnosti generatora aerosola što znači i izabrane metode, tako i u pogledu izbora i obezbedjivanja povoljnih mesta za ubacivanje ispitnog aerosola u sistem i uzimanje uzoraka vazduha za analize i merenja.

ABSTRACT

Absolute aerosol filters are basic factors in protecting the environment from nuclear installation operations. Their efficience for the aerosol to be removed is of greatest importance.

Practive has shown that the decrease of the filter efficiency is mainly due to filter damage or defects in installing the filters.

It is therefore necessary to perfom, at the begining and from time to time, in place filter efficiency testing. In place testing presents two main problems: generation of sufficient quantities of aerosol having the necessary characteristics, and the choice and use of most suitable points for test aerosol introduction in the ventilating system and sampling the air.

LITERATURA

1. H.L.Green and W.R.Lane, "Particulate Clouds, Dusts, Smokes and Mists", E & F.N.Spon Ltd, London 1964.
2. B.J.Grady, Jr.,K.H.Henry, Proceding of the Twelfth AEC Air Cleaning Conference,28-31 August 1972, Oak Ridge, pp.646-653.
3. M.W.First, Proceeding of the Twelfth AEC Air Cleaning Conference 28-31 August 1972, Oak Ridge, pp.677-700.
4. A.G.Rolie, F.E.Adley, Proceeding of the Twelfth AEC Air Cleaning Conference,28-31 August 1972, Oak Ridge, pp.718-729.
5. J.L.Burrow, G.O.Nelson, Proceeding of the Twelfth AEC Air Cleaning Conference,28-31 August 1972, Oak Ridge, pp.808-815.
6. R.G.Dorman, Proceeding of the Twelfth AEC Air Cleaning Conference 28-31 August 1972, Oak Ridge, pp.817-826.
7. M.Vidmar ETAL, "Comparative filter efficiency testing using DOP and NaCl aerosol", 11th AEC Air Cleaning Conference, San Francisco August 1974.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20 -23. maj 1975

O.Jovanović-Kovačević, M.Vidmar, M.Tubić, D.Patić,
B.Radosavljević, R.Smiljanić

Institut za nuklearne nauke "Borie Kidrič", Vinča

EKSPERIMENTALNA ISKUSTVA VEZANA ZA ODREDJIVANJE EFIKASNOSTI VISOKOEFIKASNIH FILTERA

U radu su izložena prva eksperimentalna iskustva stečena pri ispitivanju visokoefikasnih partikularnih filtera korišćenjem polidisperznog tečnog aerosola dioktilftalata (DOP) i polidisperznog čvrstog aerosola natrium hlorida (NaCl). Prikazani rezultati pokazuju da se za efikasnost filtera dobijaju približno iste vrednosti kako metodom koja koristi aerosole dioktilftalata tako i metodom baziranom na aerosolima natrium hlorida pod uslovom da su raspodela čestica po veličini i srednji aerodinamički maseni prečnik čestica oba aerosola slični.

Zagadjivanje okoline produktima nastalim pri radu nuklearnih postrojenja može biti smanjeno uklanjanjem radioaktivnih aerosola. Za ove svrhe koriste visokoefikasni čestični pojedinačni filtri i filterski sistemi. Efikasnost ovih filtera se odredjuje putem merenja koncentracije čestica aerosola nošenih strujom vazduha ili nekog drugog gasa ispred i iza ispitivanog filtra.

Do danas je u literaturi objavljeno nekoliko radova koji tretiraju pitanje odredjivanja efikasnosti na bazi merenja propustljivosti visokoefikasnih čestičnih filtera pri čemu su uporedno korišćeni aerosoli dioktilftalata i natrium hlorida (1-3). Gotovo u svim ovim slučajevima raspored čestica po veličini upotrebljena dva aerosola nije bio isti pa na bazi dobijenih rezultata nisu doneti definitivni zaključci.

U ovom radu izloženi su rezultati uporednog odredjivanja propustljivosti visokoefikasnih filtera korišćenjem aerosola DOP i NaCl približno istog srednjeg aerodinamičkog prečnika čestica i slične raspodele čestica po veličini.

Eksperimentalne metode i uredjaji

U IBK je projektovano i izgradjeno eksperimentalno postrojenje za odredjivanje efikasnosti visokoefikasnih filtera sa ugradjenim ventilatorom koji obezbedjuje pad pritiska do 100 mm vodenog stuba i protok vazduha kroz filter do 90 m^3/h.

Kao izvor čestica korišćen je generator aerosola natrijum hlorida projektovan i izgradjen u IBK a kao detektor komercijalni natrijum plameni fotometar terenskog tipa firme Moore's sa raspoloživim opsegom merenja koncentracija od 0.16 do 13000 $\mu g/m^3$.

Kao izvor čestica aerosola dioktilftalata korišćen je komercijalni DOP generator model TDA-41 sa detektorom tipa TDA-2D.

Za odredjivanje raspodele čestica po veličini korišćen je šestostepeni Andersen-ov kaskadni impaktor. Srednji aerodinamički maseni prečnik čestica (MMD) je odredjen iz krivih u kojima je dat prečnik čestica u funkciji kumulativne procentne verovatnoće mase. Kako se u literaturi navedene veličine čestica za koje je na datom stepenu kaskadnog impaktora efikasnost sakupljanja 50% (ECS) odnose na materijale gustine $\rho = 1$, odgovarajuće vrednosti za čestice aerosola NaCl gustine $\rho = 2,165$ morale su biti korigovane korišćenjem jednačine:

$$\rho\, d^2 = const$$

gde d predstavlja veličinu čestice za koju je na datom stepenu kaskadnog impaktora efikasnost sakupljanja 50% (ECS).

Rezultati

Rezultati dobijeni uporednim merenjem propustljivosti pet raspoloživih visokoefikasnih filtera firme Flanders Inc. (20,25 x 20,25 x 15,18 cm) prikazani su u tabeli. Merenja su vršena pri sledećim eksperimentalnim uslovima: protok vazduha kroz filter 71 m^3/h, protok vazduha kroz DOP generator 1750 l/h, protok vazduha kroz NaCl generator 260 l/h, vreme merenja 2 minuta. Vrednosti navedene u tabeli predstavljaju srednju vrednost za 3-5 nezavisnih odredjivanja.

Tabela

Uporedno odredjivanje propustljivosti filtera korišćenjem DOP i NaCl aerosola

Filter broj	Propustljivost % DOP	NaCl
1	0.0080	0.0084
2	0.0350	0.0250
3	0.0070	0.0060
4	0.0090	0.0080
5	0.0190	0.0160

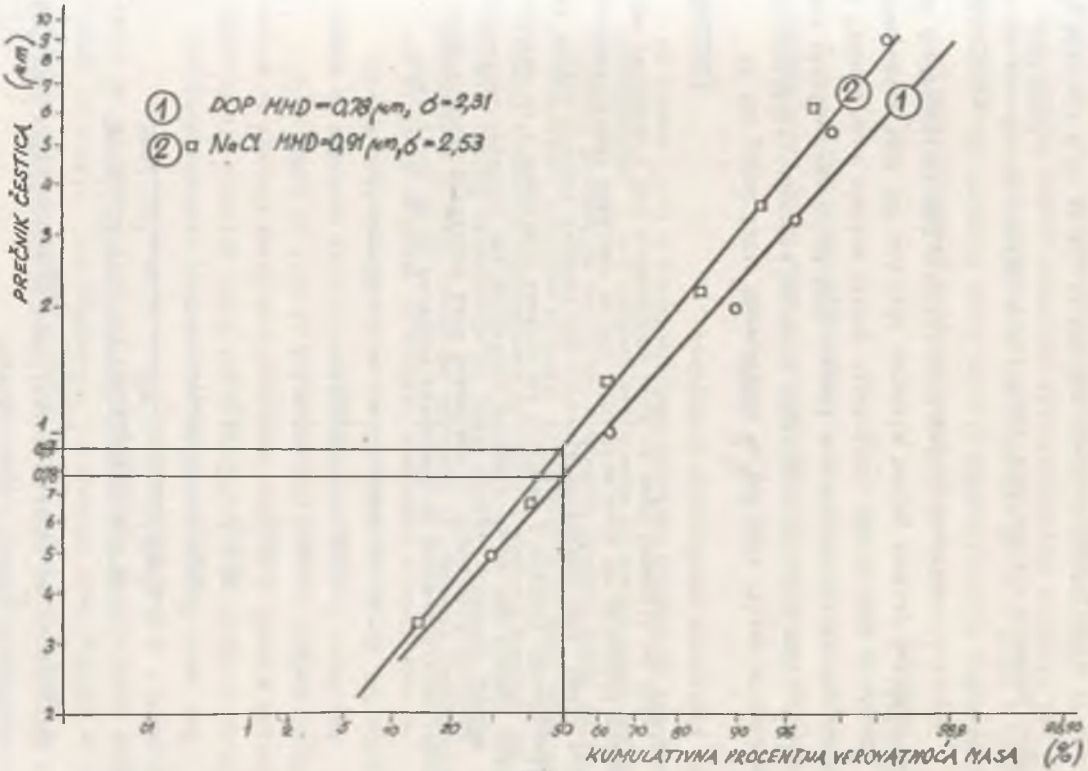
Pada u oči da su navedene vrednosti za propustljivost ispitanih filtera približno iste nezavisno od vrste upotrebljenog aerosola. Iskustvo je, medjutim, pokazalo da je ovo slučaj samo ukoliko su i raspodela čestica po veličini i srednji aerodinamički maseni prečnik čestica oba aerosola približno isti. Nešto veća propustljivost dobijena sa DOP aerosolom može se objasniti neznatnom razlikom u MMD vrednostima koje se mogu zapaziti na slici.

Abstract

In the paper first experiences on the HEPA filter efficiency determination obtained by using polydisperse liquid DOP aerosol and polydisperse solid NaCl aerosol are described. The results obtained show similar filter penetration percentages obtained when using both DOP and NaCl aerosols having similar particle size distributions and particle mass median diameters.

Literatura

1. Murrow J.L. and Nelson G.O., Proc. 12th AEC Air Cleaning Conf. 808(1972)
2. Mitchell R.N. et al.,Am.Ind.Hyg.Assoc. J.32,357(1971)
3. Grady B.J.Jr. and Henry K.H.,Proc. 12th AEC Air Cleaning Conf. 546(1972)
4. M.Vidmar,O.Jovanović-Kovačević, M.Tubić, Zbornik radova sa I Jug. Savetovanja: Metode i metodologija ispitivanja zagadjenosti vazduha, Beograd 1974 (u štampi)



KRIVE KUMULATIVNE PROCENTNE VEROVATNOĆE MASA ZA AEROSOLE DOP I NaCl

VIII Jugoslavenski simpozij
ZAŠTITA OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20.-24.05.1975.

ISTRAŽIVANJE SISTEMA ZA FIKSACIJU RADIOIZOTOPA

R. Despotović, Institut RUDER BOŠKOVIĆ, Zagreb

UVOD

Radioaktivni izotopi otopljeni ili dispergirani u vodi sirovina su posebnih svojstava ili predstavljaju opasan otpad. U oba slučaja, radioaktivne izotope sakupljamo ili uklanjamo postupcima, koji omogućuju maksimalno izdvajanje radioaktivnog materijala. Kada je izdvajanje radioaktivnog izotopa jedna od etapa u proizvodnji radioaktivnih materijala, proceduru nazivamo koncentracijom ili separacijom, a kada se radioaktivni izotop uklanja kao kadioaktivno onečišćenje postupak nazivamo dekontaminacijom ili fiksacijom radioaktivnosti. U biti, po kemizmu separacija, koncentracija ili fiksacija radioaktivnih izotopa mogu biti istovjetni procesi. Budući da se separacija ili fiksacija radioaktivnog materijala iz vode vrši tako da se iz vodene faze radioaktivni izotop veže na ili u neku drugu fazu, čvrstu ili tekuću, procesom čišćenja jedne faze onečišćuje se druga faza. To znači, da se proces fiksacije radioaktivnog izotopa iz vode na primjer na čvrsti nosački materijal potpuno podudara sa procesom, koji se u praksi zove dekontaminacija. Ova je shema vrlo općenita

i može se primjeniti na najveći broj procesa koncentracije, separacije, fiksacije ili dekontaminacije u sistemima tipa čvrsto/tekuće . Pri tome je za razmatranje nevažno, koja se faza dekontaminira, a koja kontaminira, jer svi procesi teku do uspostavljanja kontaminaciono-dekontaminacione ravnoteže, kao što će to biti pokazano u ovom radu u razmatranju modela i rezultata mjerenja.

MJERENJA

U svrhu odredjivanja utjecaja količine nosača na tok procesa fiksacije radioaktivnog izotopa ^{131}I na česticama srebrnog jodida priredjeni su sistemi uz pI 2, 3 i 4 (pI=-log c_I), te količinama srebrnog jodida od peterostruke, jednake i 50% manje po sadržaju joda u nosaču nego u tekućoj fazi (α = 5.0, 1.0, 0.5). Sistemi markirani u tekuću fazu, ostavljeni su 1500 minuta prije radiometrijske analize. Rezultati su pokazani na slici 3. Adsorpciono desorpcioni procesi na granici vanjske površine čvrste faze u dodiru sa tekućom fazom izvršeni su, kao što je to ranije opisano (1), na polistirenskom prašku. Kao kontaminant upotrebljen je radioaktivni izotop $^{152,154}Eu$, a kao dekontaminanti otopine europija odnosno aluminija. Rezultati su pokazani na slici 8. Dekontaminacije vode kontaminirane radioaktivnim izotopom ^{131}I pomoću montmorilonita vršena je postupkom opisanim prije (2), a rezultati su prikazani na slici 9.

RAZMATRANJE REZULTATA

Razmatrat ćemo samo model čvrsto/tekuće , jer je za primjenu najzanimljiviji. Čvrsta i tekuća faza u medjusobnom dodiru komuniciraju kroz granični sloj, putem iona konstituenata zajedničkih obim fazama. Shematski se takav model može prikazati relacijom $XY + UY^a = XY^a + UY$ gdje su indeksom a označeni radioaktivni izotopi. U koliko su supstance XY i UY^a u dvije različite faze 1 i 2 proces se može shematizirati kao $Y_1^a + Y_2 = Y_1 + Y_2^a$, za koji će po G.W. zakonu biti $K = [Y_1]\cdot[Y_2^a]\cdot\{[Y_1^a]\cdot[Y_2]\}^{-1} = 1$, u koliko je izotopni efekt nemjerljiv. Promjena radioaktivnosti u jednom dvofaznom sistemu shematski je prikazana na slici 1. U tekućoj fazi (na primjer otopini kalijevog jodida) koncentracije n^L , nalazi se i neotopljena teško topljiva sol (na primjer srebrni jodid) u količini od n^S . U vrijeme t_o doda se u tekuću fazu izvjesna količina radioaktivnog izotopa, koji kemijski odgovara zajedničkom ionu otopljene i neotopljene supstance (na primjer radioaktivni izotop joda). U tom momentu radioaktivna je samo tekuća faza i ima specifičnu radioaktivnost A_o . Tijekom vremene t_E radioaktivni jodid iz tekuće faze ugradjuje se u čvrstu fazu, a radioaktivnost tekuće faze A_t opada sve do ravnotežne vrijednosti A_∞ , koju će postići u ravnotežno vrijeme t_∞ . Promjena specifične radioaktivnosti tekuće faze A može se na primjer izraziti frakcijom zamjene ili fiksacije $F = (A_o - A_t)/(A_o - A_\infty)$. U grafičkom prikazu funkcije A_t , t_E i F , t_E daju recipročne krivulje (slika 1). Tokovi ovih krivulja su shematski i za

različite sisteme su vrlo različiti. Za jedan odabrani sistem $F = 1.0$ predstavlja postignuto stanje ravnoteže u raspodjeli radioaktivnosti izmedju čvrste i tekuće faze. Brzina uspostavljanja ravnoteže od posebnog je praktičnog značaja i može se shematski pokazati kako ovisi o količini nosačkog materijala. Na shematskom dijagramu (slika 2) krivuljama za različite vrijednosti kvocijenta $\alpha = n^S/n^L$ pokazano je shematski kako se mjenja specifična radioaktivnost A_o do ravnotežne radioaktivnosti A_∞ u vremenu od t_o do t_∞. Za sisteme sa više čvrste faze (više α-vrijednosti) u istom vremenu radioaktivnost A_o padne na nižu vrijednost. Važno je imati na umu, da samo za konačna ravnotežna stanja vrijede jednostavni odnosi n^S i n^L, jer konačni iznos u neko vrijeme t_E, od početka procesa fiksacije, ovisi i o kemijskom utjecaju medija u kojem se formira nosač, na kinetiku procesa. Za praktičnu provedbu fiksacije generalno vrijedi shema, po kojoj se uz veću količinu nosača u jedinici vremena fiksacije fiksira veća koncentracija radioizotopa. Takav tok promjene registriran je i na mjerenom procesu fiksacije radioaktivnog ^{131}I iz vodene otopine pomoću čvrstog srebrnog jodida (slika 3).

Fiksacija radionuklida iz tekuće na čvrstu fazu odvija se različitim mehanizmima, a može se razmatrati kroz analizu procesa odredjenih samodifuzijom u čvrstoj fazi, reakcijom na granici faza i procesima rekristalizacije. Na slici 4 shematski su prikazani model procesa ugradnje radioaktivnog izotopa iz tekuće u čvrstu fazu putem rekristalizacije. Mali kristalići

se otapaju generirajući neradioaktivni materijal u radioaktivnu tekuću fazu (slika 4, 1-A). Rastom kristala radioaktivnost iz tekuće faze se ugradjuje u čvrstu fazu, u veliki kristal. U zamišljenom presjeku kristala najviše simetrije, kocka (holoedrija teseralnog sustava) u centru simetrije je izvorište koordinatnog sistema "specifična radioaktivnost plohe δ, redni broj $\vec{a}$ kristalne plohe". Od nulte plohe $\vec{a} = 0$, plohe koja odgovara površini kristala nosača prije stavljanja u dodir sa radioaktivnim izotopom pa do neke plohe u udaljenosti $\vec{a}$ (slika 4, 1-B) radioaktivnost rastućih kristalnih ploha pada eksponencijalno (puna linija). Uz ovaj shematski tok, koji odgovara procesu fiksacije radioaktivnosti iz tekuće u čvrstu fazu putem rekristalizacije, potrebno je razmotriti situaciju u cijelom sistemu. U tu ćemo svrhu promotriti zamišljeni sistem, koji se sastoji od tri kristalića, najmanjeg S, kristalića srednjih dimenzija M i najvećeg kristala L (slika 5). Kristali se nalaze u zasićenoj otopini, koja se u vrijeme t_o obilježi radioaktivnim izotopom, ionom konstituentom kristalne rešetke. Brzine kristalizacije G_1 i otapanja G_2, zbog uvjeta smanjenja slobodne energije sistema imaju medjusobne odnose kao što je prikazano na slici 5. Najvećem kristalu L rastu kristalne plohe ugradjujući radioaktivnost; kristali srednjih dimenzija M su u kristalizaciono disolucionoj ravnoteži; najmanji kristal S se otapa smanjujući specifičnu radioaktivnost tekuće faze u vremenu od t_o do t_1, a frakcija zamjene ili fiksacije F raste. Nakon potpunog otapanja malog kristalića S, kao slijedeći

najmanji otapa se prvotno srednji kristal M unoseći u tekuću fazu radioaktivnost (vrijeme izmedju t_1 i t_2). Frakcija F pada sve dok se otapa radioaktivni sloj kristalića M . Daljnjim otapanjem kristalića M smanjuje se opet radioaktivnost tekuće faze i frakcija F ponovno raste (izmedju t_2 i t_3 prema t_∞); radioaktivnost se ugradjuje u čvrstu fazu do ravnotežne vrijednosti F = 1 (uz t_∞). Ovakav mehanizam, poznat kao Ostwaldovo zrijenje, dobro odgovara čitavom nizu poznatih rezultata mjerenja fiksacije ^{131}I (3). Prema pokazanoj shemi u sistemima odredjenim Ostwaldovim zrijenjem pojavljuje se niz maksimuma i minimuma na krivulji F , t_E . U realnom sistemu, koji se sastoji od polidimenzionog materijala može se očekivati više maksimuma (3). Procesi rekristalizacije se odvijaju stalno izazivajući često i nepoželjne promjene, kao na primjer starenje nosača, koje je praćeno opadanjem njegovih sposobnosti za fiksaciju radioaktivnosti (2). Posebno je zanimljiv slučaj nehomogene raspodjele radioaktivnosti u heterogenom sistemu, zbog koje može doći i do 30% višeg iskorištenja nosačkog kapaciteta, nego što odgovara ravnotežnoj raspodjeli radioaktivnosti. To je moguće zbog nehomogene raspodjele radioaktivnosti unutar kristalnih ploha nosača u toku procesa zamjene (4). Nehomogenost je ovisna i o odnosu količina promatrane vrste u tekućoj fazi (n^L) i čvrstoj fazi (n^S) kao što je pokazano na slici 6. Φ je frakcija rekristaliziranih molova nosača, F je frakcija zamjene ili fiksacije i $\alpha = n^S/n^L$. Vidimo da se uz $\alpha = 1.0$ može postići i znatno veća efikasnost fiksacije radionuklida. Jasno

da to nije konačno stanje, jer se samodifuzijom i rekristalizacijom sistem konačno spontano dovodi u ravnotežno stanje, u kojem je $F = 1.0$. Kvantitativna analiza ovog slučaja je jednostavna i može se ukratko formulirati ovako: ako je u vrijeme t rekristalizirala količina nosača y , u talog se ugradila količina radioaktivnosti x i promjena specifične radioaktivnosti nosača je $dx/dy = (A_o - x)/n^L$, odnosno rekristalizirana količina taloga ili nosača u vrijeme t $y = n^L \cdot \ln(A_o/A_t)$ a frakcija rekristaliziranih molova Φ $\Phi = y/n^S = (n^L/n^S) \cdot \ln(A_o/A_t)$. U uvjetima potpune rekristalizacije $y = n^S$ ili $\Phi = 1.0$ iz čega izlazi da je $A_t = A_o \cdot e^{-\alpha} = A_o \cdot 10^{-0.434\alpha} = A_\infty^{log}$. Iz relacije za frakciju heterogene zamjene u homogenoj raspodjeli radionuklida je $A_o/A_t = 1 - F \cdot n^S/(n^S + n^L)$. Ako radioaktivnost A_t mjerenu frakcijom fiksacije F u vrijeme kada je $\Phi = 1.0$ označimo sa $(A_t)_F$ bit će $(A_t)_F = (A_t)_{\Phi = 1.0} = A_\infty^{log}$ iz čega slijedi $\Phi = \alpha^{-1} \cdot \ln\left[A_o/(A_t)_{\Phi = 1.0}\right] = 1$ ili

$$\Phi = \alpha^{-1} \cdot \ln\left[1 - F \cdot n^S/(n^S + n^L)\right] = 1 \quad \text{odnosno}$$

$F = (1 - e^{-\alpha})(1 + \alpha^{-1})$ što znači da će u uvjetima kad je $\Phi = 1$ frakcija zamjene F poprimati različite vrijednosti u ovisnosti o veličini kvocijenta α , a koje će ležati izmedju $1.0 \leqslant F \leqslant 1.3$. Kao što se vidi maksimum se postiže uz $\alpha = 1.3$. U praktičnoj primjeni to znači da je potrebno odrediti optimalno vrijeme kontakta, jer se kroz starenje sistema postiže konačno ravnotežna vrijednost $F = 1.0$.

Procesi koji su odredjeni reakcijom na granici faza čvrsto/tekuće , a koji se mogu koristiti za fiksaciju radioaktivnosti iz vode, u pravilu odgovaraju adsorpciono desorpcionim procesima ili kontaminaciono dekontaminacionim reakcijama (1, 2). Shematski prikaz (slika 7, shema 2) ilustrira presjek kroz površinu čvrste faze u kontaktu sa radioaktivnom otopinom (ioni označeni sa R). Tijekom vremena radioaktivni i neradioaktivni ioni rasporedit će se izmedju tekuće i čvrste faze tako, da zadovolje jednostavan zakon raspodjele, pri čemu elektrostatske karakteristike konstituenata slijede kvantitativne odnose prema pravilu ionske zamjene (5). Suprotno uobičajenoj praksi izotopnih nosača, i neizotopnim nosačem se mogu postići zadovoljavajući rezultati dekontaminacije, kao što je to pokazano na slici 8.

Procesi fiksacije koji su odredjeni difuzionim brzinama u tekućoj fazi C_1 i čvrstoj fazi C_2 predstavljaju posebnu kategoriju samo kada je $C_2 \gg C_1$. Tada je fiksacija potpuno ovisna o svojstvima čvrste faze (slika 7, shema 3). Takovih sistema ima u praksi vrlo mnogo, a najčešće se pojavljuju kao kompleksni, jer je autodifuzija u čvrstoj fazi samo jedan od odredjujućih faktora i to obično sa najmanje dvije bitno različite difuzione konstante karakteristične za pojedine slojeve nosača. Na primjer kod silikatnih materijala (2) je tekuća faza na složen način u kontaktu sa "površinom". U takovim sistemima moguća je zamjena i kationskih i anionskih radionuklida; procesi se odvijaju i jednostavnom zamjenom na vanjskoj površini i putem difuzije kroz kristalni matriks. Na

primjer fiksacija ^{131}I na montmorilonitu (slika 9) pokazuje tipičan tok, koji odgovara složenom procesu, jer se u kratko vrijeme, najvjerojatnije ekskluzijom (6) smanjuje postignuta vrijednost fiksacije (adsorpcija), da bi nakon interakcije sa cijelim volumenom (autodifuzija i zamjena) frakcija fiksacije F sa vremenom stalno rasla.

Fiksacija ozračenih korozionih produkata (^{59}Fe), lantanida ($^{152,154}Eu$), radiolizom formiranih produkata radioaktivnog joda (^{131}I), primjena i drugih materijala za fiksaciju radioaktivnosti (kvarc, rutil, kaolin) pokazuje, kao i navedeni primjeri, da sistemi za fiksaciju radioizotopa predstavljaju zanimljivu znanstvenu problematiku, koja omogućuje da se upoznavanjem prirode tih procesa njima ovlada i upravlja prema potrebi.

KRATAK SADRŽAJ

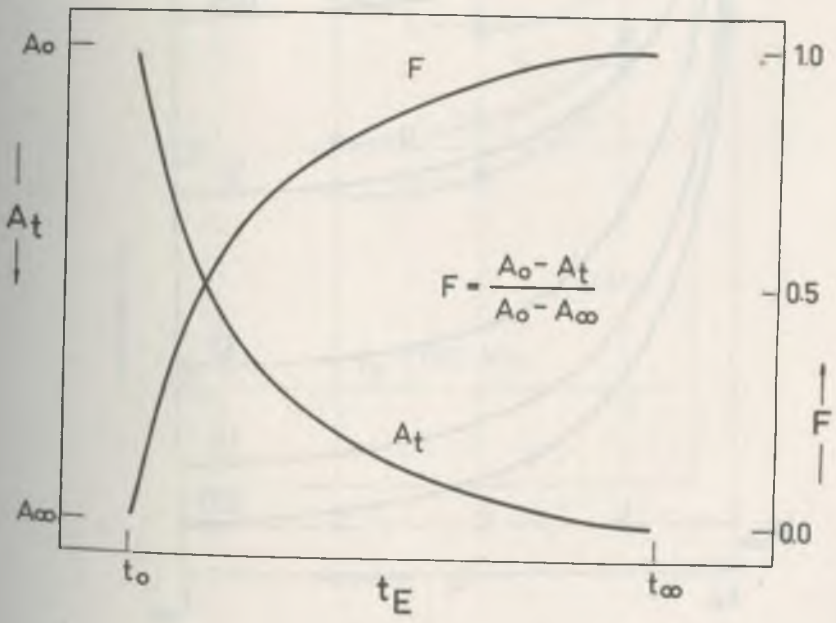
U radu se razmatraju mehanizmi rekristalizacije, adsorpciono desorpcione ravnoteže i samodifuzije kao modelni procesi, koji odredjuju fiksaciju radioaktivnih izotopa u sistemima čvrsto/ /tekuće. Poseban je naglasak u razmatranju procesa rekristalizacije. Uz odgovarajuće modele opisani su i rezultati mjerenja fiksacije radioaktivnih izotopa ^{131}I i $^{152,154}Eu$ uz primjenu različitih čvrstih faza - nosača (montmorilonit, polistirenski prašak i srebrni jodid).

LITERATURA

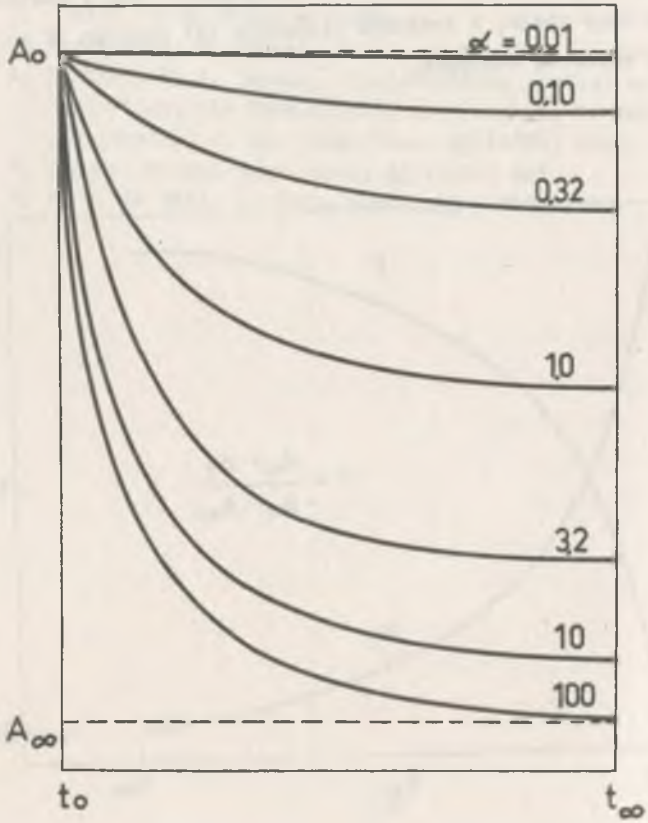
1. R. Despotović, M. Herak, Lj. A. Despotović, Croat. Chem. Acta 37 (1965) 209.
2. R. Despotović, Lj. A. Despotović, N. Matker, B. Subotić, J. Zákoucká, Proc. 2nd European Congress on Radiation Protection", Ed. E. Bujdosö, Akadémiai Kiadó Budapest (1973) 445.
   R. Despotović, Radovi 7. Jugoslavenskog simpozija ZAŠTITA OD ZRAČENJA, Kaštel Stari (1973) 307.
3. R. Despotović, Discuss. Faraday Soc., 42 (1966) 208.
   R. Despotović, N. Filipović-Vinceković, H. Füredi-Milhofer, Calc. Tiss. Res., u tisku.
   R. Despotović, M. Mirnik, Croat. Chem. Acta, 38 (1966) 83.
4. A. C. Wahl, N. A. Bonner, "Radioactivity Applied to Chemistry" J. Wiley, New York (1951), cit. rada I. M. Kolthoff, F. Eggersten, J. Am. Chem. Soc., 63 (1941) 1412.
5. M. Mirnik, Croat. Chem. Acta, 42 (1970) 161.
6. F. A. M. de Haan, J. Phys. Chem., 68 (1964) 2970.

OPISI SLIKA

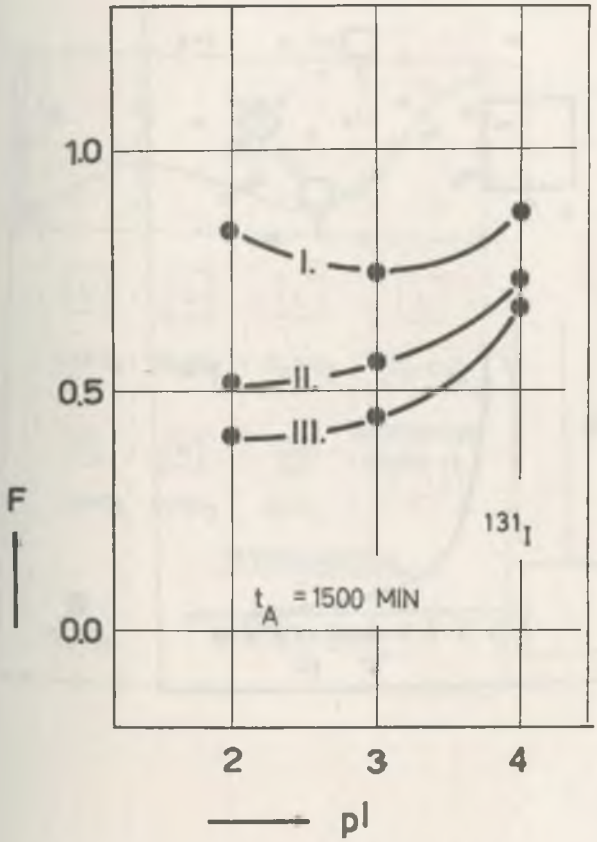
Slika 1. Sistem: čvrsta faza + tekuća faza obilježena radioaktivnim izotopom. U momentu unošenja radioaktivnog izotopa (vrijeme t_o) tekuća faza ima radioaktivnost A_o. Tijekom vremena t_E radioaktivni izotop se raspodjeljuje izmedju čvrste i tekuće faze, tako da je u svako vrijeme t_E specifična radioaktivnost tekuće faze A_t. U ravnorežno vrijeme t_∞ A_t postiže vrijednost A_∞. Radioaktivnost tekuće faze opada, a frakcija fiksacije ili zamjene $F = (A_o - A_t)/(A_o - A_\infty)$ raste sa vremenom.



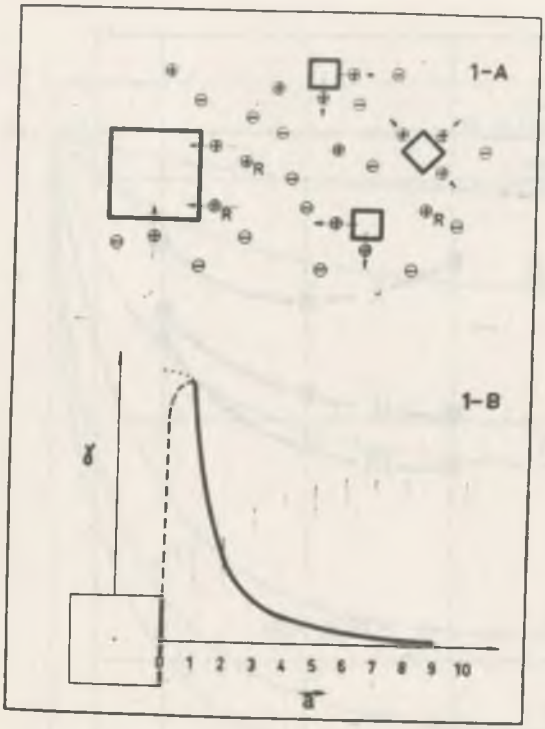
Slika 2. Sistem: čvrsto/tekuće . Fiksacija radioaktivnosti iz tekuće faze sa radioaktivnošću A_o u ovisnosti o kvocijentu $\alpha = n^S / n^L$ od početnog (t_o) do ravnotežnog (t_∞) vremena opada različitim brzinama.



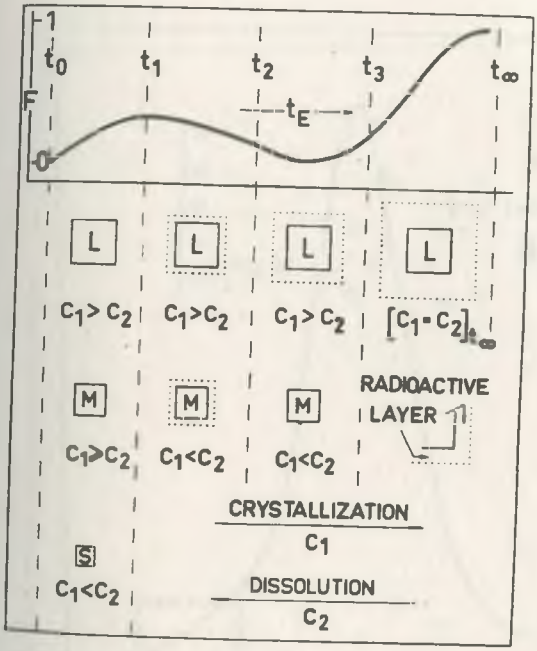
Slika 3. Sistem: AgI-nosač / ^{131}I-tekuća faza. Ovisnost frakcije fiksacije F o kvocijentu α = 0.5 (III), 1.0 (II) i 5.0 (I) uz pI = 2, 3, 4 (pI = -log c_I).



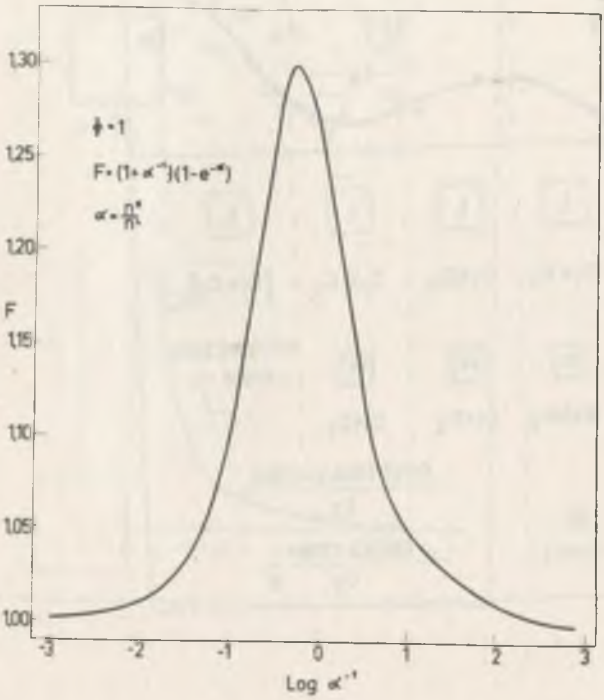
Slika 4. Shematski prikaz procesa rekristalizacije (1-A) i ugradnje radioaktivnosti u kristal (1-B). Objašnjenje u tekstu.



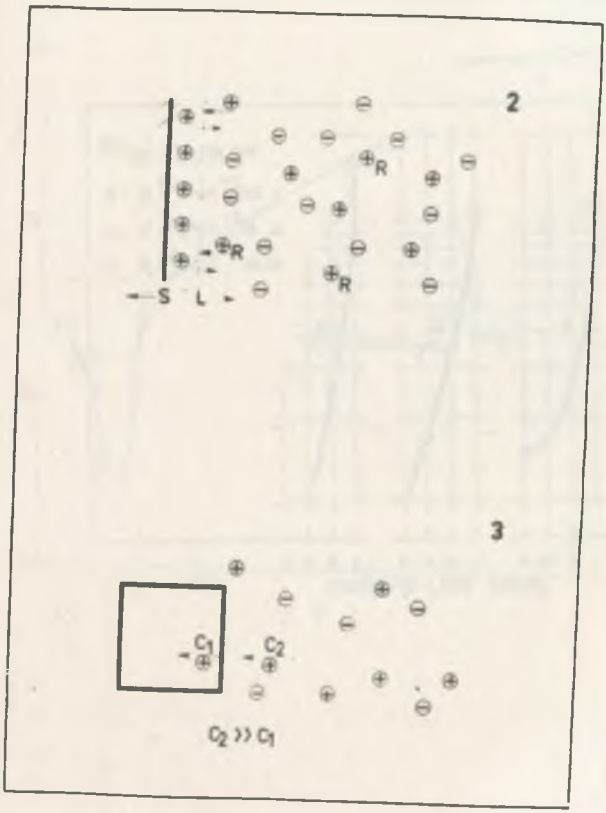
Slika 5. Shematski prikaz ugradnje radioaktivnosti u kristal iz tekuće faze putem Ostwaldovog zrijenja. Objašnjenje u tekstu.



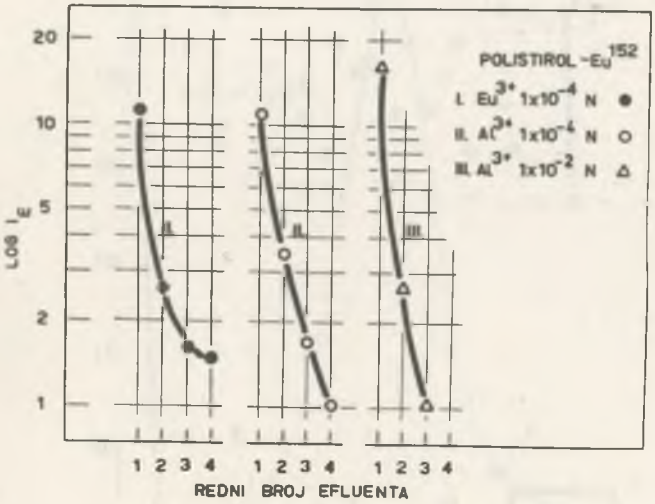
Slika 6. Frakcija fiksacije F prikazana je kao funkcija $\log\alpha^{-1}$ uz uvjet da je frakcija rekristaliziranih molova $\Phi = 1.0$.



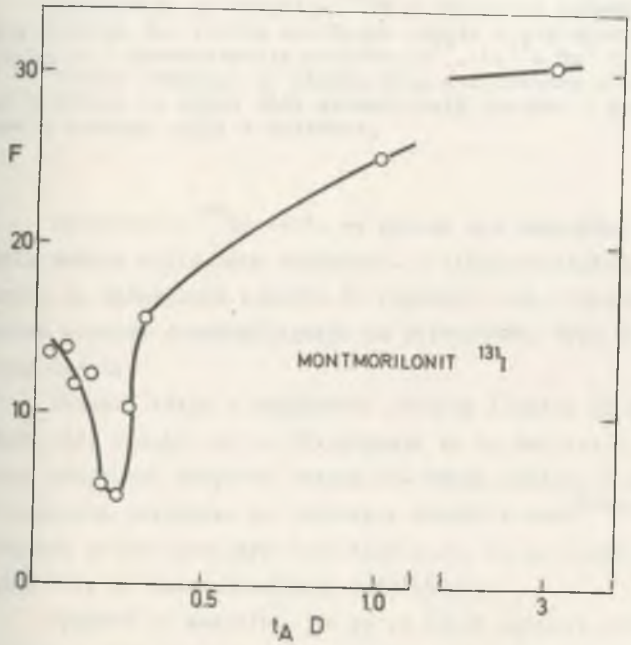
Slika 7. Shematski prikaz fiksacije radioaktivnih izotopa procesom na granici faza (2) i procesom autodifuzije u čvrstoj fazi (3). Objašnjenja u tekstu.



Slika 8. Polistiren kontaminiran radioaktivnim izotopom $^{152,154}Eu$ dekontaminiran je otopinama soli europija i aluminija. Praćena je promjena radioaktivnosti efluenta nakon ispiranja za višestruko dekontaminiranje. Rezultati su prikazani kao logaritam intenziteta radioaktivnog zračenja u ovisnosti o rednom broju efluenta.



Slika 9. Sistem: Montmorilonit u vodi kontaminiranoj radioaktivnim izotopom ^{131}I . Efikasnost fiksacije F mjerena je kao funkcija vremena kontakta montmorilonita sa radioaktivnom otopinom. Vrijeme u danima t_A D .



VIII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maja 1975

Mr Ljiljana Knežević, dipl.inž.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

SORPCIJA ^{60}Co NA KOLUBARSKOM LIGNITU

Ispitivana je sorpcija ^{60}Co u statičkim uslovima na kolubarskom lignitu sa visokim sadržajem pepela u zavisnosti od granulacije uglja i koncentracije katjona Co^{++}, Ca^{++} i Na^{+} u rastvoru.

Proces sorpcije je složen zbog medjusobnog uticaja sorbent sorbat i odvija se preko više elementarnih procesa u zavisnosti od sastava i osobina uglja i rastvora.

Uvod

Radionuklid ^{60}Co često se nalazi kao korozioni produkt u otpadnim vodama nuklearnih elektrana. U cilju iznalaženja pogodnih postupaka za uklanjanje kobalta iz otpadnih voda, ispitivane su sorpcione osobine domaćeg lignita iz površinskog kopa kolubarskog ugljenog basena.

Osnovna ideja o mogućnosti primene lignita za prečišćavanje otpadnih voda zasniva se na činjenicama da su kod nas i u svetu ispitivana sorpciona svojstva raznih prirodnih ugljeva u cilju iznalaženja pogodnih postupaka za trtiranje otpadnih voda[1,2,3] pri čemu su dobijeni zadovoljavajući rezultati kao i da je ugalj jevtin, lako dostupan i da ga ima u dovoljnim količinama.

Poznato je medjutim, da se iz nekih ugljeva prilikom suspendovanja u vodi izlužuju razne organske i mineralne materije čije prisustvo u vodi može da bude nepoželjno ukoliko se nalaze u koncentracijama većim od zakonski dozvoljenih. Zbog toga se svi ugljevi ne mogu koristiti za prečišćavanje otpadnih voda i pored dobrih sorpcionih osobina.

U ovom radu je pored efikasnosti sorpcije ^{60}Co ispitan i stepen hemijskog zagadjenja vode od strane uglja.

Eksperimentalni deo

Za rad je korišćen ugalj bez predhodne obrade, koji se koristi kao gorivo u termoelektranama, sledećeg hemijskog sastava: sagorljive materije 31%, vlaga 48%, pepeo 21%.

Ispiranjem uglja destilisanom vodom pri odnosu tečne i čvrste faze 10:1 dobijen je ehstrakt uglja sledećih osobina i sastava: PH 7±0,3, suvi ostatak 180 ppm, boja smedja, utrošak $KMnO_4$ n/10 37,9 ppm, Ca 21,7 ppm, Mg 14,8 ppm, Na 4,0 ppm, K 2,2 ppm SO_4 106 ppm, fenol 4 gama.

Sorpcioni kapacitet uglja iznosio je 0,55 meq Co/g .

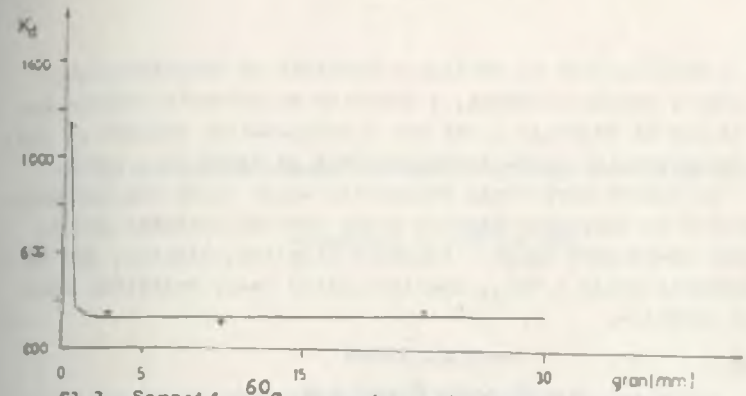
Odnos tečne i čvrste faze bio je 10:1.

Rastvori su pravljeni dodavanjem hloridnih soli odgovarajućih katjona destilisanoj vodi. Rastvor ^{60}Co bio je sa nosačem od $10^{-5}N$ Co^{++}, a aktivnost početnog rastvora 20 000 imp/min/ml, mereno na gama scintilacionom brojaču.Rastvori i ugalj su mućkani 24 h, što je bilo dovoljno za uspostavljanje ravnoteže, a zatim centrifugirani. Rezultati sorpcije su dati koeficijentima raspodele izmedju tečne i čvrste faze.s

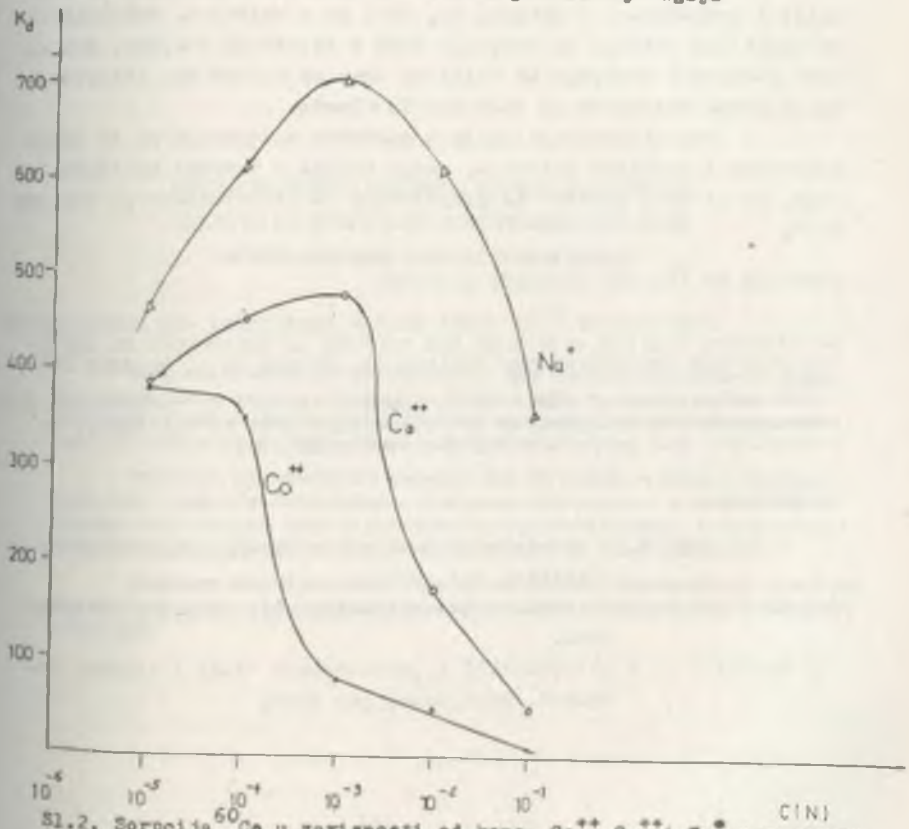
Rezultati i diskusija

Ispitivanjem sorpcije mikrokoličina ^{60}Co ($10^{-5}N$) u zavisnosti od veličine zrna uglja, nadjeno je da se najbolji rezultati dobijaju primenom ugljene prašine granulacije 0-0,5 mm (sl.1.). Medjutim, u daljem radu korišćena je frakcija od 1-5 mm zbog lakšeg razdvajanja tečne i čvrste faze, kao i bolje reprodukcije rezultata.

Na sl. 2. dati su koeficijenti raspodele kobalta u zavisnosti od koncentracije Co^{++}, Ca^{++} i Na^{+}. Pri koncentracijama katjona manjim od $10^{-4}N$ u rastvoru koeficijenti raspodele su približno isti u sva tri slučaja i kreću se oko 400 (uklonjena aktivnost 97-98%). Pri većim koncentracijama Na^{+} i Ca^{++}, koeficijenti raspodele rastu i za koncentraciju $10^{-3}N$ iznose 700 u prisustvu Na^{+} odn. 500 u prisustvu Ca^{++}, a zatim, pri daljem povećanju koncentracije, opadaju. U prisustvu Co^{++} koeficijenti raspodele opadaju u celom ispitivanom intervalu koncentracija.Pri niskim koncentracijama katjona u rastvoru,iz uglja u rastvor prelaze katjoni Ca,Mg,Na i K u ukupnoj koncentraciji $2,5.10^{-3}N$ koji takodje učestvuju u interakcijama izmedju dve faze.Iz uglja se ispiraju i organske materije medju kojima i fenol, čije prisustvo u vodi nije poželjno sa aspekta hemijskog zagadjenja. U rastvoru dolazi do pojave tzv. "crnog luga "od koloidnih i obojenih materija iz uglja. Na ovo treba posebno



Sl.1. Sorpcija ^{60}Co u zavisnosti od granulacije uglja



Sl.2. Sorpcija ^{60}Co u zavisnosti od konc. Co^{++}, Ca^{++} i Na^{+} u rastvoru

obratiti pažnju ukoliko bi se lignit koristio za dekontaminaciju vode za piće u ratnim uslovima, a naročito na prisustvo fenola koji može da ugrozi zdravlje ljudi kao i radionuklidi ukoliko je prisutan u koncentraciji iznad dozvoljene(MDK za fenol je 1 gama).

Na osnovu sorpcionog kapaciteta uglja (0,55 meq/gr) može se zaključiti da sorpcione osobine prema kobaltu pretežno potiču od organske komponente uglja (huminske kiseline, lignin), jer ostale komponente uglja (SiO_2, kaolinit,ilit) imaju relativno mali kapacitet sorpcije.

Zaključak

Ispitivana je sorpcija ^{60}Co u zavisnosti od granulacije uglja i koncentracije katjona Co, Ca i Na u rastvoru. Veličina zrna uglja ima uticaja na sorpciju samo u intervalu 0-0,5mm, dok se isti rezultati dobijaju za veličine zrna od 0,5-30 mm. Afinitet uglja prema katjonima je sledeći: Co > Ca > Na.

Pri interakciji uglja i rastvora ehstrahuju se iz uglja mineralne i organske materije, medju kojima i izvesne količine fenola, pa se ovaj sorbent ne preporučuje za dekontaminaciju vode za piće.

SORPTION OF ^{60}Co ON COLUBARA LIGNITE

Sorption of ^{60}Co under static conditions was inwestigated on Colubara lignite with high ash content in dependence on particle size and concentracions cations Co, Ca and Na in aqueous solution.

Process of sorption is complex because of interaction sorbent-sorbat and processed by few elementary acts in dependence on composition and properties of coal and solution.

Literatura:

(1) DRAGOJEVIĆ M.,V savetovanje o otpadnim vodama, Jugoenergetik Zlatibor, maj 1974.

(2) ŽARKOVIĆ G.,Radiološka dekontaminacija vode za piće, Sarajevo 1962.

(3) RAIČEVIĆ P. i DIMITRIJEVIĆ S.,Savetovanje "Voda i narodna odbrana", Batajnica, jun 1974.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Herceg Novi, 20 - 23. maj 1975.

Predrag Janićijević

Vojnotehnički institut, Beograd

UTICAJ PRISUSTVA AKTIVNOG HLORA I ALUMINIJUM SULFATA NA EFIKASNOST DEKONTAMINACIJE VODE KONTAMINIRANE RADIOAKTIVNIM JODOM

Ispitivana je efikasnost dekontaminacije vode kontaminirane jodom-131 primenom metode jonske izmene i adsorpcije na aktivnom uglju u prisustvu aktivnog hlora, kao agensa za istovremenu razgradnju toksičnih supstancija i bakteriološku popravku vode i aluminijum sulfata, kao sredstva za koagulaciju.

Primenom jonoizmenjivača Amberlite IRA-410 postiže se efikasna dekontaminacija kada u vodi nema aktivnog hlora. U prisustvu aktivnog hlora efikasnost dekontaminacije eksponencijalno opada sa porastom ukupnog sadržaja anjona. Dekontaminacija na koloni aktivnog uglja Karbozak-R je neefikasna ako voda sadrži aktivni hlor.

Dodavanje aluminijum sulfata nema uticaja na efekat dekontaminacije primenom metode jonske izmene, ali povoljno se odražava na efekat dekontaminacije na koloni aktivnog uglja.

1. Uvod

Prečišćavanjem vode u vanrednim uslovima, primenom filtara manjeg kapaciteta, teži se da se obezbedi bakteriološka, toksikološka i radiološka ispravnost vode jedinstvenim kontinuiranim postupkom. Sa stanovišta radijacione opasnosti najopasniji za organizam su radioaktivni izotopi koji imaju kratko vreme poluraspada i dugo vreme biološke polueliminacije. Takvi radioaktivni izotopi praktično se potpuno raspadaju u organizmu što za posledicu ima radijaciona oštećenja tkiva, naročito kritičnih organa u kojima se pojedini elementi selektivno deponuju.

Jedan od takvih radioaktivnih izotopa je i ^{131}I sa vremenom poluraspada od 8 dana (1) i periodom biološke polueliminacije od 180 dana (2). Ukoliko je ^{131}I u prirodnim vodama prisutan u lako rastvorljivom obliku, onda on prilikom dospevanja u organizam relativno lako prelazi u krvotok i deponuje se u štitastoj žlezdi gde se sav i raspada. Zbog ovakvih karakteristika ^{131}I izabran je kao predstavnik anijonske komponente radioaktivne kontaminacije površinskih voda za ispitivanje efikasnosti dekontaminacionih postupaka.

Naša ranija ispitivanja su pokazala nepouzdanost tehnološke šeme dekontaminacije vode od radioaktivnog ^{131}I koja je simultano obuhvatala prehlorisanje, koagulaciju, filtriranje, dehlorisanje i sorpciju na raznim oblicima aktivnog uglja. Smatralo se da će zamena aktivnog uglja jonoizmenjivačkim smolama biti celishodna. Medjutim, dekontaminacija po datoj šemi ni u ovom slučaju nije odgovarala postavljenim zahtevima. Moglo se predpostaviti da hemijsko delovanje aktivnog hlora na radioaktivni jod u ovome ima presudnu ulogu, te se pristupilo ispitivanjima kojima je trebalo proveriti ovu pretpostavku. Rezultati tih ispitivanja prikazani su u ovom radu.

2. Eksperimentalni rad

Ispitivanja su izvršena sa vodenim rastvorima $MgCl_2$ i $NaHCO_3$. Koncentracija $MgCl_2$ menjana je u granicama od 67,9 do 169,8 mg/l što odgovara opsegu tvrdoće vode od 4° do 10° dH. Koncentracije $MgCl_2$ i $NaHCO_3$ u rastvorima u kojima su se oba jedinjenja nalazila zajedno bile su 169,8 mg/l odnosno 299,4 mg/l. Ekvivalentne koncentracije jona Cl^- i HCO_3^- iznosile su po 3,57 meq/l. Prisustvo Cl^- i HCO_3^- trebalo je da pokaže kako anjonska komponenta ukupnog mineralnog sadržaja vode utiče na proces dekontaminacije.

Ovako pripremljeni rastvori kontaminirani su radioaktivnim ^{131}I tako da je relativna aktivnost na početku eksperimenta bila 10^4 do 10^5 imp/min. ml.

Da bi se pokazalo kakav uticaj na dekontaminaciju vode od ^{131}I može imati prisustvo supstancija koje se obično u postupku prečišćavanja vode primenjuju za koagulaciju nečistoća i prehlorisanje, kontaminiranim rastvorima dodavani su $Al_2(SO_4)_3$ (51,4 mg/l) i $Ca(OCl)_2$ tako da je koncentracija aktivnog hlora bila 10 mg/l.

Rastvori su dekontaminirani propuštanjem kroz sloj anjonskog izmenjivača ili aktivnog uglja visine 18 cm koji se nalazio u staklenoj koloni dijametra 0,6 cm. Zapremina sloja sorpcionog sredstva bila je 5 ml. Brzina protoka podešavana je na 70 ml/čas.

U odredjenim vremenskim intervalima uzimane su probe od po 1 ml rastvora i njihova aktivnost odredjivana je relativnim merenjem gama-scintilacionim brojačem. Izmerene vrednosti korigovane su za vrednost osnovne jonizacije, a zatim su primenjeni korekcioni faktori za radioaktivni raspad ^{131}I čime je izmerena aktivnost svodjena na vreme početka eksperimenta. Na osnovu odnosa početne aktivnosti kontaminiranog rastvora i aktivnosti rastvora na izlazu iz kolone izračunavana je recipročna vrednost faktora dekontaminacije. Na dijagramima su dobijene vrednosti za $1/F_D$ prikazane počev od 0,01. Proboj aktivnosti uglavnom je konstatovan i ranije ali nije se mogla utvrditi neka pravilnost u porastu vrednosti $1/F_D$, jer su niske aktivnosti, veoma bliske vrednostima osnovne jonizacije, bile podložne znatnim statističkim fluktuacijama.

3. Rezultati i diskusija

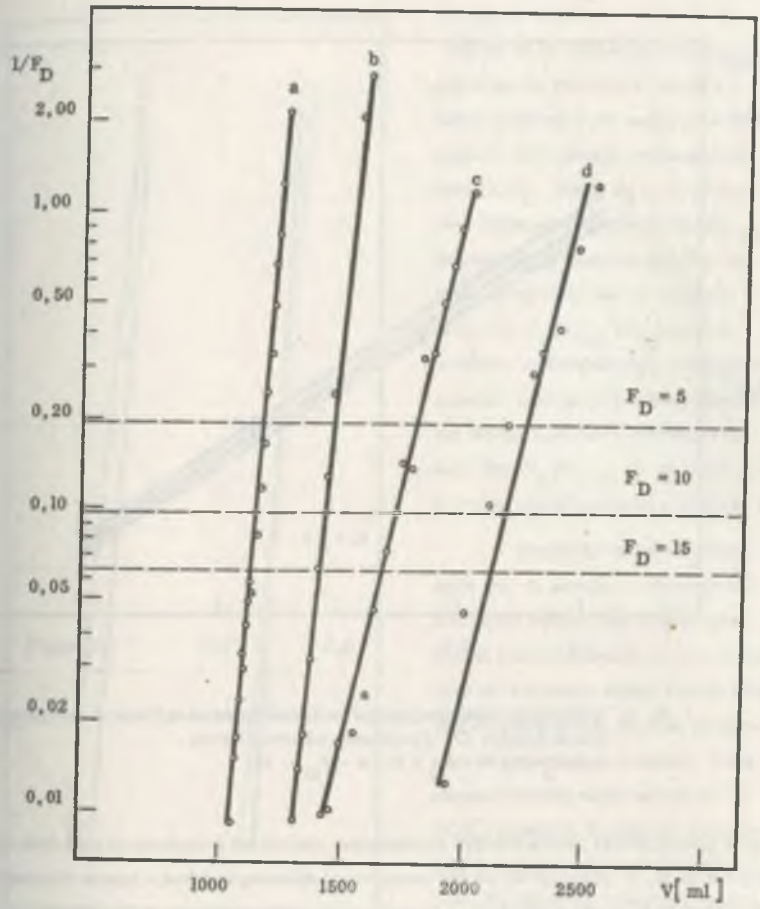
Tabelom 1. dat je pregled eksperimenata u kojima je ispitivana dekontaminacija vodenih rastvora na kolonama jonoizmenjivača i aktivnog uglja u zavisnosti od prisustva $MgCl_2$ i $NaHCO_3$ (po 3,57 meq/l), $Al_2(SO_4)_3$ i $Ca(OCl)_2$.

U eksperimentima sa jonoizmenjivačem nije konstatovan proboj aktivnosti iznad granice $1/F_D = 0,01$ ako u vodi nema aktivnog hlora. Za rastvor u kome je prisutan samo $MgCl_2$ ni posle isteka 3000 ml nije bilo povečanja aktivnosti. Rastvora, u kome je pored $MgCl_2$ bilo i $Al_2(SO_4)_3$ dekontaminirano je 2280 ml. Propuštanje kroz kolonu prekinuto je kada je protok pao na 12 ml/čas usled formiranja taloga u sloju i iznad sloja jonoizmenjivačke smole. U uporednim eksperimentima sa rastvorima u kojima se nalazio i $NaHCO_3$ dolazilo je do sporadičnog povečavanja aktivnosti u efluentu, ali neka odredjena zavisnost nije se mogla utvrditi. U oba eksperimenta dekontaminirano je više od 3000 ml rastvora, a vrednosti $1/F_D$ nisu bile veče od 0,08 ($F_D > 12$) odnosno

TAB. 1.

Efikasnost dekontaminacije vode kontaminirane jodom-131 u zavisnosti od sadržaja $MgCl_2$, $NaHCO_3$, $Al_2(SO_4)_3$ i $Ca(OCl)_2$ na kolonama jonoizmenjivača i aktivnog uglja

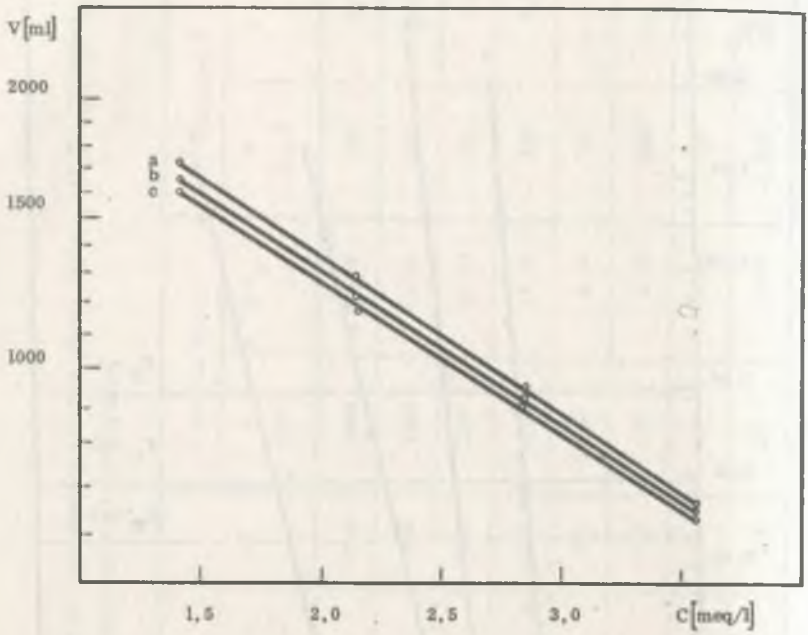
N°	Sastav rastvora				pH	Amberlite IRA-410		Karbozak-R	
	$MgCl_2$ 169,8 mg/l	$NaHCO_3$ 299,4 mg/l	$Al_2(SO_4)_2$ 51,4 mg/l	$Ca(OCl)_2$ 14,0 mg/l		V [ml]	$1/F_D$	V [ml]	$1/F_D$
1.	+	-	-	-	5,5	3000	$<0,01$	120	0,06
2.	+	-	+	-	4,6	2280	$<0,01$	3050	$<0,05$
3.	+	+	-	-	9,2	3300	$<0,08$	140	0,06
4.	+	+	+	-	6,9	3000	$<0,05$	450	0,06
5.	+	-	-	+	8,6	1120	0,06	80	~ 1
6.	+	-	+	+	4,8	1140	0,06	280	~ 1
7.	+	+	-	+	9,0	450	0,06	30	~ 1
8.	+	+	+	+	8,5	410	0,06	~ 100	~ 1



Sl. 1. Dekontaminacija na koloni jonoizmenjivača u prisustvu aktivnog hlora i $MgCl_2$; C_{MgCl_2} [mg/l]: a - 169,8; b - 135,9; c - 101,9; d - 67,9

0,05 ($F_D > 20$).

Tok dekontaminacije vodenih rastvora $MgCl_2$ različite koncentracije, na jonoizmenjivaču, u prisustvu aktivnog hlora, prikazan je na sl. 1. Očigledno je da radioaktivnost u efluentu raste po eksponencijalnoj zavisnosti od zapremine efluenta. U zavisnosti od porasta koncentracije $MgCl_2$ efikasnost dekontaminacije se smanjuje što se odra-

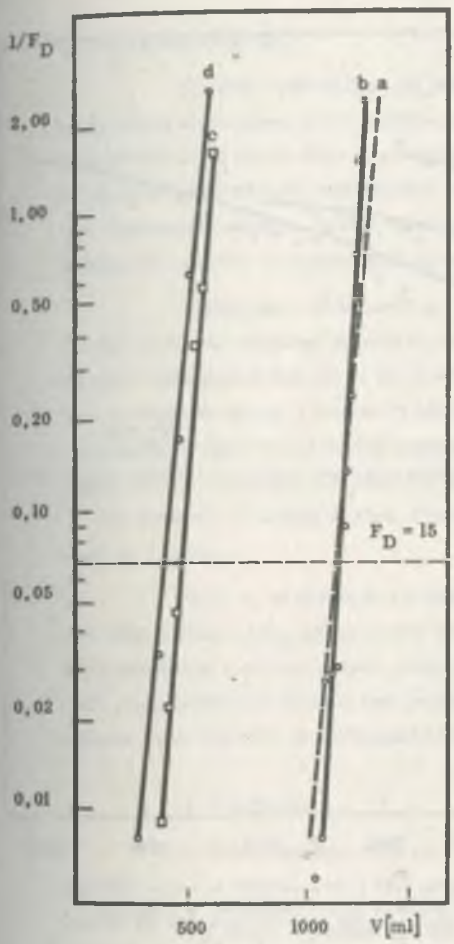


Sl. 2. Efikasnost dekontaminacije na koloni jonoizmenjivača u zavisnosti od koncentracije Cl^- u prisustvu aktivnog hlora;
a - $F_D = 5$; b - $F_D = 10$; c - $F_D = 15$.

žava na pomak pravih prema manjim vrednostima zapremina dekontaminiranih rastvora. Dijagram na sl. 2. pokazuje da se ovo smanjivanje efikasnosti takodje ponaša eksponencijalno u funkciji koncentracije $MgCl_2$. Veoma veliki nagibi pravih na sl. 1. i blisko raspoređivanje pravih na sl. 2. ukazuje da se posle proboja aktivnosti ne može očekivati znatnije dalje iskorišćenje soprcionog kapaciteta čak i ako koncentracije kontaminanta nisu velike.

Vrednosti $1/F_D$ koje su veće od 1 pokazuju da postoji efekat eluiranja kontaminanta usled zamene Cl^- jonima koji se u rastvoru nalaze u makrokoncentracijama. Ovaj efekat potvrdjen je i time što je u efluentu Cl^- jon dokazan upravo kada je vrednost $1/F_D$ postala veća od 1, dok pre toga jona Cl^- u efluentu nije bilo.

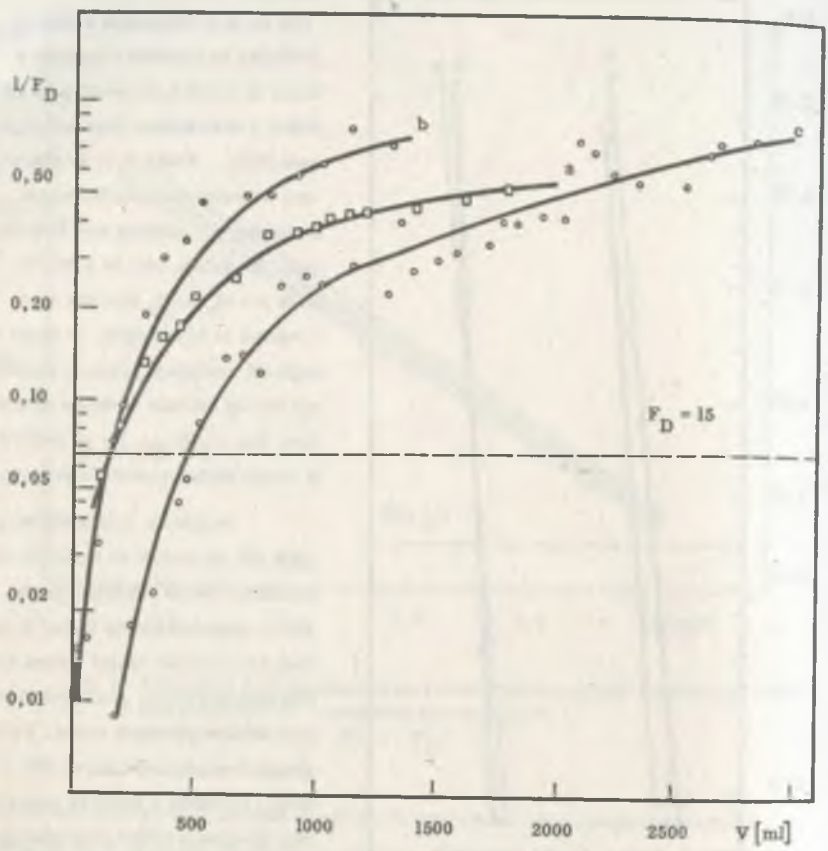
Prisustvo jona HCO_3^- pored Cl^- smanjuje efikasnost dekontaminacije. Upore-



Sl. 3. Dekontaminacija na koloni jonoizmenjivača u prisustvu aktivnog hlora i:
a - $MgCl_2$; b - $MgCl_2$ i $Al_2(SO_4)_3$;
c - $MgCl_2$ i $NaHCO_3$; d - $MgCl_2$, $NaHCO_3$ i $Al_2(SO_4)_3$

djivanjem pravih a i c na sl. 3. vidi se da je efikasnost smanjena približno na polovinu u sistemu u kome se pored 3,57 meq/l jona Cl^- nalazi i ekvivalentna koncentracija jona HCO_3^-. Znači da je za efikasnost dekontaminacije odlučujuća koncentracija ukupnog sadržaja anjona. Medjutim, ako se u sistem doda još $Al_2(SO_4)_3$ koji ima ulogu sredstva za koagulaciju, ne mogu se zapaziti značajnije promene ponašanja takvog sistema u odnosu na sistem bez $Al_2(SO_4)_3$, jer su prave b i d veoma bliske pravama a odnosno c.

Ponašanje kolona aktivnog uglja (sl. 4) sasvim se razlikuje od ponašanja kolona jonoizmenjivača. Efekat dekontaminacije veoma je mali kada se u sistemu nalazi aktivni hlor. Bez aktivnog hlora, postiže se izvestan dekontaminacioni efekat. Veća ukupna koncentracija anjona (Cl^- i HCO_3^-) prisutnih u rastvoru prouzrokuje smanjenje efekta dekontaminacije. Kvantitativni odnosi na osnovu raspoloživih rezultata ne mogu se dati, ali je pojava očigledna. Upoređivanjem krivih b i c koje se odnose na rastvore u kojima su se zajedno nalazili joni Cl^- i HCO_3^- u ekvivalentnim koncentracijama, dolazi se do zaključka da se dodavanjem sredstva za koagulaciju može poboljšati efekat dekontaminacije. Još ubedljivije o tome govori tabela 1. Kada pored ^{131}I u rastvoru ima samo $MgCl_2$ vrednost $1/F_D = 0,06 (F_D = 15)$ dostiže



Sl. 4. Dekontaminacija na koloni aktivnog uglja u prisustvu: a - $MgCl_2$; b - $MgCl_2$ i $NaHCO_3$; c - $MgCl_2$, $NaHCO_3$ i $Al_2(SO_4)_3$

se već posle propuštanja 120 ml rastvora. Kada je rastvoru dodat $Al_2(SO_4)_3$ $1/F_D$ nije bilo veće od 0,05 ($F_D > 20$) ni posle propuštanja 3050 ml.

Objašnjenje efekta dodavanja soli aluminijuma može se objasniti time što jon aluminijuma stupa u seriju hidrolitičkih reakcija sa vodom u kojima se gradi niz polivalentnih hidroksidnih oblika. U zavisnosti od pH ovi kompleksi mogu biti pozitivni na nižim ili negativni na višim vrednostima pH. Posle ovog stadijuma dolazi do polimerizacionih reakcija. Pretpostavlja se da kompleks $\left[Al_8(OH)_{20}\right]^{4+}$ koji nastaje kao njihova posledica

igra najvažniju ulogu (3).

U našim ispitivanjima pH rastvora je bilo manje od 7 pa su i različiti hemijski oblici aluminijuma nosili pozitivno naelektrisanje. Anjonski izmenjivač može u procesu izmene da vezuje samo negativno naelektrisane jone. Prema tome do interakcije sa pozitivno naelektrisanim hidroksidnim oblicima aluminijuma ne dolazi. Zbog toga je uticaj dodavanja aluminijum sulfata u rastvor kontaminiran radioaktivnim jodom na efikasnost dekontaminacije zanemarljiv, što se vidi i sa slike 3.

Aktivni ugalj Karbozak-R u vodi daje alkalnu reakciju, što znači da njegovi aktivni centri nose negativno naelektrisanje. Na ovim centrima mogu da se vežu hidroksidni oblici aluminijuma tako što će deo njihovog pozitivnog naelektrisanja biti angažovan za vezu sa aktivnim ugljem, a ostatak će biti slobodan da primi negativno naelektrisane jone iz rastvora. Kako broj slobodnih pozitivnih valentnih veza hidroksidnih oblika aluminijuma raste sa opadanjem pH razumljivo je da će i dekontaminacija vodenog rastvora od ^{131}I biti efikasnija u kiselijoj sredini. Ovo potvrdjuju i rezultati eksperimenata prikazani na sl. 4. i tabeli 1.

Iz sl. 4. se vidi da je u dekontaminacionom postupku na koloni aktivnog uglja porast vrednosti $1/F_D$ u kasnijoj fazi veoma spor. Ovaj mali doprinos ukupnoj adsorpciji kontaminanta može se pripisati efektu difuzije u unutrašnjim slojevima zrna aktivnog uglja. Kako je difuzija relativno spor proces u odnosu na ostale koji se dešavaju u ovom sistemu, on predstavlja ograničavajući činilac za ukupni proces adsorpcije.

4. Zaključci

1/ Dekontaminacija vode od ^{131}I na koloni anjonskog izmenjivača Amberlite IRA-410 veoma je efikasna kada u vodi nema aktivnog hlora. U prisustvu aktivnog hlora postiže se izvestan dekontaminacioni efekt, ali zapremina dobijenog dekontaminiranog rastvora eksponencijalno opada sa porastom koncentracije ukupnog sadržaja anijona.

2/ Ako kontaminirana voda ne sadrži aktivni hlor, sa kolonom aktivnog uglja Karbozak-R može se postići izvestan, ali nezadovoljavajući dekontaminacioni efekt. U prisustvu aktivnog hlora dekontaminacija na aktivnom uglju je sasvim neefikasna.

3/ Dodavanje aluminijum sulfata kontaminiranoj vodi nema uticaja na efikasnost dekontaminacionog postupka po metodi jonske izmene, ali se povoljno odražava na adsorpciju ^{131}I na aktivnom uglju.

Summary

INFLUENCE OF ACTIVE CHLORINE AND ALUMINIUM SULFATE ON THE REMOVAL OF ^{131}I FROM WATER

The efficiency of ion exchange and adsorption processes for the decontamination of water contaminated with ^{131}I, in presence of active chlorine and aluminium sulfate, has been investigated.

It was shown that the efficiency of the ion exchange on Amberlite IRA-410 was very high when water contained no active chlorine. In presence of active chlorine the quantity of decontaminated water decreased exponentialy with the increasing total anion concentration. The decontamination on the active carbon Karbozak-R column failed to show high efficiency when active carbon was present.

Addition of aluminium sulfate did not influence the ion exchange decontamination process, but it reflected positively on the adsorption of ^{131}I on the active carbon column.

Literatura

1) Selinov, I. P., Izotopi, v.I, 496, 1970, Nauka, Moskva.

2) Raevskij B., Dozi radioaktivnih izlučenij i ih dejstvie na organizm, 1970, Medgiz, Moskva.

3) Water Quality and Treatment, 80, 1971, McGraw-Hill Book Company, New York.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi, maj 1975.

DINAMIKA SORPCIJE JODA NA AKTIVNOM UGLJU

Ž.Vuković, M.Mandić, O.Janković, Lj.Kneževič
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Beograd-Vinča

Ispitivana je sorpcija joda iz rastvora na aktivnom ugiju u dinamičkim uslovima. Izračunati su kinetički koeficijenti i koeficijenat difuzije što daje mogućnost da se izvrši proračun dinamike sorpcije za različite eksperimentalne uslove i neophodne efikasnosti.

Uvod

U radu nuklearnih postrojenja, naročito nuklearnih elektrana i pored sistema koji održavaju integritet jezgra i rashladnog sistema ne isključuje se mogućnost oslobadjanja fisionih produkata. Tako se deo fisionih produkata može transportovati kroz primarni sistem u kontajment. Fisioni produkti - gasovi u atmosferi kontejmenta postaju potencijalni izvori zagadjenja okoline.[1] Kada su u pitanju izotopi joda treba imati u vidu činjenicu da su pojedini njegovi oblici relativno dobro rastvorljivi u vodi i vodenim rastvorima te ako se dekontaminacija joda vrši pre volatilizacije smanjiće se mogućnost kontaminacije atmosfere i izbacivanja u okolinu. Stoga su postavljeni eksperimenti koji treba da posluže za procenu pogodnosti upotrebe aktivnih ugljeva i efikasnosti sorpcije joda iz vodenih rastvora na aktivnim ugljevima koji su značajni adsorbenti u filtrima za gasove.

Eksperimentalni deo

Korišćeni su aktivni ugljevi čije su osnovne karakteristike date u sledećoj tabeli.

Ugalj	Sadržaj pepela %	Vlaga %	pH ekstrakta	površina m^2/g
C_1	5,4	9,0	8,0	1010
C_2	6,0	8,4	8,4	1020

Ove karakteristike odredjene su uobičajenim metodama i tehnikama za ispitivanje aktivnih ugljeva[2]. Sorpcione osobine ovih ugljeva su identične. Sorpcija u dinamičkim uslovima ispitivana je pomoću aparature prikazane na sl.1. koja omogućuje da se održava odredjeni protok kroz kolonu:

Rastvor je preko Z pumpe (1) iz suda (2) odlazio na kolonu (3) sa aktivnim ugljevima posle čega su pomoću sistema magnetnih slavina (4) uzimani uzorci za analizu a višak rastvora odlazio u sud (5). Uz pomoć manostata (6) i vakum pumpe (7) održavan je odredjeni protok u sistemu. Termostatiranje kolone je vršeno termostatom (8).

Sl.1. Shema aparature za ispitivanje dinamike sorpcije.

J^{131} bez nosača proizvodnje Instituta "Boris Kidrič" korišćen je za obeležavanje rastvora joda i jodida pošto je izotopska izmena ekstremno brza.

Rezultati i diskusija

Primena raznih vrsta sorbenata u rešavanju mnogih praktičnih problema po pravilu je uslovljena mogućnostima protoka, odnosno potrebom izvodjenja procesa za minimalno vreme. Kinetičke zavisnosti su neophodne radi optimizacije procesa i u vezi s tim poznavanje kinetičkih koeficijenata i njihove veze sa protokom rastvora. Ova zavisnost može se naći iz eksperimenata u dinamičkim uslovima.

Dinamika sorpcija opisuje se izrazom:

$$v \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial t} = 0 \qquad (1)$$

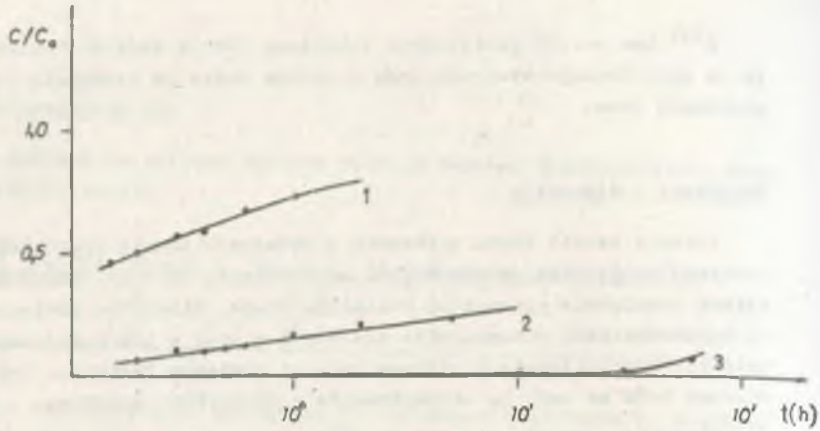
Kinetički koeficijent β može se izračunati iz sistema jednačina i dinamičkog eksperimenta na osnovu familija krivih C/Co-t, i q/q_o-t u bezrazmernim koordinatama. Veza kinetičkog koeficijenta sa razmernim i bezrazmernim parametrima vremena i visine sloja za linearnu izotermu adsorpcije što je za naše eksperimentalne uslove ranije pokazano[3], u najprostijem obliku može se prikazati sa

$$\beta = \frac{x'}{x} v \qquad (2)$$

$$\beta = \frac{t' q_o}{Co \left(t - \frac{x}{v}\right)} \qquad (3)$$

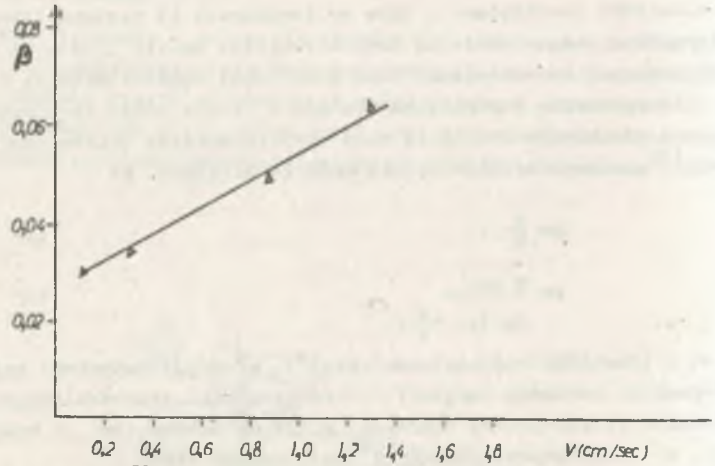
gde su β kinetički koeficijenat (sec^{-1}), a (q/q_o) relativna sorpcija, q_o kapacitet sorbenta (meq/ml), Co početna konc.rastvora (meq/ml), v-linearna brzina-protok (cm/sec), x dužina kolone (cm), t vreme (sec), x' bezrazmerna dužina, t' bezrazmerno vreme.

Sorpcione krive C/Co = f(t) za različite brzine protoka prikazane su na sl.2. Za J_2 konc. $1 \cdot 10^{-5}$M, PH=4 i KCl=$1 \cdot 10^{-3}$M. Na osnovu ovih krivih i tabličnih krivih za različite vrednosti x' izračunatih na računskoj mašini[4] nadjene su podudarne krive i na osnovu toga odredjene vrednosti x i izračunati koeficijenti β.



Sl.2. Kriva sorpcije;v(cm/sec);1(1,67),2(0,28),3(0,06)

Ovi koeficijenti se povećavaju sa porastom protoka i ta zavisnost je prikazana na sl.3.



Sl.3. Zavisnost kinetičkog koeficijenta od protoka

Ova veza može se prikazati relacijom

$$\beta = KV^n \quad \text{gde je } n=0,4 \qquad (4)$$

Na osnovu relacija (2) - (4) i bezrazmernog grafika može se naći odgovarajuće vreme t (obično se uzima u račun vreme do proboja za koje C/Co iznosi 0,01-0,05) a odatle koeficijenat difuzije D u zrno

sorbenta na osnovu relacije $\frac{D^2}{r^2} = \frac{t'}{t}$.

Koeficijenat difuzije iznosi $\sim 1 \cdot 10^{-7} cm^2/sec$ što pokazuje da je difuzija u zrno relativno brz proces. Ako se snima raspodela aktivnosti duž sloja kolone, to se potvrdjuje jer se relativno tanak sloj uglja zasiti do proboja a da kapacitet sorbenta ostaje većim delom neiskorišćen.

Nadjeni parametri na osnovu rezultata eksperimenata u koloni mogu se koristiti za proračun dinamičkog procesa sorpcije na aktivnom uglju za različite eksperimentalne uslove koncentracije sorbata, granulacije i protoka rastvora ako se zahteva odredjena efikasnost kolone.

Dinamics of Iodine Sorption on active Carbon

Summary

Sorption of iodine from aqueous solution on active carbon was investigated in dynamic conditions. Kinetic coefficient and diffusion coefficient were calculated what give possibility to evaluate dynamics of Sorption for different experimental conditions and efficiency.

Reference

1. D.H. Walker at. all Fission product behaviour experimental program IN - 1381 June 1970.

2. M.Smicek S´Cerni, Active Carbon, Elsevier Publishing Company Amsterdam - London - New York 1970.

3. Z.Vuković i dr. Radioiodine Sorption on Active Carbon XVIII Air Cleaning Conference, august 1974, San Francisko

4. Teoriya ionnoto obmena i hromatografii AN. SSSR "Nauka" Moskva 1968 p.166.

VIII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi, 20-23.maj 1975.

Ljiljana Knežević, Ana Švabić, Ilija Plećaš i Miomir Jeremić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

DEKONTAMINACIJA EFLUENTA KOJI SADRŽI ^{89}Sr TALOŽENJEM U KLARIFLOKULATORU

Ispitivana je efikasnost uklanjanja ^{89}Sr sorpcijom na kalcijum--feri-fosfatnim flokulama pri promenljivim hidrodinamičkim uslovima u klariflokulatoru. Efikasnost dekontaminacije ispitivanog efluenta zavisi ne samo od hemijskog procesa sorpcije ^{89}Sr, već i od efikasnosti razdvajanja tečne i čvrste faze sistema.

Uvod

U dosadašnjem radu na ispitivanju eksploatacione mogućnosti eksperimentalnog postrojenja za dekontaminaciju radioaktivnih efluenata ispitivana je operacija razdvajanja tečne i čvrste faze kalcijum-feri-fosfatne suspenzije kao i efikasnost uklanjanja ^{89}Sr u dva tipa kalriflokulatora: sa pregradnom pločom[1,2] i sa koaksijalnim cilindrima[2]. U ovom radu ispitivan je rad uprošćenog tipa klariflokulatora sa koaksijalnim cilindrima (sl.1.) izradjenog prema idejnom rešenju inž.Tambovceva iz SSSR-a koji je pre nekoliko godina kao ekspert za pitanja obrade radioaktivnih otpadnih voda proveo izvesno vreme u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči.

Efikasnost razdvajanja tečne i čvrste faze suspenzije u ispitivanom klariflokulatoru uglavnom zavisi od dva parametra: brzine taloženja čestica i protoka suspenzije. Količina uklonjenog ^{89}Sr u klariflokulatoru zavisi još i od vremena kontakta izmedju tečne i čvrste faze kalcijum-feri-fosfatne suspenzije.

Eksperimentalni deo

Za rad je korišćen efluent koji je pravljen dodavanjem ^{89}Sr sa nosačem od 1 ppm česmenskoj vodi sa sadržajem od 50 ppm Ca. Efluent i potrebne hemikalije dozirane su preko posude koja ima ulogu brzog

mešača pomoću dozirnih pumpi sa odredjenim protokom. U brzom mešaču dozirani su posebno rastvori:

NaOH radi podešavanja pH na 10,5;

Na_3PO_4, koji sa Ca iz vode gradi flokule $Ca_3(PO_4)_2$, u koncentraciji 50 ppm PO_4 u efluentu;

$FeCl_3$ da bi se ubrzalo sleganje flokula u koncentraciji 30 ppm Fe^{3+} u efluentu;

Flokulaciona sredstva: NP-10 u konc. 4 ppm ili Betz 1 ppm.

Ove količine hemikalija odredjene su Džar-testom kao optimalne. Turbiditet suspenzije na prelivu pri izlazu iz klariflokulatora praćen je vizuelno. Specifična radioaktivnost suspenzije merena je na beta-scintilacionom brojaču.

Svi eksperimenti su radjeni na sobnoj temperaturi.

Rezultati i diskusija

Flokulacija predstavlja transport suspendovanih i koloidnih čestica suspenzije, njihov kontakt i stvaranje većih čestica,[5,6] dok klariflokulacija objedinjuje proces flokulacije i operaciju kontinualnog razdvajanja tečne i čvrste faze taloženjem flokula.[7]

Pod pretpostavkom da čestice flokula imaju oblik lopti i da njihovo medjusobno rastojanje isključuje medjusobno ometanje pri taloženju, kvadrat brzine taloženja srazmeran je razlici gustine izmedju čvrste i tečne faze suspenzije i veličini prečnika čestice.

S tim u vezi brzina taloženja može da se poveća najjednostavnije povećanjem prečnika čestice dodavanjem flokulacionih sredstava koja prouzrokuju destabilizaciju i bržu aglomeraciju čestica čvrste materije.

Medjutim, mehanizam stešnjenog taloženja kojim se u praksi talože suspendovane čestice znatno je složeniji, tako da se za brzinu takvog taloženja može ovde samo reći da je manja od brzine slobodnog taloženja. U praksi se često kao brzina taloženja uzima promena visine granice izmedju tečne i ugušćene faze suspenzije u jedinici vremena i koja se menja u zavisnosti od koncentracije ugušćene faze suspenzije u statičkim uslovima taloženja.

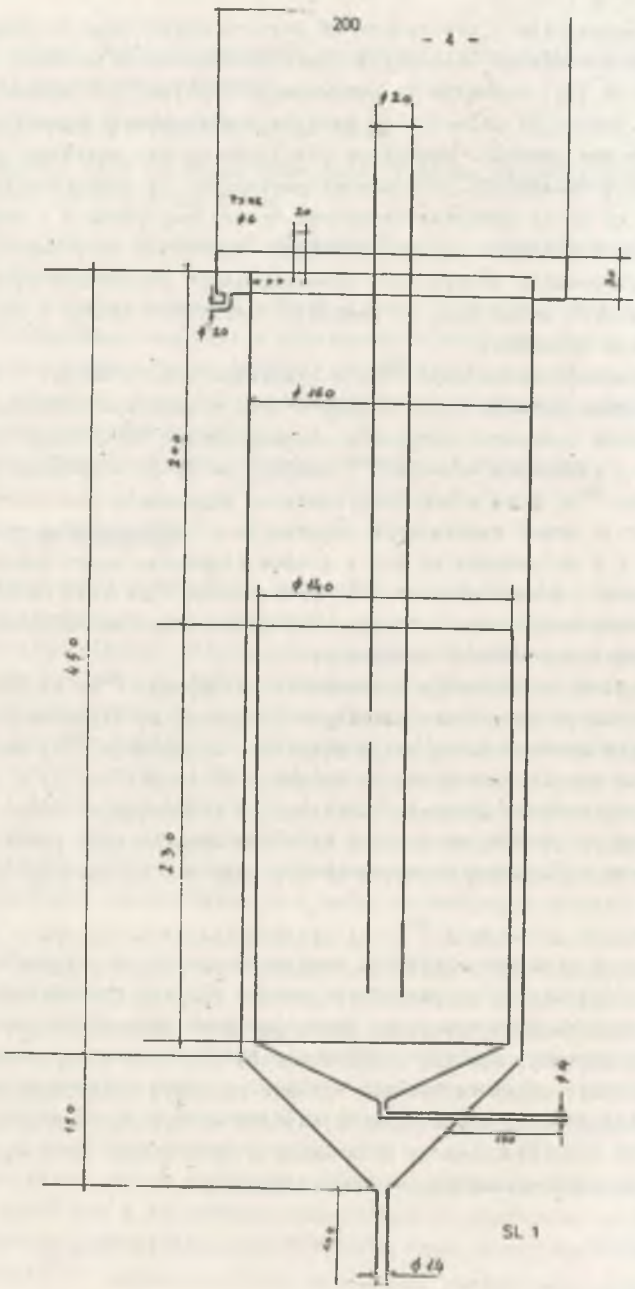
Optimalni protok suspenzije odredjen iz dobijenih rezultata za brzinu taloženja i zapreminsku koncentraciju suspenzije na bazi diskontinualnog razdvajanja tečne i čvrste faze, preko minimalnog masenog fluksa[2,3] iznosi 5,8 l/h. Efikasnost razdvajanja tečne i čvrs-

te faze suspenzije u zavisnosti od protoka ispitivana je eksperimentalno i u dinamičkim uslovima u klariflokulatoru za protoke od 1,2, 3,5,10 i 15 l/h. Najbolje je razdvajanje dobijeno pri protocima 1 i 2 lit/h. Kako nije bilo znatne razlike u efikasnosti klariflokulacije za ova dva protoka, protok od dva litra na čas utvrdjen je kao optimalan u dinamičkim uslovima eksperimenta. Iz rezultata ispitivanja vidi se da se dobijene vrednosti optimalnog protoka u statičkim i dinamičkim uslovima znatno razlikuju, verovatno zbog nedovoljnog mešanja suspenzije uslovljenog konstruktivnim karakteristikama klariflokulatora, usled čega su reakcija nastajanja taloga i proces flokulacije usporeni.

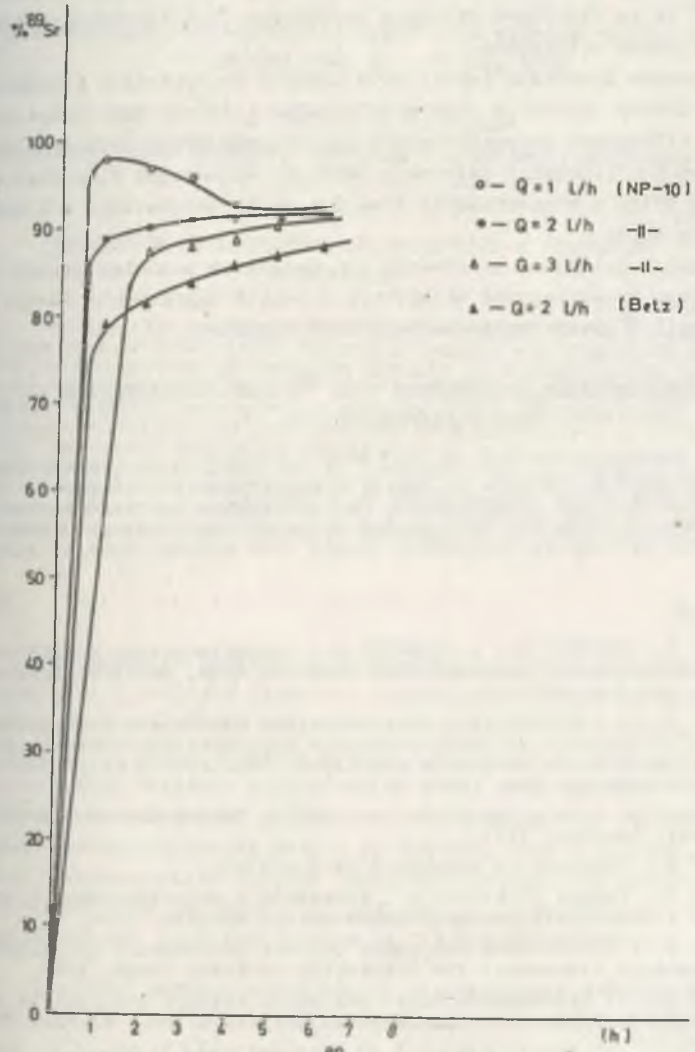
Efikasnost uklanjanja ^{89}Sr u klariflokulatoru zavisi i od vremena kontakta izmedju tečne i čvrste faze suspenzije potrebnog da se uspostavi sorpciona ravnoteža. Odredjivanjem optimalnog vremena kontakta u statičkim uslovima[4] nadjeno je da je sorpciona ravnoteža izmedju ^{89}Sr i kalcijum-feri-fosfatne suspenzije uspostavlja za 1 h. Kako je vreme zadržavanja suspenzije u klariflokulatoru iznosilo 2,3 i 6 h za protoke od 3,2 l (radna zapremina klariflokulatora je 6 litara). U svim slučajevima vreme kontakta je bilo dovoljno da se uspostavi sorpciona ravnoteža, pod uslovom da klariflokulator obezbedjuje dobro mešanje suspenzije.

Rezultati ispitivanja efikasnosti uklanjanja ^{89}Sr za razne protoke suspenzije kroz klariflokulator prikazani su dijagramima na sl. 2. Iz slike se vidi da se bolji rezultati uklanjanja ^{89}Sr dobijaju ukoliko se koristi flokulaciono sredstvo NP-10 (kriva 1,2 i 3 na sl.2.). Ovo se može objasniti efikasnijim razdvajanjem tečne i čvrste faze kao i stvaranjem flokula sa većom adsorbcionom površinom pod uticajem flokulacionog sredstva NP-10, nego što se postiže dodavanjem Betz-a.

Merenjem aktivnosti ^{89}Sr na prelivu klariflokulatora u prva četiri časa od početka prelivanja, zapažaju se znatne razlike izmedju uklonjene aktivnosti za različite protoke suspenzije, dok se posle ovog vremena razlika smanjuje, da bi posle 6^h od početka prelivanja praktično nestale. Razlike u početku rada klariflokulatora verovatno se javljaju usled različitog vremena punjenja klariflokulatora i nedovoljnog mešanja suspenzije. S obzirom na uklonjenu aktivnost i vreme rada klariflokulatora u zavisnosti od protoka, može se protok Q=2l/h smatrati optimalnim za datu suspenziju.



SL 1



SL.2 Efikasnost uklanjanja ^{89}Sr u kliriflokulatoru

Zaključak

Ispitivana je efikasnost razdvajanja tečne i čvrste faze kalcijum-feri-fosfatne suspenzije kao i hemijski proces sorpcije radionuklida ^{89}Sr na flokulama taloga u uprošćenom tipu klariflokulatora sa koaksijalnim cilindrima.

Na osnovu rezultata ispitivanja nadjeni su optimalni parametri od kojih zavisi operacija razdvajanja tečne i čvrste faze suspenzije kao i efikasnost dekontaminacije ispitivanog efluenta:protok suspenzije od 2 l/h, brzina taloženja dobijena dodavanjem flokulacionog sredstava NP-10 u koncentraciji 4 mg/l i vreme zadržavanja u klariflokulatoru od 3h.

Procenat uklonjene aktivnosti pri navedenim uslovima iznosi 92% što u odnosu na efikasnost uklanjanja u ranije ispitivanim klariflokulatorima[1,2] predstavlja nešto lošiji rezultat.

DECONTAMINATION OF EFFLUENT WITH ^{89}Sr BY PRECIPITATION IN THE CLARIFLOCKULATOR

The efficiency of the removal ^{89}Sr by Sorption on the calcium--ferric-phosphate flocules et variable hydrodynamic conditions into clariflockulator was investigated. The efficiency decontamination of the effluent depends not only of the chemicals sorption procesess but also of the efficiency separation liquid from solide phase of sistem.

Literatura:

1. ŠVABIĆ A., POPOVIĆ M., i PAVLOVIĆ M., Eksperimentalno postrojenje za dekontaminaciju radioaktivnih otpadnih voda, Hemijska industrija, 4, str.224, 1970.
2. ŠVABIĆ A., i KNEŽEVIĆ Lj., Eksploatacione mogućnosti eksperimentalnog postrojenja za dekontaminaciju radioaktivnih otpadnih voda koje nastaju radom nuklearne elektrane. Ispitivanje klariflokulatora. Neobjavljen rad, Vinča 1973.
3. SIMONOVIĆ D. i dr., Tehnološke operacije, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1971.
4. ŠVABIĆ A., Izveštaj po zadatku P-NE-3.4./1970.
5. KRAKAR G., Proces flokulacije i flotacije u primarnoj obradi otpadnih rafinerijskih voda, Jugoenergetik, Beograd, 1974.
6. GLOYNA E. i ECKENFELDER W., Mater Quality Improvement by Phisikal and Chemikal Processes, The University of Texas Press, 1970.
7. BRANCA G., Il trattamento degli effluenti liquidi radioactivi del Centro Studi Nucleari della Casaccia, RT/P ROT (65), 9, Roma 1965.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20.-23. maj 1975

K. Južnič in Š. Fedina
Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani, Ljubljana

SEPARACIJA IN KONCENTRACIJA PLUTONIJA S SOLVENTNO EKSTRAKCIJO

Ekstrakcijo plutonija(III) in plutonija(VI) iz žveplenokislega medija s tri-oktil aminom v toluenu smo raziskali kot funkcijo koncentracije žveplene kisline in koncentracije TOA v toluenu. Ugotovili smo, da so v tem sistemu ekstrakcijske lastnosti Pu(VI) zelo podobne onim za U(VI). Ekstrakcijski koeficienti za Pu(III) so precej nižji od koeficientov za U(VI) in U(IV). Na osnovi dobljenih rezultatov je prikazana možnost selektivne izolacije urana(VI) in plutonija(VI) iz zmesi z drugimi kationi v žvepleni kislini z ekstrakcijo. Ločba obeh elementov je možna s prevedbo Pu(VI) v trivalentno stanje z dodatkom uranovega(IV) sulfata in reekstrakcijo Pu(III) v vodno fazo.

UVOD

Problematika separacije plutonija in njegove koncentracije je pomembna s stališča predelave izrabljenega jedrskega goriva kakor tudi shranjevanja radioaktivnih odpadkov, ki vsebujejo plutonij ([1]). Zaradi njegove visoke toksičnosti bo potrebno iz radioaktivnih odpadkov odstraniti plutonij pred dokončnim vskladiščenjem do nivoja, ki je nižji od ekonomskega. Ker večina postopkov predelave goriva bazira na prevedbi tega v nitrate, so najbolj poznane ekstrakcijske lastnosti plutonijevih nitratov ([2]) in v manjši meri sulfatov ([3]). Ekstrakcija iz sulfatnega medija je pomembna pri predelavi goriva iz H.T.G.C.R. reaktorja.

Plutonij nastopa v naslednjih oksidacijskih stanjih +3, +4, +5 in +6. Spojine plutonija v stanjih +4 in +5 niso stabilne in plutonij kaže tendenco po disproporcionaciji:

$$3Pu^{+4} + 2H_2O = 2Pu^{+3} + PuO_2^{+2} + 4H^+$$

Ekstrakcijske lastnosti Pu^{+4} je raziskal Fardy ([3]), z ekstrakcijo in ionsko izmenjavo pa je bila tudi določena tvorba sulfatnih kompleksov plutonija(IV).

Namen našega dela je bil raziskati postopek izolacije in koncentriranja plutonija iz sulfatnega medija s solventno ekstrakcijo, ki bi temeljil na različnih ekstrakcijskih lastnostih Pu(III) in Pu(VI).

EKSPERIMENTALNO DELO

Kemikalije: Plutonij-239 kot nitrat v 3 M HNO_3 s koncentracijo 150 mg/8 ml smo prejeli iz radiokemijskega centra Amersham. Tega smo pretvorili v sulfat z uparevanjem z žvepleno kislino. Trdno sol smo raztopili v 0,5 M H_2SO_4 tako da smo dobili raztopino s koncentracijo 3,25 mg Pu na 5 ml. Prevedbo plutonija v oksidacijski stanji Pu(III) in Pu(VI) smo izvedli elektrokemijsko v celici ločeni v dva dela s frito med platinskimi elektrodami. Tudi uranov(IV) sulfat smo pripravili elektrokemijsko in sicer iz uranovega(VI) sulfata. Tri-oktil amin (Fluka) je bil uporabljen brez nadaljnjega čiščenja.

Postopek: Uravnotežene ekstrakcijske sisteme smo pripravili s stresanjem enakih volumnov vodne in organske faze. Vodna faza je bila raztopina žveplene kisline, kateri je bila dodana kapljica raztopine plutonijevega sulfata. Priprava sistemov z uranom je opisana v prejšnjih delih ([4]). Ravnotežne porazdelitve plutonija so bile določene radiometrično na osnovi njegove alfa aktivnosti s scintilacijskim števcem (SR-5) s tekočim scintilatorjem. Sestava raztopine scintilatorja je bila naslednja: 3 g PPO, 100 mg NEF razredčeno z dioksanom na 1000 ml.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Ravnotežne porazdelitve Pu(III) in Pu(VI) v odvisnosti od koncentracije žveplene kisline so prikazane na sliki 1. Padanje ekstrakcijskega koeficienta za Pu(VI) z naraščajočo koncentracijo kisline je podobno kot v primeru urana(VI). Ekstrakcijo urana(VI)

lahko ponazorimo z enačbo [5]:

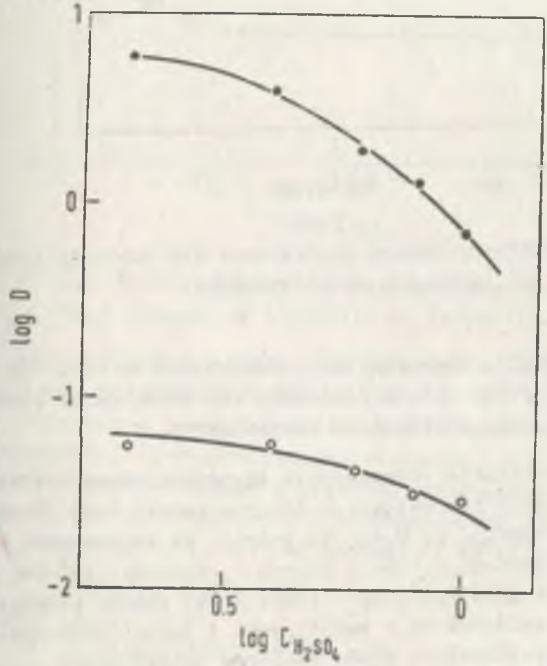
$$UO_2SO_{4_v} + nR_3NH_2SO_{4_o} = (R_3NH)_nUO_2(SO_4)_{n/2+1_o} + n/2\ H_2SO_4$$

Podobno enačbo lahko napišemo tudi za Pu(VI):

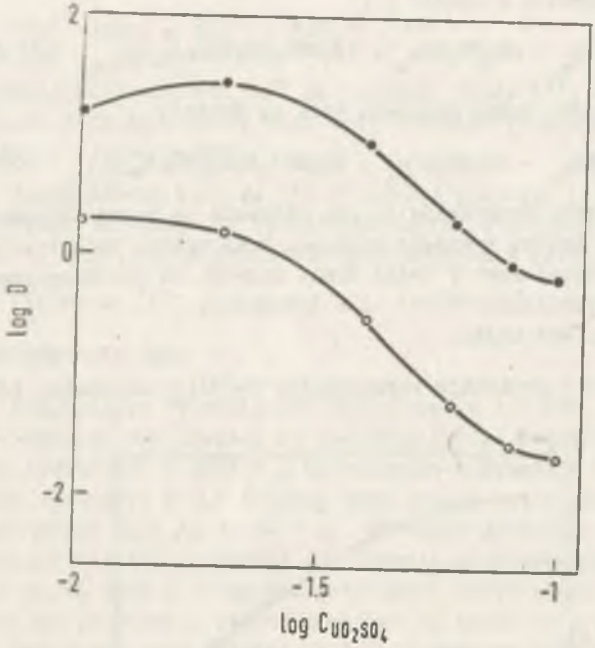
$$PuO_2SO_{4_v} + nR_3NH_2SO_{4_o} = (R_3NH)_nPuO_2(SO_4)_{n/2+1_o} + n/2\ H_2SO_{4_o}$$

Porazdelitveno ravnotežje za oba elementa je torej odvisno od aktivnosti proste žveplene kisline. Nanj vpliva tudi tvorba sulfatnih kompleksov v vodni fazi. Podatki za tvorbene konstante sulfatnih kompleksov U(VI) so v literaturi [6], za Pu(VI) pa teh podatkov ni moč najti.

Slika 2 prikazuje porazdelitev Pu(VI) v sistemih, kjer je



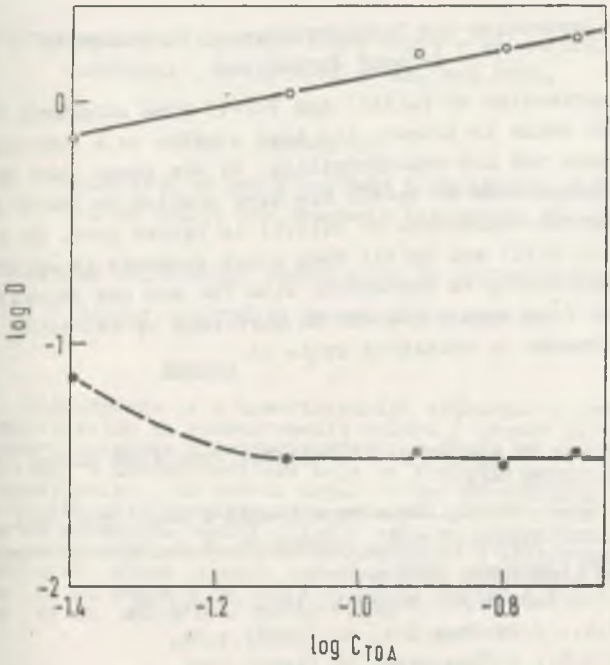
Slika 1. Log. ekstrakcijskih koeficientov kot funkcija konc. H_2SO_4 za (•)Pu(VI) in (o)Pu(III).



Slika 2. Log. ekstrakcijskega koeficienta kot funkcija konc. UO_2SO_4 za (•)UO_2SO_4 in (o)PuO_2SO_4.

prisoten tudi U(VI). Porazdelitveni koeficienti za U(VI) so približno osemkrat višji kot za plutonij, kar kaže, da so kompleksi urana(VI) s TOA bolj stabilni od plutonijevih.

Slika 3 prikazuje spreminjanje ekstrakcijskega koeficienta za Pu(VI) kot funkcijo koncentracije TOA v organski fazi. Razmerje $\Delta \log D$ proti $\Delta \log C_{TOA}$ je 0,61. To pomeni, da se pretežni del ekstrahiranega plutonija veže z aminom v razmerju $1PuO_2SO_4$: 2TOA in v manjši meri $1PuO_2SO_4$: 1TOA. Torej poteka reakcija v glavnem z amin sulfatom in v manjši meri z amin bisulfatom. Iz slike 1 pa je razvidno, da znaša razmerje $\Delta \log D$ proti $\Delta \log C_{H_2SO_4}$ za 0,6 M H_2SO_4 -1,5. To pomeni, da je z ekstrakcijo 1 mola PuO_2SO_4 povezan prehod 1,5 mola H_2SO_4 v vodno fazo.



Slika 3. Log. ekstrakcijskega koeficienta kot funkcija konc. TOA v toluenu za (o)Pu(VI) in (•)Pu(III).

Gori rezultati kažejo, da je možno iz razredčene žveplene kisline ekstrahirati Pu(VI) skupno z (U(VI) ali neposredno za njim. Ekstrakcija je precej selektivna in zagotavlja ločbo od ostalih elementov ([3]). Reekstrakcijo (stripping) Pu(VI) in s tem ločbo od U(VI) lahko dosežemo s prevedbo plutonija v oksidacijsko stanje +3, kar je možno izvesti elektrokemično ali z dodatkom U(IV). Standardni oksidacijski potenciali za opisane reakcije so:

$U^{4+} + 2H_2O = UO_2^{2+} + 4H^+ + 2e$ S.O.P. = -0,334 V

in $Pu^{3+} = Pu^{+4} + e$ S.O.P. = -0,97 V

$Pu^{4+} + 2H_2O = PuO_2^{2+} + 4H^+ + 2e$ S.O.P. = -1,15 V

Iz tega je razvidno, da lahko z dodatkom U(IV) v sistem Pu(IV) kvantitativno reduciramo plutonij v stanje Pu(III).

ABSTRACT

Separation and Concentration of Plutonium by Solvent Extraction

The extraction of Pu(III) and Pu(VI) from sulphuric acid by tri-octyl amine in toluene has been studied as a function of sulphuric acid and TOA concentrations. It was found that the extraction properties of Pu(VI) are very similar to these of U(VI), while the extraction of Pu(III) is rather poor. So a separation of U(VI) and Pu(VI) from other elements in sulphate media is possible by an extraction with TOA and the separation of the elements from each other can be performed by selective stripping of plutonium in oxidation state +3.

LITERATURA

1. Preston, A., et al, Int.Conf.Peaceful Uses Atom Energy (Geneva 1971) 11 (1972) 415.
2. Jenkins, I.L., et al, Brit.Report AERE-R 4440, May 1965.
3. Fardy, J.J., Farrell, M.S., Finchbeck, D.G., Austr. Report AAEC/E-189 (January, 1968).
4. Južnič, K., Fedina Š., Microch. Acta (1974) 39.
5. Allen, K.A., J.Am.Chem.Soc. 80 (1958) 4133.
6. Wallace, R.M., J.Phys.Chem. 71 (1967) 1271.

VIII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja ,Herceg Novi 20-24. maj 1975.

Danilo Hajduković

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije "Dr.Dragomir Karajović",Beograd

UTICAJ EFIKASNOSTI VENTILACIJE NA KONCENTRACIJE RADONA I NJEGOVIH POTOMAKA U RUDNICIMA

Rezime

Diskutovano je o insuficienciji efikasnosti prirodne ventilacije na koncentracije radona i stepen ravnoteže izmedju radona i potomaka. Dat je primer za rudnikZD (Pb i Zn) o koncentracijama koje su funkcija promene smera ventilacije . Za rudnik urana GV dat je uporedan prikaz frekfencije koncentracija radona u periodu rada rudnika sa prirodnom ventilacijom i sada sa mehaničkom .

Autor predlaže za brzu orijentaciju o efikasnosti ventilacije odnos izmedju izmerene alfa aktivnosti na filtru 30 mn prema 5 mn posle uzimanja uzorka u dužini od 5 mn tj da $A(30) : A(5) < 0,55$.

Uvod

Smatra se da od svih sredstava koja se koriste u rudnicima urana za umanjenje rizika kontaminacije inhalacijom radona i potomaka , kao i radioaktivne prašine uopšte ventilacija je najefikasnija i najznačajnija.

U rudnicima urana, može se smatrati nedopustivim , nepostojanje mehaničke ventilacije . Na svim radnim mestima ventilacija treba da obezbedi koncentraciju radona ispod M.D.K. koja je prema preporukama ICRP iz 1956 god 3×10^{-10} Ci/l.vz. a od 1959 , 3×10^{-11} Ci/l.vz , odnosno za potomke radona koncentraciju manju od 1 W.L. definisanog preko alfa energije $1,3 \times 10^{5}$ MeV /l.

Prema grupi američkih istraživača (1) u rudnicima urana u SAD snaga vazdušne struje ne sme da ima brzinu

manju od 9,12 m/mn (30 ft/mn) i da jami obezbedi po 28,3 m^3 (1000 cft) svežeg vazduha po čoveku. U francuskim rudnicima metala treba da se dovede 3 m^3/mn , a u rudnicima urana smatra se neophodnim (2) po čoveku u najbrojnijoj smeni 60 m^3/mn , tj da bude tako efikasna da ima protok od 4 do 20 m^3/sek prema važnosti radilišta.

Ventilaciona odvodna cev ne bi smela da bude udaljena više od 9 metara od čela radilišta a izlazna vazdušna struja treba da bude izbacivana preko 10 metara iznad površine tla , pri čemu se pazi na smer vetra i otklanjanje mogućnosti da zagadjeni vazduh koji se izbacuje iz jame ne udje ponovo u jamu . Ventilacija treba da omogući da nastale visoke koncentracije radona na jednom radilištu,naročito pri otpucavanju koje su reda 5 x 10^{-8} Ci/l , ne dodju na susedna radilišta .

Prema autorima iz SAD (1) na radilištima gde se ima velika emanacija radona treba da se obezbedi izmena vazduha svaka 4 minuta , tj. broj nastalih atoma radona treba da bude manji od 10^{11} atoma na minut na 1000 cft (28,3 m^3) zapremine posmatranog radilišta , ako se premašuje mora se uticati na ventilaciju .

Ventilacija ima poseban zadatak da izbaci iz jame i velike količine nastale prašine , koja u uranskim rudnicima igra neosporno značajnu ulogu na stepen kontaminacije inhalacijom budući da se udiše kao prašine nastala disperzijom radioaktivnih materijala ili adsorpcijom potomaka radona na česticama neradioaktivne prašine.

Po francuskim merenjima (3)1974 , u rudniku kada ne radi ima 3000-5000 čestica /cm^3 , u hodnicima kada rudnik radi 40.000- 70.000 čes./cm^3 , na radilištima 10^5 čes./cm^3 a posle otpucavanja 2 x 10^6 čes./cm^3. Može se očekivati da je ovakvo nastajanje prašine i u drugim rudnicima ,imajući u vidu sličnost geoloških struktura i tehnike eksploatacije.

Poseban problem prestavlja proračun i kontrola efikasnosti ventilacije a naročito njena aktuelnost tj brza procena i intervencija .

Vrste ventilacija i koncentracija radona

U upotrebi je i prirodna i mehanička ventilacija .Prirodna se bazira na razlikama pritisaka i temperature izmedju jame i površine .Usled kolebanja meteoroloških uslova menja se i stanje provetrenosti jame , ventilacija se ne može dovesti na željenu i po pravilu je nesigurna i insuficientna , ma da se često upotrebljava , naročito u uslovima prvih ,istražnih radova , kao i u nekim metalnim rudnicima koji se kontrolišu zbog pojava uranskih orudnjenja u tragovima.

Mehanička ventilacija ,posredstvom ventilatora ,je ili depresionog tipa :stvara se depresiona zona u jami , pa u jamu ulazi svež vazduh preko posebnih otvora , ali često vodjen sa jednog radilišta na drugo ili - kompresionog tipa sa ubacivanjem svežeg vazduha u jamu direktno na radilišta . Moguća je upotreba i kombinovane ventilacije.

U rudniku olova i cinka Zletovo-Dobrevo , delom zbog pojave orudnjenja urana u tragovima i zbog postojanja prirodne ventilacije (sada deluje delimično i mehanička) postoje na pojedinim mestima jame , koncentracije radona i iznad MDK za uranske rudnike .

Od posebnog značaja je i smer vazdušne struje "zimski" i "letnji" . Na tabeli 1 daje se prikaz nekoliko izmerenih koncentracija radona na ulazu (izlazu) jame 2 , na dužini hodnika oko 500 m . U ovom delu hodnika nalazi se jedna sipka sa istovar rude i jedno raskršće hodnika . Za jedan smer vazduha ka jami imaju se niske koncentracije a kada je smer iz jame visoke koncentracije na ulazu u jamu 2 tj izlaz zagadjenog vazduha .

TAB. 1 Uticaj smera prirodne ventilacije na koncentraciju radona 222 u rudniku Pb i Zn Zletovo

Lokacija :		ULAZ	100m	350m	500m
Datum:	Smer	Koncentracija radona 222 (pCi/l)			
12.VI.74	→	6	7	13	33
14.VI.74	←	392	-	132	105
14.X .74	↔	180	180	175	178
15.X .74	↔	142	142	124	111
17.X .74	→	6	6	42	48

U rudniku olova i cinka Trepča-Stari Trg ,koncentracije radona su relativno niske , nekoliko desetina pCi/l . Radon se ponaša kao "tracer" i mereći koncentracije radona moguće je izvesti izvesne zaključke o efikasnosti ventilacije. Za uslove ranije mehaničke ventilacije i nove poboljšane , depresiona tačka je na IV horizontu , te su najveće izmerene koncentracije na ovom i nižem V horizontu .

U rudnicima francuske koriste se i depresiona i kompresiona ventilacija . Istraživanja (3) 1974 su pokazala da su na istim radnim mestima koncentracije radona manje kada je upotrebljena ventilacija kompresiona i da taj faktor redukcije iznosi od 0,5 do 0,9 kada se ventilacija menja od 2 do 10m^3/sek. Takodje i kod posmatranja koncentracije radonovih potomaka ovaj faktor redukcije je 0,7 kada je protok vazduha veći od 3 m^3/sek.

U rudniku Gorenja Vas , za vreme istražnih radova od 1961 do 1965 bila je prirodna ventilacija a posle je uvedena mehanička depresionog tipa . Rezultati merenja koncentracija radona u jednom i drugom periodu dati su u tabeli 2 prema (4)

TAB.2 Uticaj prirodne i mehaničke ventilacije na koncentraciju radona 222 u rudniku Gorenja Vas

Koncentr.Rn x Ci/l	10^{-11} $5x10^{-11}$	$5x10^{-11}$ 10^{-10}	10^{-10} $5x10^{-10}$	$5x10^{-10}$ 10^{-9}	10^{-9} $5x10^{-9}$	$5x10^{-9}$ 10^{-8}
PRIR.VENT. Frekfenc.%	3,0	1,2	9,8	25,0	61,0	-
MEHAN.VENT. Frekfenc.%	1,9	11,5	16,1	58,6	10,8	1,1

Vidi se da je za vreme prirodne ventilacije 61% od svih izmerenih koncentracija radona bilo u domenu 10^{-9} do 5 x 10^{-9} Ci/l.vz. a sa mehaničkom ventilacijom u periodu od 1965-1971 najveća frekfencija izmerenih koncentracija je niža za red veličine približno .

Uticaj ventilacije na stepen ravnoteže izmedju radona i njegovih potomaka

Radonu je potrebno po izlasku iz pukotina stena u vazduh radne sredine rudnika , 3 časa da bi se uravnotežio sa svojim potomcima. S obzirom na postojanje ventilacije ne dolazi do uravnoteženja , tako da poznavanje stepena ravnoteže može da ukaže na intenzitet ventilacije , ma da postoji u vazduhu i jedan deo potomaka koji se mogao ranije formirati u pukotinama stena ili su delimično došli iz neventilirane zone.

Prema francuskim podacima (3) 1974 , za 500 merenja , nadjene su srednje vrednosti za stepene ravnoteže u zavisnosti od efikasnosti ventilacije na sledeći način :

TAB. 3 Stanje ravnoteže u francuskim rudnicima prema efikasnosti ventilacije (3)

Efikasnost ventilacije	Stepen ravnoteže fA	fB	fC
-vrednosti ekstremno visoke	1,0	0,73	0,43
-vrednosti ekstremno niske	0,08	0,04	0,02
-vrednosti srednje	0,50	0,30	0,15

: gde je fA=RaA/Rn , fB=RaB/Rn i fC=RaC/Rn

Prema Kusnetz (5) u rudnicima SAD daje se podatak za 45 prirodno i 45 mehanički ventiliranih rudnika .Stepen ravnoteže je prikazan kao odnos RaA: RaB :RaC .

TAB. 4 Stanje ravnoteže u rudnicima SAD kod prirodno i mehanički ventiliranih rudnika

	RaA	:	RaB	:	RaC
- za 45 prir.vent.rudn urana SAD	1,0	:	0,88	:	0,79
- za 45 mehan.vent.r. srednja vredn.	1,0	:	0,46	:	0,34
- intenzivna ventilac.	1,0	:	0,15	:	0,006

U našim rudnicima prirodno ventiliranim , stanja ravnoteže su imala visoke vrednosti , s obzirom da ima dosta zona na kojima vazduh miruje . Često se mogu naći veoma visoke vrednosti i u rudnicima sa mehaničkom vebtilacijom , tako da je raspon veoma veliki :

TAB. 5 Stanja ravnoteže izmedju radona i potomaka u našim rudnicima kod prirodno i mehanički ventiliranih rudnika

Efikasnost ventilacije -prirodne -mehanička	Stepen ravnoteže fA	fB	fC
-Prirodna ventilacija			
najnepovoljnije :	1,0	0,87	0,66
najpovoljnije :	0,85	0,65	0,38
-Mehanička ventilacija			
najnepovoljnije :	0,95	0,80	0,50
najpovoljnije :	0,32	0,19	0,05

Provera efikasnosti ventilacije

Provera efikasnosti ventilacije preko stanja ravnoteže izmedju radona i potomaka je najpodesnija , ali se ona može odrediti tek nakon uzimanja uzoraka radona i potomaka u jami i naknadne obrade rezultata van jame - merenje i obračun .

Sada na osnovu poznavanja koncentracija radona , može se odrediti nastajanje broja atoma na minut na 1000 cft (28,3 m^3) zatim na osnovu izmerene ventilacije i na osnovu jednačina i grafika koje su dali Heladay i Kusnetz (1) i Kusnetz (5) izračunava se potrebna nova ventilacija koja može da smanji broj nastalih atoma na minut na veličinu manju od 10^{11} koju su u rudnicima SAD usvojili za tolerantnu .

U nastojanju da se ima što lakši i brži uvid u efikasnost ventilacije Somayi (7) 1961 god je predložio , na osnovu upotrebe diferencijalnih jednačina raspada radona na potomke koje je dao Tsivoglou(8) 1953 , da se kao pogodan parametar

za prikazivanje ventilacionih odnosa , upotrebi odnos alfa aktivnosti izmeren na filtru uzetog uzorka 150-tog minuta prema aktivnosti alfa izmerenoj na filtru 30-tog minuta posle uzimanja uzorka . Praktično se radi o odnosu RaF/RaC'.

Našim merenjima koncentracije potomaka na filtru (9) kod uzimanja uzoraka u trajanju od 5 minuta , uočili smo da je ventilacija zadovoljavajuća , sudeći prema stanju ravnoteže izmedju radona i potomaka , kada je odnos izmedju izmerene alfa aktivnosti na filtru 30-tog minuta prema alfa aktivnosti izmerenoj na filtru posle 5 -tog minuta od uzimanja uzorka manji od 0,55 :

$$\frac{A\ (30')}{A\ (5')} < 0{,}55$$

Ovakav način odredjivanja efikasnosti ventilacije može se smatrati aproksimativnim , zasnovan je na posmatranju većeg broja merenja i može biti predmet daljeg ispitivanja.

Smatramo ga podesnim što se može još u toku uzimanja uzorka na filtru za odredjivanje koncentracije potomaka dobiti uvid i o efikasnosti ventilacije na datom radilištu.

Summary :

EFFECT OF VENTILATION EFFICIENCY TO CONCENTRATION OF RADON AND ITS DECAY PRODUCTS IN MINES

An insufficiency of natural ventilation which results in necessity of mechanical ventilation in mines are discussed.

It is presented an example for the mine of Pb and Zn (Z.D.) having concentracions that are functions of the change of ventilation direction.

For the uranium mine (G.V.) it is presented the comparation of frequency of radon concentrations in the condition of natural ventilation and mechanical ventilation as it is being the case now.

For the reason of quick orientation in ventilation efficiency the author proposes the relation of measured alpha activity on the filter-paper for 30 minutes relative to 5 minutes after sampling that is:

$$A(30') : A(5') < 0{,}55$$

Literatura

(1) HOLADAY D.A., et al. Control of Radon and Daughters in Uranium Mines and Calculation on Biologic Effects ; Publ. Health Serv. no 496 (1957)

(2) PRADEL J., Contamination radioactive des travailleurs dans les mines d´ uranium , STEP, CEA France (1963)

(3) PRADEL J.,Radon protection in uranium mines ; Coll. international protection i mines d´uranium Bordeaux , France , Sept.1974

(4) HAJDUKOVIĆ D., Magistarski rad. Sveučilište Zagreb (1971)

(5) KUSNETZ H.L., Radon daughters in Mines Atmospheres. Am. Ind. Hyg. Ass. Quarterly, no 1, 17. march (1956)

(6) KUSNETZ H.L., Measurements of Radon and Rn- Daughter products in mines . HEW. , SM/41-40 , Washington , D.C. (1963)

(7) SOMAYI K.S., Evaluation of the Ventilation Rate from Decay of filter paper air samples of Thoron and Radon-Daughter . Health Phisics 6 : 136 (1961)

(8) TSIVOGLOU E.C., Quantitative Description of Successive Transformation in Atmospheric Samples . Disertation , Ohio , State Universitat (1953)

(9) HAJDUKOVIĆ D., Metodologija merenja radonovih potomaka u rudnicima urana . Zbornik radova VII simp.jugosl.druš.za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari , 22-26.Oct. str. 406-413, (1973)

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITA OD ZRAČENJA
20-23. maj 1975. Herceg Novi

EFEKTI PRANJA POVRĆA I TRAVE U CILJU DEKONTAMINACIJE BILJAKA U ODNOSU NA Sr 90

Brnović R.

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

Rezime:

Ispitivana je dekontaminacija biljaka u odnosu na Sr 90. Različito povrće, trava i lucerka kontaminirani u poljskim uslovima, ispirani su u destilovanoj, vodovodskoj i slanoj vodi (rastvor NaCl). Utvrdjeno je da je procent dekontaminacije 20-50%.

Uvod

Kontaminacija biljaka stroncijumom 90 u poljskim uslovima vrši se na dva načina: direktnom apsorpcijom Sr 9o iz vazduha i padavinama preko nadzemnog dela biljke i indirektnom apsorpcijom Sr 9o iz zemljišta korenim sistemom biljke.

Russell (1) i Rivera (2) pokazali su da globalna kontaminacija biljaka zavisi od kumulativnog depoa Sr 9o u zemljištu i količine Sr 9o u padavinama u vreme rasta biljke. Ova zavisnost može se izraziti opštom jednačinom:

$$G = aD + bF$$ gde je:

G = globalna kontaminacija biljke
D = kumulativni depo Sr 9o u zemljištu
F = Sr 9o u padavinama
a i b su koeficijenti koji se u odredjenim uslovima mogu izračunati.

U vreme intenzivnih nuklearnih eksperimenata u atmosferi, direktna kontaminacija biljaka putem padavina prioritetna je u odnosu na kontaminaciju iz zemljišta preko korena, dok je u

vreme niske aktivnosti padavina situacija obrnuta.

Veličinu direktne kontaminacije biljaka uslovljava više faktora: temperatura, vlažnost, trajanje depozicije radioelemenata, koncentracija aktivnih jona, pH, debljina površinskog sloja lista, starost biljke.

Indirektna kontaminacija biljaka zavisi od apsorbovanog dela radioelemenata što je uslovljeno fiziološkim faktorima biljke i fizičko-hemijskim procesima u zemljištu.

Pošto biljka absorbuje radioelemente preko epiderma lišća ili stabla, ona takodje može da ih izgubi inverznim procesom. U slučaju kontaminacije biljaka radioelementima važno je poznavati u kojoj meri kiša ili ispiranje nekontaminiranom vodom može da redukuje radiokontaminaciju kod biljaka.

Tukey (3) je kultivisao biljke na kontaminiranoj podlozi. Lišće je zatim ispirao destilovanom vodom i utvrdio da dolazi do gubitka aktivnosti koji je pri povišenoj temperaturi eluenta veći. Svetlost za neke radioelemente ne utiče na gubitak aktivnosti (Sr 90-Y 90, ^{42}K, ^{54}Mn, ^{24}Na) a kod drugih je intenhivniji u otsustvu svetlosti (^{32}P, ^{35}S).

Isti autor je klasirao radio elemente u 3 kategorije u odnosu na mogućnost njihovog spiranja sa biljaka.

- radioizotopi koji se lako spiraju:
  ^{24}Na, ^{54}Mn

- radioizotopi koji se srednje spiraju:
  ^{45}Ca, ^{28}Mg, ^{35}S, ^{42}K, ^{90}Sr, ^{90}Y.

- radioizotopi koji se teško spiraju:
  $^{55-59}Fe$, ^{65}Zn, ^{32}P, ^{36}Cl.

Rezultati i diskusija

Na osnovu naših ranijih ispitivanja i zaključaka (4) o kontaminaciji biljaka sa Sr 90 u prirodnim uslovima, došli smo do ideje o mogućnosti spoljne dekontaminacije biljaka u odnosu na ovaj izotop.

Naši eksperimentalni podaci su pokazali da se najveći deo aktivnosti Sr 90 nalazi u lisnatom delu biljke. Zbog toga

je bilo interesantno ispitati labilnost ovog izotopa pri dejstvu vode i neutralnih vodenih rastvora soli na ovaj deo biljke. Tako smo tokom 1973.godine izvršili niz eksperimenata pranja biljaka u vodovodskoj, destilovanoj i slanoj vodi (rastvor NaCl) na sobnoj temperaturi. Mereći rezidualne aktivnosti Sr 9o u biljkama, pratili smo efekte ovog tretmana.

Uzorci zelene salate, spanaća, trave i lucerke sakupljani su sa različitih terena u SR Srbiji.

Rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tabeli 1: Rezultati pokazuju da se na ovaj način može izvršiti dekontaminacija biljaka u znatnom stepenu (2o-5o%).

Možemo zaključiti da pranje biljaka destilovanom ili vodovodskom vodom ima približno isti efekt, dok je dekontaminacija biljaka pranjem u neutralnim rastvorima soli intenzivnija, što pokazuje veći procent eliminisane aktivnosti biljke.

Ovo je u saglasnosti sa hipotezom koju daje Rittel (5) da ako se biljke ispiraju vodom u kojoj postoji rastvor soli, dolazi do izražaja proces jonske izmene, koji se vrši napr. izmedju stroncijuma na lišću i kalcijuma iz rastvora.

Eksperimentalni podaci Long-a (6) pokazuju takodje uticaj koncentracije mineralnih soli kontaminirane podloge na veličinu gubitka radioelementa spiranjem sa lišća. Ukoliko je sadržaj mineralnih soli u podlozi veći, utoliko je veći procent gubitka radioelemenata spiranjem.

Zaključak

Sa praktične tačke gledišta dekontaminacija biljaka koje se koriste za ljudsku ishranu vrši se na dva načina: spiranje putem kiše i pranjem u momentu kulinarske pripreme.

Gubici aktivnosti spiranjem kišom proporcionalni su intenzitetu kiše. Pranjem biljaka u vodovodskoj vodi takodje se gubi jedan deo aktivnosti, koji je veći ukoliko jeomogućena jonska izmena dodatkom odgovarajućih soli vodi za ispiranje. Za intenzivnije spiranje Sr 9o, dodatak kalcijuma eluentu povećao bi dekontaminaciju ovog izotopa sa biljaka. Medjutim po Wittewer-u i Teubner-u(7) postoji kompeticija izmedju tendencije radionuklida da budu apsorbovani ili eluirani, tako da je u nekim slučajevima procenat dekontaminacije biljaka vrlo mali. Preciznija istraživanja u ovom pravcu bila bi zato interesantna.

Tabela 1

Dekontaminacija biljaka pranjem u odnosu na Sr 90

Mesto	Vrsta uzorka	Sredstvo za pranje	Aktivnost(pCiSr90/kg) neopran uzorak	opran uzorak	zaostala aktivnost u biljci %
Beograd	Zelena salata	destilovana voda	27,6	13,8	5o
	-"-	vodovodska voda	27,6	13,6	49
	-"-	slana voda	27,6	8,8	32
Novi Sad	Zelena salata	vodovodska voda	4o,o	18,9	47
Beograd	Spanać	destilovana voda	41,3	3o,5	74
	-"-	vodovodska voda	41,3	35,o	85
	-"-	slana voda	41,3	28,7	69
Beograd	Crni luk	vodovodska voda	21,7	1o,1	47
Niš	Trava	destilovana voda	159,1	111,2	7o
	-"-	vodovodska voda	159,1	127,2	8o
	-"-	slana voda	159,1	64,3	4o

Literatura

(1) HOLADAY D.A., et al. Control of Radon and Daughters in Uranium Mines and Calculation on Biologic Effects ; Publ. Health Serv. no 496 (1957)

(2) PRADEL J., Contamination radioactive des travailleurs dans les mines d´ uranium , STEP, CEA France (1963)

(3) PRADEL J.,Radon protection in uranium mines ; Coll. international protection i mines d´uranium Bordeaux , France , Sept.1974

(4) HAJDUKOVIĆ D., Magistarski rad. Sveučilište Zagreb (1971)

(5) KUSNETZ H.L., Radon daughters in Mines Atmospheres. Am. Ind. Hyg. Ass. Quarterly, no 1, 17. march (1956)

(6) KUSNETZ H.L., Measurements of Radon and Rn- Daughter products in mines . HEW. , SM/41-40 , Washington , D.C. (1963)

(7) SOMAYI K.S., Evaluation of the Ventilation Rate from Decay of filter paper air samples of Thoron and Radon-Daughter . Health Phisics 6 : 136 (1961)

(8) TSIVOGLOU E.C., Quantitative Description of Successive Transformation in Atmospheric Samples . Disertation , Ohio , State Universitat (1953)

(9) HAJDUKOVIĆ D., Metodologija merenja radonovih potomaka u rudnicima urana . Zbornik radova VII simp.jugosl.druš.za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari , 22-26.Oct. str. 406-413, (1973)

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITA OD ZRAČENJA
20-23. maj 1975. Herceg Novi

EFEKTI PRANJA POVRĆA I TRAVE U CILJU DEKONTAMINACIJE BILJAKA U ODNOSU NA Sr 90

Brnović R.

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

Rezime:

Ispitivana je dekontaminacija biljaka u odnosu na Sr 90. Različito povrće, trava i lucerka kontaminirani u poljskim uslovima, ispirani su u destilovanoj, vodovodskoj i slanoj vodi (rastvor NaCl). Utvrdjeno je da je procent dekontaminacije 20-50%.

Uvod

Kontaminacija biljaka stroncijumom 90 u poljskim uslovima vrši se na dva načina: direktnom apsorpcijom Sr 9o iz vazduha i padavinama preko nadzemnog dela biljke i indirektnom apsorpcijom Sr 9o iz zemljišta korenim sistemom biljke.

Russell (1) i Rivera (2) pokazali su da globalna kontaminacija biljaka zavisi od kumulativnog depoa Sr 9o u zemljištu i količine Sr 9o u padavinama u vreme rasta biljke. Ova zavisnost može se izraziti opštom jednačinom:

$$G = aD + bF$$ gde je:

G = globalna kontaminacija biljke
D = kumulativni depo Sr 9o u zemljištu
F = Sr 9o u padavinama
a i b su koeficijenti koji se u odredjenim uslovima mogu izračunati.

U vreme intenzivnih nuklearnih eksperimenata u atmosferi, direktna kontaminacija biljaka putem padavina prioritetna je u odnosu na kontaminaciju iz zemljišta preko korena, dok je u

vreme niske aktivnosti padavina situacija obrnuta.

Veličinu direktne kontaminacije biljaka uslovljava više faktora: temperatura, vlažnost, trajanje depozicije radioelemenata, koncentracija aktivnih jona, pH, debljina površinskog sloja lista, starost biljke.

Indirektna kontaminacija biljaka zavisi od apsorbovanog dela radioelemenata što je uslovljeno fiziološkim faktorima biljke i fizičko-hemijskim procesima u zemljištu.

Pošto biljka absorbuje radioelemente preko epiderma lišća ili stabla, ona takodje može da ih izgubi inverznim procesom. U slučaju kontaminacije biljaka radioelementima važno je poznavati u kojoj meri kiša ili ispiranje nekontaminiranom vodom može da redukuje radiokontaminaciju kod biljaka.

Tukey (3) je kultivisao biljke na kontaminiranoj podlozi. Lišće je zatim ispirao destilovanom vodom i utvrdio da dolazi do gubitka aktivnosti koji je pri povišenoj temperaturi eluenta veći. Svetlost za neke radioelemente ne utiče na gubitak aktivnosti (Sr 90-Y 90, ^{42}K, ^{54}Mn, ^{24}Na) a kod drugih je intenhivniji u otsustvu svetlosti (^{32}P, ^{35}S).

Isti autor je klasirao radio elemente u 3 kategorije u odnosu na mogućnost njihovog spiranja sa biljaka.

- radioizotopi koji se lako spiraju:

  ^{24}Na, ^{54}Mn

- radioizotopi koji se srednje spiraju:

  ^{45}Ca, ^{28}Mg, ^{35}S, ^{42}K, ^{90}Sr, ^{90}Y.

- radioizotopi koji se teško spiraju:

  $^{55-59}Fe$, ^{65}Zn, ^{32}P, ^{36}Cl.

Rezultati i diskusija

Na osnovu naših ranijih ispitivanja i zaključaka (4) o kontaminaciji biljaka sa Sr 90 u prirodnim uslovima, došli smo do ideje o mogućnosti spoljne dekontaminacije biljaka u odnosu na ovaj izotop.

Naši eksperimentalni podaci su pokazali da se najveći deo aktivnosti Sr 90 nalazi u lisnatom delu biljke. Zbog toga

je bilo interesantno ispitati labilnost ovog izotopa pri dejstvu vode i neutralnih vodenih rastvora soli na ovaj deo biljke. Tako smo tokom 1973.godine izvršili niz eksperimenata pranja biljaka u vodovodskoj, destilovanoj i slanoj vodi (rastvor NaCl) na sobnoj temperaturi. Mereći rezidualne aktivnosti Sr 9o u biljkama, pratili smo efekte ovog tretmana.

Uzorci zelene salate, spanaća, trave i lucerke sakupljani su sa različitih terena u SR Srbiji.

Rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tabeli 1: Rezultati pokazuju da se na ovaj način može izvršiti dekontaminacija biljaka u znatnom stepenu (2o-5o%).

Možemo zaključiti da pranje biljaka destilovanom ili vodovodskom vodom ima približno isti efekt, dok je dekontaminacija biljaka pranjem u neutralnim rastvorima soli intenzivnija, što pokazuje veći procent eliminisane aktivnosti biljke.

Ovo je u saglasnosti sa hipotezom koju daje Rittel (5) da ako se biljke ispiraju vodom u kojoj postoji rastvor soli, dolazi do izražaja proces jonske izmene, koji se vrši napr. izmedju stroncijuma na lišću i kalcijuma iz rastvora.

Eksperimentalni podaci Long-a (6) pokazuju takodje uticaj koncentracije mineralnih soli kontaminirane podloge na veličinu gubitka radioelementa spiranjem sa lišća. Ukoliko je sadržaj mineralnih soli u podlozi veći, utoliko je veći procent gubitka radioelemenata spiranjem.

Zaključak

Sa praktične tačke gledišta dekontaminacija biljaka koje se koriste za ljudsku ishranu vrši se na dva načina: spiranje putem kiše i pranjem u momentu kulinarske pripreme.

Gubici aktivnosti spiranjem kišom proporcionalni su intenzitetu kiše. Pranjem biljaka u vodovodskoj vodi takodje se gubi jedan deo aktivnosti, koji je veći ukoliko jeomogućena jonska izmena dodatkom odgovarajućih soli vodi za ispiranje. Za intenzivnije spiranje Sr 9o, dodatak kalcijuma eluentu povećao bi dekontaminaciju ovog izotopa sa biljaka. Medjutim po Wittewer-u i Teubner-u(7) postoji kompeticija izmedju tendencije radionuklida da budu apsorbovani ili eluirani, tako da je u nekim slučajevima procenat dekontaminacije biljaka vrlo mali. Preciznija istraživanja u ovom pravcu bila bi zato interesantna.

Tabela 1

Dekontaminacija biljaka pranjem u odnosu na Sr 90

Mesto	Vrsta uzorka	Sredstvo za pranje	Aktivnost(pCiSr90/kg) neopran uzorak	opran uzorak	zaostala aktivnost u biljci %
Beograd	Zelena salata	destilovana voda	27,6	13,8	5o
	-"-	vodovodska voda	27,6	13,6	49
	-"-	slana voda	27,6	8,8	32
Novi Sad	Zelena salata	vodovodska voda	4o,o	18,9	47
Beograd	Spanać	destilovana voda	41,3	3o,5	74
	-"-	vodovodska voda	41,3	35,o	85
	-"-	slana voda	41,3	28,7	69
Beograd	Crni luk	vodovodska voda	21,7	1o,1	47
Niš	Trava	destilovana voda	159,1	111,2	7o
	-"-	vodovodska voda	159,1	127,2	8o
	-"-	slana voda	159,1	64,3	4o

Mesto	Vrsta uzorka	Sredstvo za pranje
Novi Sad	Trava	Vodovodska voda
Novi Sad	Lucerka	Destilovana voda
	-"-	Vodovodska voda
	-"-	Slana voda
Niš	Lucerka	destilovana voda
	-"-	vodovodska voda
	-"-	slana voda

Nastavak tab. 1

Aktivnost(pCiSr90/kg) neopran uzorak	opran uzorakk	zaostala aktivnost u biljci %
82,3	68,4	83
453,3	3o7,9	68
453,3	432,6	95
453,3	266,4	59
2o7,5	177,4	85
2o7,5	2o4,4	98
2o7,5	15o,9	73

RINSING EFFECTS OF Sr 90 DECONTAMINATION OF VEGETABLES AND GRASS

R.Brnović
Institute of Ocoupational and Radiological Health "Dr Dragomir Karajović" Beograd

Summary:

Investigation of Sr 90 dekontamination of plants was effectuated. Different vegetables and grass contaminated in field condition were rinsed in distilated and tap water and salt water. Percent of decontamination was found to be 20-50%.

Literatura

1. Russell, S.R., : Nature (1958), 182, 834-839
2. Rivera, J., : Science (1961), 133,755-756
3. Tukey H.B., Wittwer S.H. In: Radioisotops in Scientific research (Pergamon Press) 1958
4. Brnović, R.: Magistarski rad, 1973
5. Bittel, R., Clement, J.L., : CEA, No 53, 1965
6. Long W. G., and al: Science (1956), 123,1o39-1o4o
7. Wittwer S.H., Teubner F.G.,: Ann. Rev. Physiol. (1959), 1o,13-32

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITA OD ZRAČENJA
20-23. maj. 1975, Herceg Novi

DEKONTAMINACIJA PODA OD SINTETIKE SA VISOKOEKSPANZIVNOM PENOM

D. Petrović
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
SR Srbije "Dr Dragomir Karajović" - Beograd

Rezime

Razvijena je jednostavna metoda za dekontaminaciju podova od sintetike pomocu visoko-ekspanzivne pene. Autor daje faktore dekontaminacije za J 131 u rastvoru NaJ_2. Neophodna oprema i zaštita radnika koji izvode dekontaminaciju su dati.

Na teritoriji SR Srbije imamo već oko 20 laboratorija koje primenjuju radioaktivni jod u dijagnostičke i terapiske svrhe. Pri ovakvoj primeni na humanom materijalu veoma je mogućno da dodje do radioaktivne kontaminacije prostorija i površina. Zbog toga smo pristupili razradi jedne lako izvodljive metode za dekontaminaciju podova od sintetike. Ovakva metoda, koja je lako izvodljiva i sa nekvalifikovanom radnom snagom, sa opremom koja se može dobiti u Jugoslaviji i sa minimalnim opasnostima kontaminacije za radnike koji izvode ovakvu vrstu posla.

Način kontaminacije poda: Pod od sintetike je kontaminiran u našoj laboratoriji sa J^{131} 10 mCi u rastvoru NaJ2 (50 ml 4.10^{-2}/u rastvora). Površina direktno kontaminiranog poda je iznosila 8700 cm^2, a sekundarno je kontaminirano još 1600 cm^2, što ukupno iznosi 10.300 cm^2 kontaminirane površine.

Prvobitno kontaminirana površina je ostavljena 3 h da se osuši, a sekundarno kontaminirana površina (1500 cm^2) je bila vlažna i pre početka rada sakupljana je tečna faza kontaminanta. Merenje i uzimanje brisa je vršeno pre sakupljanja tečne faze.

Način merenja: Celim tokom rada, od prosipanja kontaminanta do završetka dekontaminacije vršeno je kontinualno merenje radioaktivnosti vazduha pomoću diferencijalne komore TIP D-2, pisača "NECI" i predpojačivača MOS-FET-5.

Merenje kontaminirane površine je vršeno metodom brisa. Bris je uzimanje sa vatom i alkoholom sa površine od 40,5 cm^2 (4,5 x 9,o cm) pomoću šablona. Ovako uzeti uzorci mereni su u plastičnim kutijama na fotomultiplikatoru sa beta-scintilatorom na skaleru STV-1 proizvodnje Instituta "Boris Kidrič".

Sa gama monitorom SGM 29 merena je brzina doze na 1o cm od poda i date su vrednosti u R/h, odnosno mR/h.

Kontinualna merenja vazduha nisu pokazala nikakvo povećanje aktivnosti J^{131} u vazduhu u toku celokupnog tretmana.

Način rada: Dekontaminacija je izvodjena sa postojećom opremom u laboratoriji za dekontaminaciju Instituta za medicinu rada i Radiološku zaštitu SR Srbije. "Dr Dragomir Karajović" u Beogradu. Rastvor za dekontaminaciju je bio 5% rastvor visokoekspanzivne pene (zapremine 6 l) uz dodatak 2o gr natrijum tiosulfata (1). Korišćen je uredjaj sa rotacionom četkom i rezervoarom za rastvor (korišćen je pomenuti rastvor visoko-ekspanzivne pene) firme BELLANGER- JAMET iz Francuske i sakupljač prljave vode od iste firme. Napominjemo da ove uredjaje danas možemo nabaviti i u Jugoslaviji.

Postupak je izvršen dva puta sa uzimanjem uzoraka i merenjima tokom celog postupka. Prethodno je tečna faza na jednom delu kontaminirane površine sakupljena sa fatom, a zatim sproveden postupak za dekontaminaciju.

Radnik koji je izvodio dekontaminaciju imao je radno odelo (bluza i pantalone), gumene čizme preko kojih su bile navučene najlon kese i na rukama zaštitne rukavice. U pripravnosti je imao zaštitnu masku sa bocom vazduha ukoliko dodje do povećanja radioaktivnosti u vazduhu.

Radnik koji je vršio merenje imao je samo haštitni mantil bez drugih sredstava za zaštitu.

Naši rezultati: Postupak dekontaminacije je sproveden 2 puta. Pre početka dekontaminacije i izmedju pojedinih postupaka vršena su merenja metodom brisa i pomoću gama monitora. U toku celog

vremena trajanja postupka kontinualnom metodom merena je radioaktivnost vazduha.

Rezultate smo prikazali kao faktore dekontaminacije u toku pojedinačnog postupka (na tabeli I i II postupak dekontaminacije) i ukupan faktor dekontaminacije dobijene odredjenim načinom merenja (na tabeli ukupan F.D.).

Na tabeli 1 imamo faktore dekontaminacije (F.D.) na osnovu merenja metodom brisa. Vidimo da je u I postupku dekontaminacije najveći deo kontaminanta skinut. Na pojedinim mestima ((tačka 3) gde je faktor dekontaminacije mali došlo je do sekundarne kontaminacije u toku postupka. Naime na tome mestu je prvobitna kontaminacija bila niža, a tokom postupka je dolazilo do izjednačavanja nivoa kontaminacije. Vidimo da je u II postupku F.D. prilično izjednačen. Ukupan F.D. i gledano pojedinačno na odredjenim tačkama i kao srednju vrednost je veoma visok i daje ovoj metodi značajnu prednost u odnosu na ostale metode.

Na tabeli 2 su dati dobijeni merenjima pomoću gama-monitora (brzina doze). Vidimo da su ovako dobijeni F.D. manji. Ovo tumačimo time, što je prvobitna kontaminacija bila tačkasta, dok je u toku postupka došlo do razmazivanja kontaminanta ravnomernije na celu kontaminiranu površinu.

Ukupan F.D. je takodje dosta visok, kao i njegova srednja vrednost.

Na tabeli 3 prikazujemo povećanje osnovne aktivnosti kontaminirane površine merene metodom brisa. Vidimo da nigde osnovna aktivnost ne prelazi 10 puta. Ovo ukazuje da je ova metoda sasvim zadovoljavajuća kao postupak za dekontaminaciju.

Na tabeli 4. imamo povećanje brzine doze na pojedinim tačkama. Iako povećane brzine doza na pojedinim tačkama, s obzirom da je u pitanju radioaktivni jod ova brzina doza se toleriše. Tačka 1 i 2 su bile u blizini slivnika, koji je zbog reljefne strukture bilo teško dekontaminirati.

Naponinjemo, kao izvanrednu prednost ove metode, što nije došlo do oticanje rastvora, već je on u obliku pene bio sakupljen pomoću sakupljača prljave vode.

Na tabeli 5. su data merenja kontaminacije radnika koji su izvodili ovaj postupak. Odmah pada u oči da kod radnika,koji je

TAB. 1

F.D. prema merenjima metodom brisa

Tačka merenja	I F.D.	II F.D.	Ukupan F.D.
1.	238	25	6.160
2.	940	18	17.816
3.	11	22	285
4.	115	11	1.371
5.	126	14	1.930
6.	259	10	2.869
7.	468	16	8.108
Srednja vrednost	308	16	5.505

TAB. 2

F.D. prema merenjima gama - monitorom
(brzina doze)

Tačka merenja	I F.D.	II F.D.	Ukupan F.D.
1.	6	3,8	23
2.	20	4	80
3.	15,0	3,3	50
4.	18,7	3,1	80
5.	15,0	5,0	100
6.	15,0	3,3	50
7.	11,1	4,5	50
Srednja vrednost	14,4	3,8	61

TAB. 3

Povećanje spontane posle dekontaminacije (f)
- merenja metodom brisa -

Tačka merenja	Uzorak	$f = \frac{\text{uzorak}}{\text{spontana akt.}}$
1.	1337	2,9
2.	1023	2,2
3.	733	1,6
4.	3039	6,6
5.	1701	3,7
6.	1625	3,5
7.	586	1,2

Spontana 455 imp/min.

TAB.4

Povećanje osnovne doze posle dekontaminacije (f)
- merenje gama monitorom-

Tačka merenja	Uzorak mR/h	$F = \frac{\text{uzorak}}{\text{osnovnu dozu}}$
1.	1,3	52
2.	0,5	20
3.	0,3	12
4.	0,25	10
5.	0,2	8
6.	0,3	12
7.	0,2	8

Osnovna doza 0,025 mR/h

TAB..5

Kontaminacija radnika koji su izvodili opisani postupak
-dato u mR/h -
osnovna brzina doze 0,02 mR/h

Deo tela, odeće	Radnik koji je vršio dekont.	Radnik koji je vršio merenja
Kosa	0,02	0,02
U predelu štitne žlezde	0,02	0,02
Šake	0,025	0,06
Površina mantila	0,02	0,03
Cipele:		
- gornji deo	0,02	0,02
- djonovi	0,02	0,04
- pete	0,02	0,02

izvodio ovaj postupak nije došlo do kontaminacije nijednog dela odeće ni tela, kao ni obuće.Kod radnika koji je vršio merenja u manjoj meri je došlo do kontaminacije ruku, džepa na mantilu (od olovke) i cipela. Napominjemo da je ovaj radnik od zaštitnih sredstava imao samo mantil.

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata i iznetih podataka možemo smatrati postupak za dekontaminaciju sintetičkih podova opisanom metodom sasvim pogodan i lako izvodljiv.

Za ovakav postupak karakteristično je da je potrebna minimalna oprema,da je dobijena mala zapremina radioaktivnog otpadka i dobijeni visoki faktori dekontaminacije. Opasnost od rasturanja radioaktivnog otpadka u tečnoj fazi je veoma velika, dok je u obliku pene smanjena.

Opasnost od kontaminacije radnika koji izvode opisani postupak je neznatna.

Literatura:

1. Petrović,D; Djurić D.: Sorpcija gasova i čestica u visokoekspanzivnoj peni.
Radovi VII Jugoslovenskog simpozijuma zaštita od zračenja, Kaštel Stari, okt. 1973, str.361.

VIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITA OD ZRAČENJA
20-23 maj 1975.,Herceg Novi

DEKONTAMINACIJA VAZDUHA POMOĆU VISOKO-EKSPANZIVNE PENE

D. Petrović
Institut za medicinu rada i Radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" - Beograd

Rezime

Dati su rezultati svetskih i vlastitih istraživanja na polju dekontaminacije vazduha pomoću visoko-ekspanzivne pene. Utvrdjena je mogućnost sakupljanja kontaminanta iz odredjenog prostora i njegovo sprečavanje širenja u prostor pomoću visoko-ekspanzivne pene. Mogućnost obaranja prašine u rudnicima i prečišćavanje otpadnih gasova u industriji pomoću visoko-ekspanzivne pene je spomenuta.

Uvod

U sadašnjim uslovima koji vladaju u rudnicima u pojedinim radnim mestima u industriji, koncentracije štetnih gasova i aerosola su ili na nivou MDK, ili iznad njih (1). Svako dalje povećanje proizvodnje, bez rešavanje problema štetnih gasova i aerosola, dovodi do pogoršavanja već postojećih loših uslova.Poseban problem u industriji pretstavljaju akcidenti, kada dolazi do ugrožavanja i šireg područja životne sredine.

Cilj naših razmatranja, koje ćemo ovde izneti, je da nadjemo mogućnost uklanjanja kontaminanta iz prostora, odnosno sprečavanje njegovog širenja u prostoru pomoću visoko-ekspanzivne pene.

Prepreku široj i trajnijoj primeni postupanja i metoda za obaranje prašine i vezivanje gasova, mogu pretstavljati eventualni toksikološki, odnosno alergijski efekti pojedinih komponenti.

Način vezivanja kontaminanta:

Pre izvesnog vremena u literaturi se pojavio predlog (2) da se preteći kontaminanti pri odredjenom akcidentu u prostoru uklanjaju ispunjavanjem tog prostora sa visoko-ekspanzivnom penom, koja ih difuzijom može sakupiti.

Matematička analiza ovog procesa je izvršena na osnovu izračunavanja difuzije radioaktivnih čestica i gasova u sferu-mehur pene (3). Efikasnost ovakvog procesa zavisi u prvom redu od povratnog (parcijalnog) pritiska kontaminanta.

Po našem shvatanju proces dekontaminacije pomoću visoko-ekspanzivne pene predstavlja višefazni sistem za eliminisanje kontaminanta iz vazduha. U ovom višefaznom sistemu moguće faze su:

- difuzija kontaminanta u mehur pene - gasnu fazu sistema,
- difuzija kontaminanta u sloj pene - oblogu mehura, tečnu fazu sistema,
- fizičko-hemijske reakcije u gasnoj i tečnoj fazi sistema i na njihovoj granici,
- eluiranje kontaminanta.

Prve dve faze su od praktičnog značaja kao mogućnost dekontaminacije pomoću ovakvog sistema i sprečavanje povratne difuzije kontaminata. Pored ovoga od značaja je poznavanje fizičko-hemijskih reakcija na granici tečne i gasne faze.

Ovo je od interesa prilikom kvašenja čestica i njihovog obaranja mokrim putem.

Poslednja faza je značajna kao mogućnost izdvajanja kontaminanta u toku procesa dekontaminacije, kao i narušavanje već postignute ravnoteže u sistemu, a samim tim i uspešnog završetka dekontaminacionog postupka.

Rezultati istraživanja:

Rezultate istraživanja ćemo izneti hronološkim redom, razume se samo ona koja su od interesa za praktičnu primenu. Autori TAUBMAN i NIKITINOJ (4) preporučuju jednostavnu metodu za sipitivanje sposobnosti kvašenja odredjene prašine sa rastvorima. Primena rastvora za kvašenje naročito sa pokazala u rudnicima uglja. Tako najefikasniji rastvor DB snižava zaprašenost pri bušenju (4) u rudniku Krivbas u SSSR-u 1,4 - 1,7 puta. Naši rezultati (5) pokazuju da rastvor ekstrata visoko-ekspanzivne pene ima sposobnost kvašenja ugljene prašine veću 5 puta od čiste vode.

Prema izveštajima medjunarodne organizacije (6) rastvore za kvašenje u rudnicima koriste Kanada, Indija, Čehoslovačka, Japan, Portugalija, Engleska i SAD. Primena ovih rastvora je ili u fazi ispitivanja ili je već regulisana propisima.

Investicije u rudnicima radi prelaska na bušenje sa rastvorima su neznatne, a ispitivanje sposobnosti kvašenja prašine

odabranih rastvora je moguće u našem Institutu metodom koju je preporučila Akademija nauka SSSR-a (4). Najveći deo posla su neophodna merenja radi utvrdjivanja smanjenja zaprašenosti u realnim uslovima primenom rastvora za kvašenje. Medjutim ovo prelazi okvire ovog rada, pa se nećemo upuštati u šira razmatranja.

Istraživanja sovjetskih autora bila su posvećana izučavanju mogućnosti prečišćavanja otpadnih gasova i aerosola u industriji. Njihovi radovi su bili posebno posvećeni proučavanju prečišćavanja aerosola pomoću pene. Uredjaj sa penom LTI (7) je jednostavan za izradu i efikasan čije dimenzije, cena pretstavljaju veliku prednost u odnosu na druge uredjaje. Pri brzini vazduha od 2 m^3/sec i visini pene od loo mm na rešetki uredjaja 99,67% prašine je zadržano. Prašina je merena gravimetriski (gr/m^3).

TABELA 1.

Prečnik čestice (/u)	Zapremina čestice (cm^3)	Brzina sedimentacije čestica u vazduhu (9) (cm/sec)
100	$4,2 \cdot 10^{-6}$	90,o
5o	$5 \cdot 10^{-7}$	47,o
25	$6,5 \cdot 10^{-8}$	15,o
20	$3,4 \cdot 10^{-8}$	11,5
10	$0,4 \cdot 10^{-8}$	3,0
5	$0,5 \cdot 10^{-9}$	0,7
2,5	$0,6 \cdot 10^{-10}$	0,18
1	$0,4 \cdot 10^{-11}$	0,o3
0,5	$0,5 \cdot 10^{-12}$	0,01
0,1	$0,06 \cdot 10^{-12}$	-

Nedostatak ovih merenja, sa aspekta zaštite zdravlja stanovništva što ne daje podatke o uklanjanju čestica prečnika ispod 5 mikrona. Naime prema podacima (8,9) čestice ispod 5 mikrona su opasne po zdravlje, pošto pri udisanju prodiru u organizam. Čestice prečnika većeg od 5 mikrona ne ulaze u pluća čoveka.prilikom disanja. Iz tabele 1 vidimo da čestice ispod 5 mikrona zapremino (a takodje i težinski) pretstavljaju mali procentualni deo celokupne prašine koja se može naći u vazduhu. Brzina sedimentacije ukazuje da se krupne čestice ovim putem brže uklanjaju iz vazduha. Ukoliko postoji dezintegracija krupnih čestica ona mora biti jako

velika da za kratko vreme da neki efekat. Medjutim kod krupnih čestica ovaj efekat u literaturi nije opisan.

Naši rezultati (1o) pokazuju da u realnim uslovima rada u rudniku, prilikom miniranja, moguće smanjiti zaprašenost oko 50% i to baš kod čestica prečnika ispod 5 mikrona. Težinska merenja - mg/m^3 daju smanjenje zaprašenosti i preko 80% (1o).

Naše mišljenje je da uklanjanje čestica prašine iz otpadnih gasova u industriji i obaranje prašine u rudnicima može se smatrati efikasnim samo ako pokaže efikasnost i za čestice prečnika ispod 5 mikrona. U protivnom dobijaćemo visoke procente uklanjanja prašine iz vazduha, ali stvarnog poboljšanja neće biti.

Mogućnost uklanjanja prašine i gasova u fabričkim dimnjacima je predmet naših istraživanja i to kako pomoću uredjaja sa visoko ekspanzivnom penom takodje i pomoću pranja rastvorima otpadnih gasova sa odredjenim rastvorom. Ovaj način se danas upotrebljava bilo samostalno, bilo u zajednici sa odredjenim filtrima. Njegova prednost je efikasnost i kod čestica prečnika ispod 5 mikrona.

Uredjaji sa visoko ekspanzivnom penom pri brzini protoka od 1,o do 2,5 m/sec imaju otpor od oko 3o mm/vodenog stuba (11).

U akcidentalnim uslovima visoko-ekspanzivna pena nije ispitivana. U laboratoriskim uslovima smo ispitivali mogućnost ove dekontaminacije pomoću visoko-ekspanzivne pene. Naši rezultati(5) ukazuju da je moguće dekontaminirati odredjeni prostor, ispunjavanjem toga prostora ili jednog dela prostora sa visoko-ekspanzivnom penom. S druge strane naši rezultati pokazuju (12) da je moguće sprečiti širenje kontaminata u prostor prepokrivanjem izvora sa visoko-ekspanzivnom penom.

U oba navedena slučaja inertni gasovi (radon) se mogu jednostavnim procesom difuzije sakupiti iz prostora, odnosno u toku odredjenog vremena sprečiti da difunduju u prostor. Medjutim po završenom postupku oni se ponovo oslobadjaju (prilikom obaranja pene) i vraćaju u prostor. Hemiski aktivni gasovi se mogu trajno sakupiti iz odredjenog prostora ili trajno sprečiti da difunduju u prostor pomoću visoko-ekspanzivne pene (5,12).

U našem godišnjem izveštaju razmotrili smo mogućnost smanjenja opasnosti po širu okolinu u slučaju nuklearnog incidenta (požar na nuklearnom reaktoru) (13) ili kod požara sa oslobadja-

njem štetnih gasova (14). Naime danas postoje uredjaji, koji se mogu nabaviti i proizvesti u našoj zemlji koji mogu da naprave 2oo i 4oo m^3/min visoko-ekspanzivne pene. U svetu postoje uredjaji i nalaze se u prodaji koji mogu da naprave i 1 km^3/min pene. Na osnovu ovih podataka (5, 15) i naših rezultata (5,10, 12, 13, 14) mi smo razmotrili mogućnost sprečavanja širenja kontaminata u prostor pomoću visoko ekspanzivne pene. Smatramo da je ova mogućnost sasvim realna i dalja naša istraživanja će biti posvećena tom problemu.

Zaključak

Na osnovu iznetih rezultata laboratorijskih istraživanja smatramo da je u potpunosti moguće sprečiti širenje kontaminata u prostor ili ga sakupiti iz odredjenog prostora procesom difuzije.

Zahvaljujući agregatima za proizvodnju visoko-ekspanzivne pene primena ovih rezultata u stvarnim uslovima je tehnički izvodljiva. Pod ovim podrazumevamo sakupljanje kontaminata iz velikih proizvodnih hala, hodnika, tunela itd. i sprečavanje širenja kontaminata u prostor prepokrivanjem mogućih izvora (skladišta, hala, tunela).

Primena rastvora za kvašenje čestica prašine se danas već uveliko koristi i u potpunosti je izvodljiv.

Od posebnog interesa je mogućnost primene prečišćavanja otpadnih gasova pomoću uredjaja sa visoko-ekspanzivnom penom. Njihova prednost je u tome što su efikasni i kod čestica sa malim prečnikom (ispod 5 mikrona), koje su respiratorne.

Ujedno predlažemo da se puštanje u rad filtera i drugih uredjaja za prečišćavanje vazduha uslovi njihovim atestom o efikasnosti prečišćavanja respirabilnih čestica prečnika ispod 5 mikrona.

AIR DEKONTAMINATION BY HIGH - EXPANSION, FOAM

D. Petrović

Institute of Occupational and Radiological
Health "Dr Dragomir Karajović" - Beograd

Summary

Author is reviwing own and literature data on investigation of the decontamination of air using high-expansion foam. Author established that good possibility exist in removing various contaminants from space following incident. The prevention of emission of contaminants into free space by high-expansion foam is also discused.

The removal of dust in the mine and filtration system in industry by high-expansion foam is mentioned.

Literatura

1. Ahel, I.; Ivanović, Đ.: Ispitivanje mogućnosti primene kompleksne tehničke zaštite od mineralne prašine na primeru rudnika "Trepča" - Stari Trg. Medjunarodna konferencija o prašini u rudarstvu i metalurgiji, Beograd 15-19 12.1970.

2. Yoder, R.E. and Silverman, L: Foam Suppresion of Radioactive Iodine and particulates, TID - 7677, pp 297-316 (Oct. 22-25, 1963)

3. Jury, S.H.: Foam decontamination of air contamining radioactive iodine and particulates following a nuclear incident, contract W - 7405-eng -26, Oct. 1966.

4. Taubman, A.B. i Nikitinoj, S.A.: Fizičko-hemičeskoe issledovanie smačivatelej, primenjajuščihsja pri pileulavlivanii. S.B. "Borba s silikozom, t-2, Izd.vo AN SSSR, 1955

5. Petrović, D, Djurić , D. ; Sorpcija gasova i čestica u visoko-ekspanzivnoj peni. Radovi VII Jugoslovenskog simpozijuma zaštita od zračenja, Kaštel Stari, okt.1973, Str. 361

6. Third International Report of the prevention and suppression of dust in mining, tunnelling and quarrying. International Labour Office, Geneva, 1966 pp. 218-220.

7. Pozin, N.E.; Muhlepov, I.N. i Tarin, E.J.: Pennij sposob očistki gaza ot pali. Trudi Leningradskogo tehnologičeskogo instituta, vip. XXVI.1954.

8. Oblishiski, B.J.. and Me Eloroy, F.E: Fundamentals of Industrial Hygiene. Ed. by National Safety Council, Chicago, III. 6o611,pp 1o8.

9. Spurny, K.; Jech, Č.; Sedlaček, B.; Štorch, O.: Aerosoly, Statni nakladatelstvi technicke literatury, Praha 1961, str.43 i 87

1o. Petrović D.; Panov, D.; Ispitivanje sredstva za gašenje požara u pogledu sorpcije radioaktivnih i drugih štetnih supstancija.
Radovi VI Jugoslovenskog simpozijuma - zaštita od jonizujućih zračenja 25-28 april 1972, Ohrid

11. Pozin, N.E.; Muhlepov, I.N.; Tarin, E.J.: Penij sposob očistki gazov ot pali, dima i tumana, Izd-vo Goshimizdat 1953, str.19.

12. Izveštaj po ugovoru br.45o-26/74-02- Zaštita od jonizujućih zračenja, Beograd, 1974, str.88

13. Izveštaj po ugovoru br.450-26/74-02. Zaštita od jonizujućih zračenja Beograd, 1974, Aneks 1, str.1o6.

14. Izveštaj po ugovoru br.450-26/74-02. Zaštita od jonizujućih zračenja, Beograd,1974, Aneks 2, str.108

15. Petrović, D.; Panov, D.: Korišćenje pomoćnih sredstava u akcidentalnim slučajevima radioaktivne kontaminacije. Radovi V Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Bled, 6-9 okt.1970, Nr/4o.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20-23.maj 1975.

M.Zarić, A.Matijašić, R.Radosavljević, T.Tasovac
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

UTICAJ TEMPERATURE NA KONTAMINACIJU ALUMINIJUMA, NERDJAJUĆEG ČELIKA I SPREGA ALUMINIJUM-NERDJAJUĆI ČELIK

Prikazani su rezultati ispitivanja kontaminacije navedenih metala sa Co^{60} na različitim temperaturama. Dobijeni rezultati ukazuju na eksponencijalnu zavisnost kontaminacije od temperature kao i da su procesi kontaminacije isti za nespregnute i spregnute metale.

Uvod

U ranijim radovima o procesima kontaminacije metala i njihovih spregova[1,2] posmatran je uticaj pH vrednosti rastvora kontaminanta na visinu kontaminacije kao i relacije aktuelni potencijali metala i struje sprega-kontaminacija. Iz navedenih ispitivanja se moglo zaključiti da na procese kontaminacije utiču ne samo pojave adsorpcije nego takodje i elektrohemijski faktori na metalnim površinama odnosno galvanski efekti.

Radi daljeg proučavanja navedenih pojava pristupilo se ispitivanju uticaja temperature na kontaminaciju metala i njihovih spregova.

Ispitivanja su izvršena na aluminijumu, nerdjajućem čeliku i spregu aluminijum-nerdjajući čelik.

Eksperiment

Podaci o upotrebljenim metalima, pripremi uzoraka, aparaturi i tehnici rada, dati su u ranijem radu.[2]

Za kontaminaciju površina upotrebljavan je Co^{60} sa nosačem u obliku $Co/NO_3/_2$ u rastvoru azotne kiseline, sa specifičnom aktivnošću od 23 Ci/gr Co. Od navedenog rastvora pravljeni su rastvori za kon-

taminaciju kod kojih je nominalna koncentracija kobalta bila 2.8×10^{-8}M a merena aktivnost oko 4.000 i/ml min.

U toku ispitivanja mereni su: kontaminacija uzoraka, potencijali uzoraka u odnosu na zasićenu kalomelovu elektrodu i struje sprega.

Sva ispitivanja izvršena su u rastvorima kontaminanta sa pH 7, koji je podešavan sa rastvorima natrijumhidroksida a temperatura na kojima su ispitivanja vršena iznosile su 22,40,60 i 80°C. Vreme ispitivanja za svaki pojedinačan slučaj iznosilo je trideset minuta.

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati prikazani su na slikama br.1-5 i u tablici br.1. Kontaminacija, izmerena na kraju ogleda i izražena brojem impulsa po uzorku, data je u obliku histograma za metale koji nisu bili u spregu i za spregnute metale. Uporedo sa kontaminacijom, na istim dijagramima, prikazana je vremenska zavisnost potencijala samih metala i metala u spregu dok su vrednosti struje sprega navedene u tablici br.1. Upotrebljene su skraćene oznake za aluminijum-Al i za nerdjajući čelik-NČ.

Kontaminacija ispitivanih metala, samih ili u spregu, povećava se sa temperaturom. Porast kontaminacije po pravilu je praćen /ili izazvan/ pomeranjem aktuelnih potencijala metala ka negativnijim vrednostima, kao što se može videti sa slika br. 1-4.

Posmatranjem krivih potencijala-vreme za aluminijum, slika br.1., kod ispitivanih temperatura, može se zaključiti, da samo na temperaturi od 22°C dolazi do normalne pasivizacije površine tj. do stvaranja oksihidratnih filmova; na temperaturi od 40°C, takođe dolazi do pasivizacije ali uz kratkotrajnu aktivaciju /između prvog i trećeg minuta/. Na temperaturama 60 i 80°C, posle inicijalne pasivizacije (do jednog minuta) može se registrovati aktivacija površine aluminijuma, koja se manifestuje pomeranjem potencijala ka negativnijim vrednostima.

Ovakvo ponašanje aluminijuma predstavlja još jedan doprinos predpostavci da kontaminacija aluminijuma nije samo posledica adsorpcije kontaminanta na oksihidratnim i oksidnim filmovima koji nastaju na aluminijumu.[2./]

Krive potencijal-vreme za nerdjajući čelik, slika br.2, imaju znatno pozitivnije vrednosti i ukazuju da se nerdjajući čelik

nalazi u pasivnom stanju. Na temperaturama 60° i 80°C, u toku prvog minuta, može se registrovati kratkotrajna tendencija ka aktivaciji površina.

Visne kontaminacije aluminijuma i nerdjajućeg čelika kvalitativno se mogu povezati sa nadjenim vrednostima potencijala za jedan i drugi metal.

Sprezanjem aluminijuma sa nerdjajućim čelikom dolazi do očekivanog pomeranja potencijala aluminijuma ka pozitivnijim vrednostima i potencijala nerdjajućeg čelika ka negativnijim vrednostima, slike br.3 i 4. Isto tako dolazi do smanjenja kontaminacije aluminijuma odnosno do povećanja kontaminacije nerdjajućeg čelika u odnosu na metale koji nisu bili u spregu, slike br.3 i 4. U ovom slučaju može se zapaziti kvalitativna relacija izmedju kontaminacije, potencijala metala i struje sprega. Naime, struje sprega takodje se povećava sa porastom temperature. Vrednosti struja sprega prikazane su u tablici br.1.

Posmatrajući visinu kontaminacije kao funkciju temperature i pored nedovoljne statističke težine raspoloživih podataka, izgleda da se kontaminacija povećava eksponencijalno, što bi se moglo zaključiti iz dijagrama na slici br.5. Za ispitivani sistem bi se ta zavisnost mogla predstaviti izrazom izopikne:

$$\text{Kontaminacija/uzorak} = K \cdot /t^{o}C/^{A}$$

pri čemu je eksponent za oba ispitivana metala kako sama tako i u spregu jednak tj. A=2.41 dok bi izračunate vrednosti za K iznosile:

za aluminijum	K=0.259
za nerdjajući čelik	K=0.155
za aluminijum-spreg	K=0.098
za nerdjajući čelik--spreg	K=0.575

Medjusobni odnosi pravih u primenjenom log/log sistemu, koji se odnose na zavisnost kontaminacije od temperature za aluminijum, nerdjajući čelik i oba metala u spregu, slika br.5., mogli bi takodje da indiciraju identičnost procesa kontaminacije na nespregnutim i spregnutim metalima.

Zaključak

Prikazani rezultati i ako preliminarni, dozvoljavaju da

se zaključi da se kontaminacija u ispitivanom sistemu povećava sa temperaturom i da su promene kontaminacije u nekoj odredjenoj relaciji sa potencijalima metala odnosno i strujom sprega kdo spregnutih metala.

Sa odredjenim stepenom sigurnosti može se predpostaviti da se kontaminacija metala na ispitivanim temperaturama povećava eksponencijalno i da su procesi kontaminacije isti za nespregnute i spregnute metale.

Radi donošenja definitivnih zaključaka potrebno je još eksperimentalnog materijala.

TEMPERATURE EFFECT ON THE CONTAMINATION OF ALUMINUM, STAINLESS STEELL AND ALUMINUM-STAINLESS STEEL COUPLE

S U M M A R Y

The results of the investigation of the contamination for cited metals with Co^{60} et various temperatures are given. Results obtained point out the exponential dependance of the contamination with the temperature as well that the contamination processes are the same for non-coupled and coupled metals.

Literatura

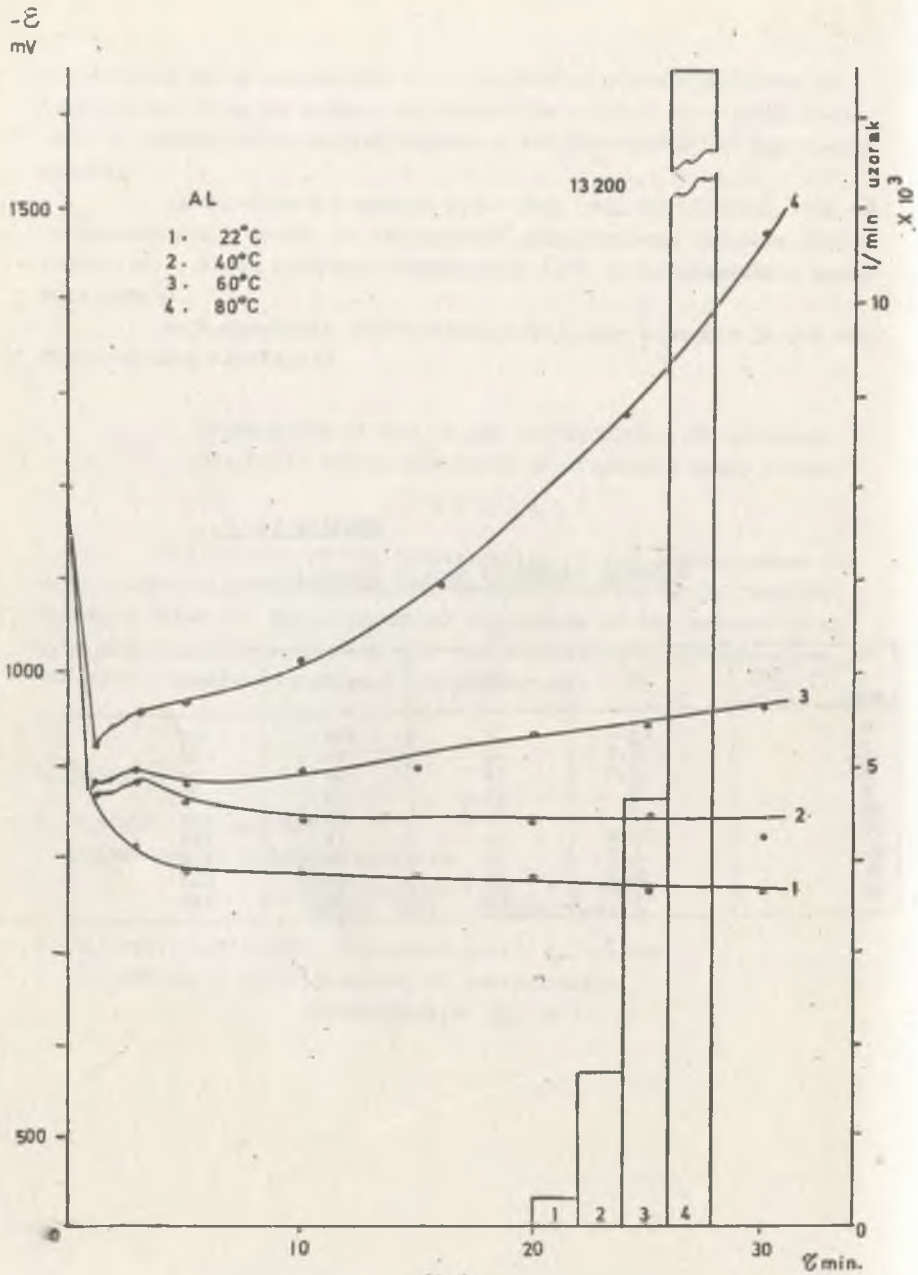
1. M.Zarić, A.Matijašić
Kontaminacija metalnih spregova
VI Jug.simpozijum o rad.zaštiti
Ohrid, 1972., Zbornik radova

2. M.Zarić, A.Matijašić, R.Radosavljević, T.Tašovac
The Effect of Metal Coupling on Contamination
Isotopenpraxis 10, 1974., 1.

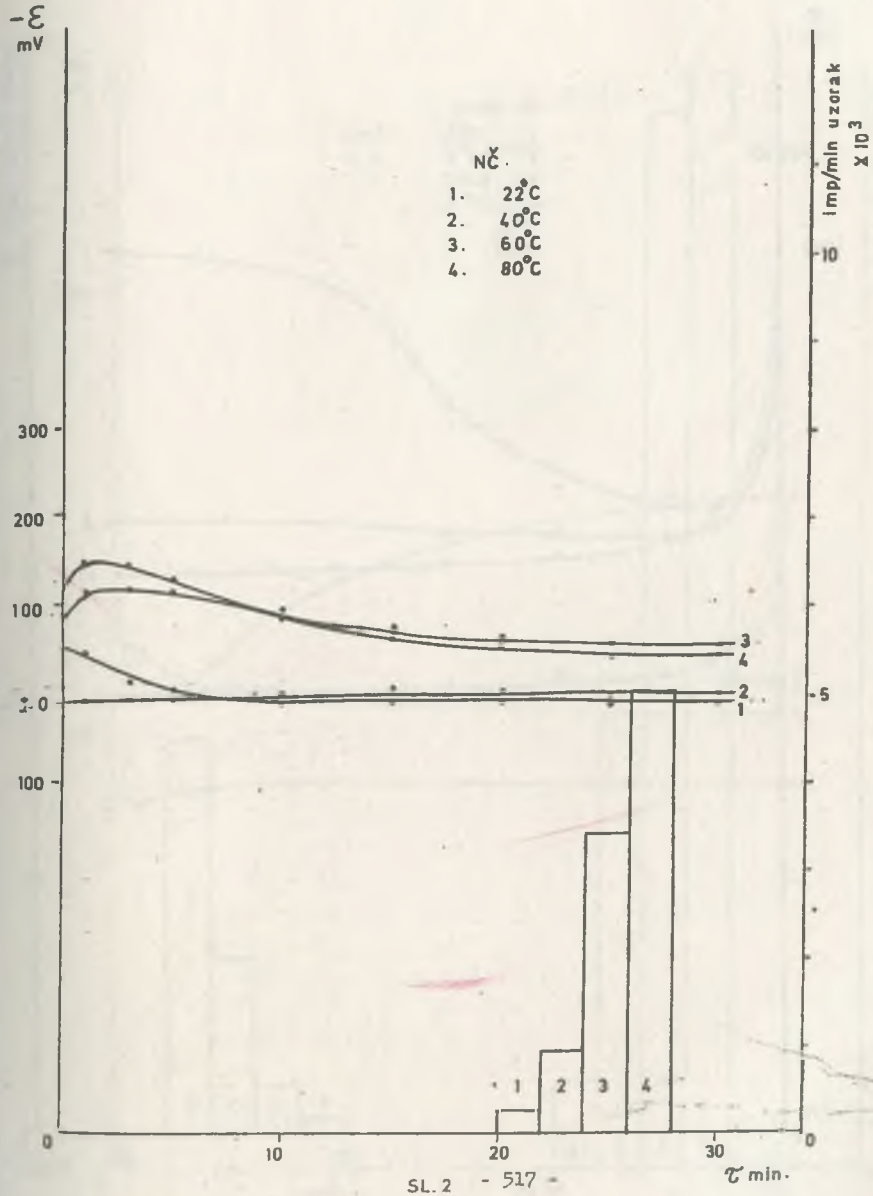
Tablica br. 1.

SREDNJE VREDNOSTI STRUJE SPREGA, /uA

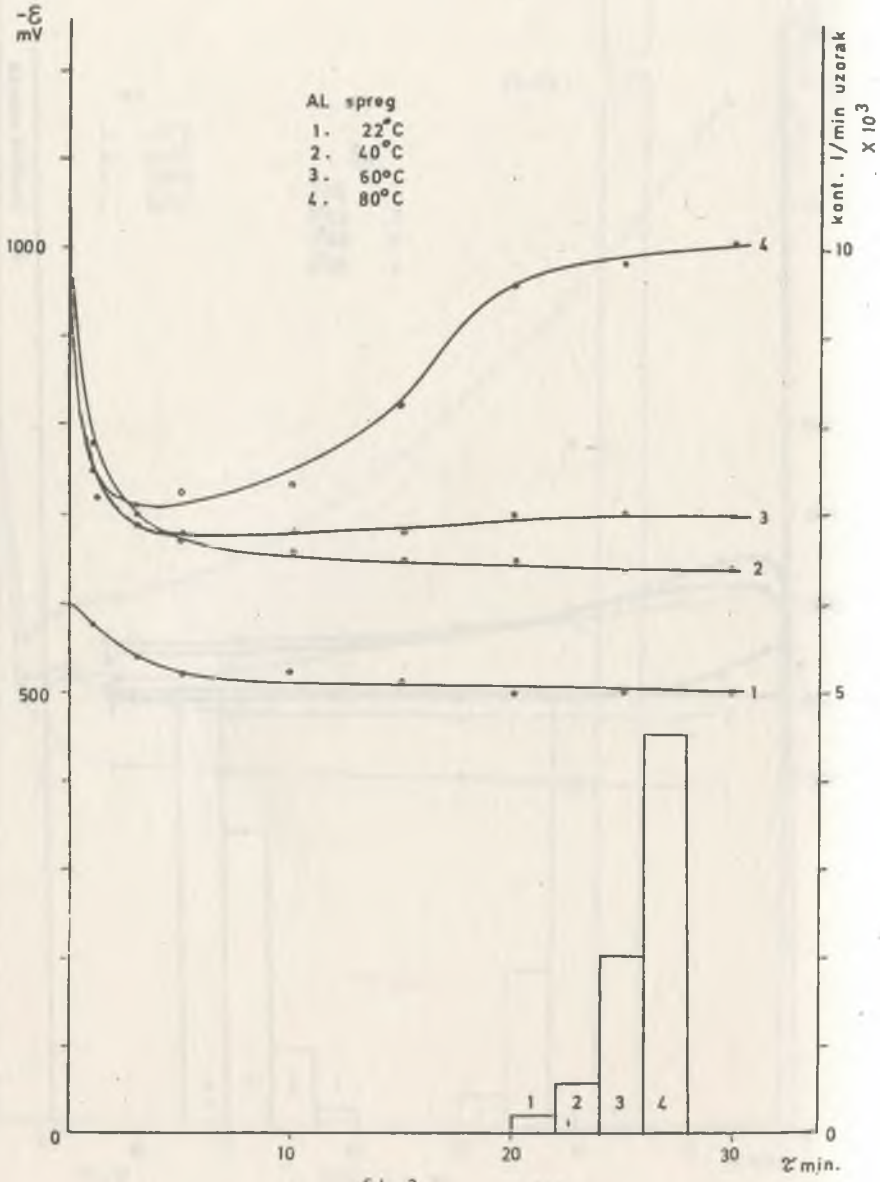
min. \ t°C	22°	40°	60°	80°
0	22.5	70	130	200
1	14.5	32	85	85
3	10.5	24	80	75
5	8	21.5	78	75
10	7	21.5	80	109
15	6.5	21	77	110
20	6.2	18	80	126
25	5.5	17	80	133
30	6	18	75	140


mV
1500
1000
500
0
AL
1. 22°C
2. 40°C
3. 60°C
4. 80°C
13 200
1
2
3
4
10
20
30
t min.
l/min uzorak
X 10³
10
5
0

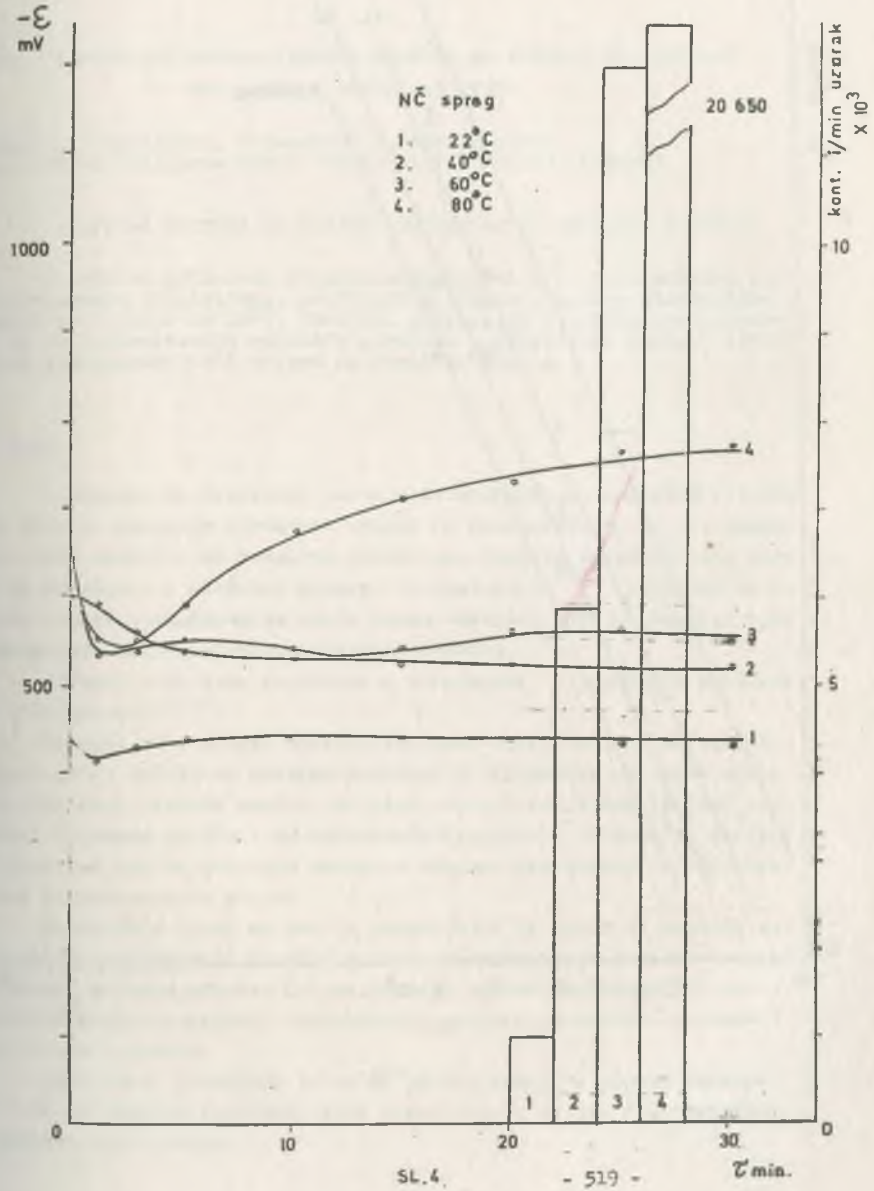
SL.1


-ε
mV
NČ.
1. 22°C
2. 40°C
3. 60°C
4. 80°C
imp/min uzorak
X 10³
300
200
100
0
100
10
5
0
1
2
3
4
0
10
20
30
τ min.

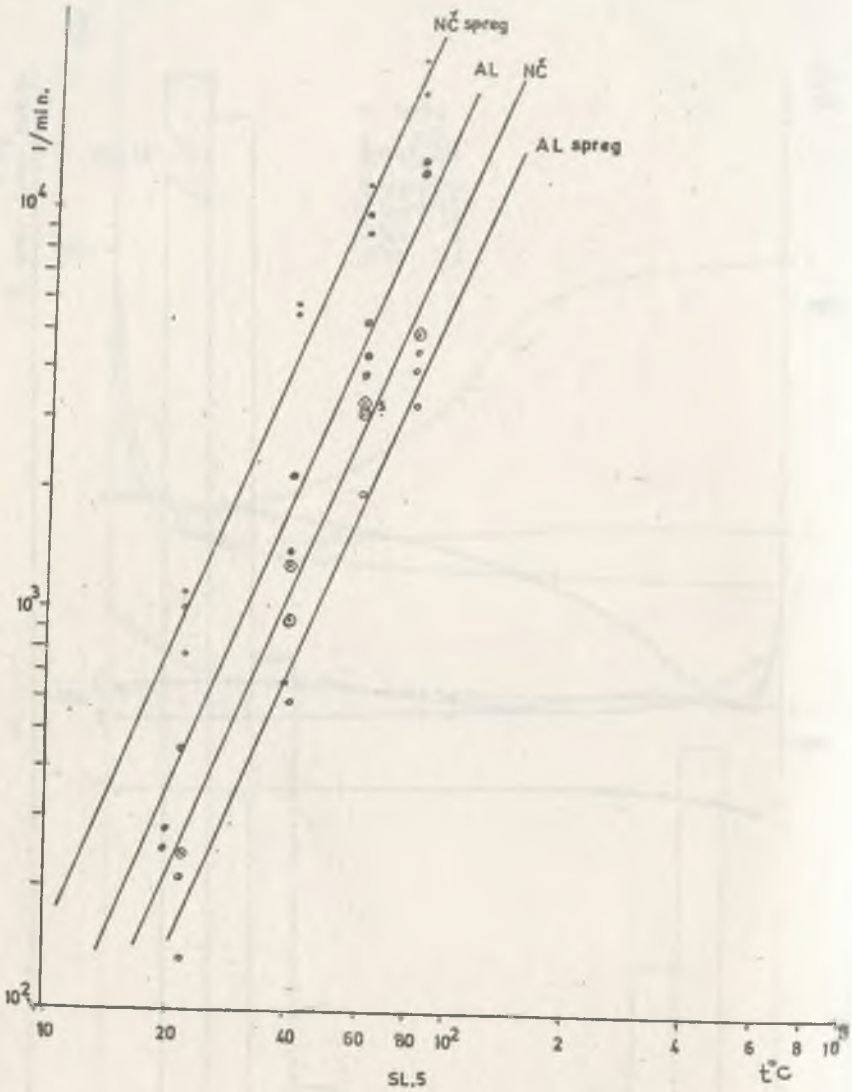
SL. 2


-ε
mV
AL spreg
1. 22°C
2. 40°C
3. 60°C
4. 80°C
1000
500
0
10
20
30
τ min.
kont. 1/min uzorak
X 10³
10
5
0
1
2
3
4

SL. 3


-ε
mV
NČ sprag
1. 22°C
2. 40°C
3. 60°C
4. 80°C
20 650
kont. 1/min uzorak
X 10³
1000
500
0
10
20
30
τ min.
10
5
0
1
2
3
4

SL.4.


NČ spreg
AL
NČ
AL spreg
1/min.
10^4
10^3
10^2
10
20
40
60
80
10^2
2
4
6
8
10^3
t°C

SL.5

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20-23.maj 1975.

M.Zarić, A.Matijašić, T.Tasovac, R.Radosavljević
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

UTICAJ ADITIVA NA POJAVE KONTAMINACIJE METALNIH POVRŠINA

U radu su prikazani preliminarni podaci o uticaju aditiva na kontaminaciju aluminijuma, nerdjajućeg čelika i sprege aluminijum--nerdjajući čelik sa Co^{60}. Dobijeni podaci idu u prilog pretpostavci da je kontaminacija metalnih površina u određenom stepenu zavisna od elektrohemijskih pojava na površini metala.

1. Uvod

S obzirom da delovanje galvanskih spregova a verovatno i lokalnih ćelija, pokazuje odredjeni uticaj na kontaminaciju tj. da katodno-andone reakcije na metalnim površinama mogu da pretstavljaju jednu od komponenata složenog procesa kontaminacije[1,2], pokušano je da se na proces kontaminacije utiče preko aditiva, koji bi menjali elektrohemijske karakteristike metalnih površina.

Podaci, u do sada pregledanoj literaturi, o navedenim pojavama su vrlo oskudni.[3,4]

Postoji vrlo široki spektar sustanci-inhibitora i pasivatora koje mogu da deluju na metalne površine u rastvorima na takav način što blokiraju katodno anodne reakcije. Mehanizam delovanja ovih supstanci uglavnom se svodi na nastajanje barijernih filmova na metalnoj površini ili na aktivnim centrima odnosno što dovode do odgovarajućih polarizacionih pojava.

Svrha rada je da se dobiju podaci koji bi mogli da posluže za potpunije sagledavanje prirode procesa kontaminacije i da se ispita mogućnost primene aditiva za smanjivanje visine kontaminacije kod izrazito elektrohemijskih heterogenih metalnih površina a posebno kod metala u spregu.

Radi toga, planirano je da se ispita nekoliko tipova supstanci i da se ukoliko rezultati budu pozitivni, u daljoj fazi pristupi detaljnim ispitivanju.

2. Eksperimenti

Kao aditivi upotrebljene su neorganske i organske supstance od kojih su, posle preliminarnih ispitivanja, za dalji rad odabrane sledeće: $KMnO_4$, Na_2SiO_3, Na_2HPO_4, $MgSO_4$ i $Cd/NO_3/_2$. Koncentracija primenjenih aditiva iznosila je od 10^{-7} do 10^{-3}M.

Od metala upotrebljeni su uzorci aluminijuma (99,99%) i nerdjajućeg čelika (1H18N9T). Podaci o pripremi uzoraka, upotrebljenoj aparaturi i tehnici rada dati su u ranijem radu.[2./]

Za kontaminaciju uzoraka upotrebljen je Co^{60} sa nosačem u obliku $Co/NO_3/_2$ u rastvoru azotne kiseline sa specifičnom aktivnošću od 20 Ci/gr Co. Od navedenog rastvora pravljeni su rastvori u kojima je vršena kontaminacija. Koncentracija kobalta u njima iznosila je 4.8×10^{-8}M a merena aktivnost oko 4.000 i $ml^{-1}min^{-1}$.

U toku ispitivanja mereni su kontaminacija uzoraka, potencijali uzoraka u odnosu na zasićenu kalomelovu elektrodu i struje metala u spregu. Sva ispitivanja su izvršena na sobnoj temperaturi i kod pH 7, koje je podešavano natrijumhidroksidom ili azotnom kiselinom, posle dodavanja aditiva.

3. Rezultati i diskusije

Vreme potrebno za kontaminaciju u rastvorima sa aditivima i bez njih, za ispitivane metale prethodno je odredjeno i može se uzeti da iznosi do 30 minuta.

Kontaminacija uzoraka, izmerena na kraju ogleda, za aluminijum, nerdjajući čelik i spreg aluminijum-nerdjajući čelik, u prisustvu aditiva i bez njih, kod koncentracija aditiva 10^{-5}M, prikazana je na slikama br.1 i 2.

Kako se sa dijagrama vidi neki od aditiva deluju bilo na same metale bilo na metale u spregu.

Kod samog aluminijuma efekat smanjivanja kontaminacije pokazuju Na_2SO_3, $MgSO_4$ i $Cd/NO_3/_2$ dok $KMnO_4$ i Na_2HPO_4 dovode do povećanja kontaminacije. Kod nerdjajućeg čelika svi aditivi izuzev Na_2HPO_4 dovode do smanjivanja kontaminacije u odnosu na metal koji je kontaminiran u rastvoru bez aditiva.

Kontaminacija metala u spregu, prema ranije dobijenim podacima[2./], vrši se tako da dolazi do povećane kontaminacije katodnog dela sprega i do smanjenja kontaminacije anodnog dela sprega, u poredjenju sa kontaminacijom istih metala koji nisu bili spregnu-

ti. Dodavanje aditiva može da spreči ovakav način kontaminacije, kao što se vidi na dijagramima na slikama br.1 i 2. Kod spregnutog aluminijuma dolazi do smanjenja kontaminacije, u odnosu na aluminijum koji nije u spregu, u svim slučajevima, izuzev u prisustvu $KMnO_4$ slika br.1. Povećanje kontaminacije katodnog dela sprega-nerdjajućeg čelika - potpuno je izostalo, u odnosu na kontaminaciju nerdjajućeg čelika u odsustvu aditiva. U pojedinim slučajevima, kontaminacija nerdjajućeg čelika u spregu je čak i manja od kontaminacije nerdjajućeg čelika koji nije bio spregnut, slika br.2.

Vrednosti potencijala ispitivanih metala i u prisustvu aditiva slede ranije nađenu zavisnost[2./]. Pomeranje potencijala aluminijuma ka pozitivnijim vrednostima / do 250 mV / praćeno je smanjivanjem kontaminacije njegove površine. Pomeranje potencijala nerdjajućeg čelika ka negativnijim vrednostima /do 200 mV/ zapaža se u onim slučajevima kada dolazi do povećanja kontaminacije. Interesantno je napomenuti da su potencijali metala u spregu vrlo bliski i pored nađenih razlika u kontaminaciji kod spregnutog aluminijuma i nerdjajućeg čelika.

Podaci o strujama kod sprega aluminijum-nerdjajući čelik, tablica br.1. pokazuju na znatno veći transport u rastvorima koji sadrže aditive. Obzirom na smanjenu kontaminaciju spregnutog metala--nerdjajućeg čelika - u prisustvu aditiva, izlazi da je transportom obuhvaćena uglavnom neaktivna komponenta i da je smanjenje kontaminacije posledica tog fenomena.

4. Zaključak

Dobijeni podaci idu u prilog predpostavci da je kontaminacija metalnih površina u određenom stepenu a u zavisnosti od uslova, prouzrokovana elektrohemijskim pojavama na površini metala.

Isto tako, može se, iako preliminarno, zaključiti da se aditivi mogu upotrebiti za smanjivanje kontaminacije metalnih površina. Od ispitivanih aditiva samo Na_2SiO_3 odnosno silicijumova kiselina i donekle $MgSO_4$ imaju zadovoljavajuće osobine u pogledu primene tj. ne daju dugoživeće proćukte raspada i ne deluju kao apsorberi neutrona. Primena aditiva pogodnih karakteristika omogućila bi, u principu, da se utiče na vrstu kontaminanta tj. da se u rastvoru održe nuklidi sa većom energijom i dugim poluvremenom raspada, na primer Co^{60}, a da se na metalne površine kao kontaminanti deponuju kratko živeći nuklidi. Ovakva raspodela kontaminanta imala bi znatnih efekata na tehnologiju dekontaminacije i stokiranja otpadnih materijala. Dalji rad je u

toku.

EFFECTS OF THE ADDITIVES ON THE CONTAMINATION PHENOMENA OF METAL SURFACES

Summary

Preliminary data of the additives effects on contamination of aluminum, stainless steel and aluminum-stainless steel couple with Co^{60} are presented. The obtained results support the presumption that the contamination of metal surfaces, in some degree, depends on the electrochemical phenomena on metal surface.

Literatura

1. M.Zarić, A.Matijašić
   Kerntechnik 15,1973.,1,31-33
2. M.Zarić, A.Matijašić, R.Radosavljević, T.Tasovac
   Isotopenpraxis 10,1974., 1, 6-12
3. T.Simnad
   Properties of Metalic Surfaces
   Inst. of Metals, Monograph.13, London 1953
4. C.E.Melish, A.Payne
   Radiochim. Acta 7,1967., 153-157.

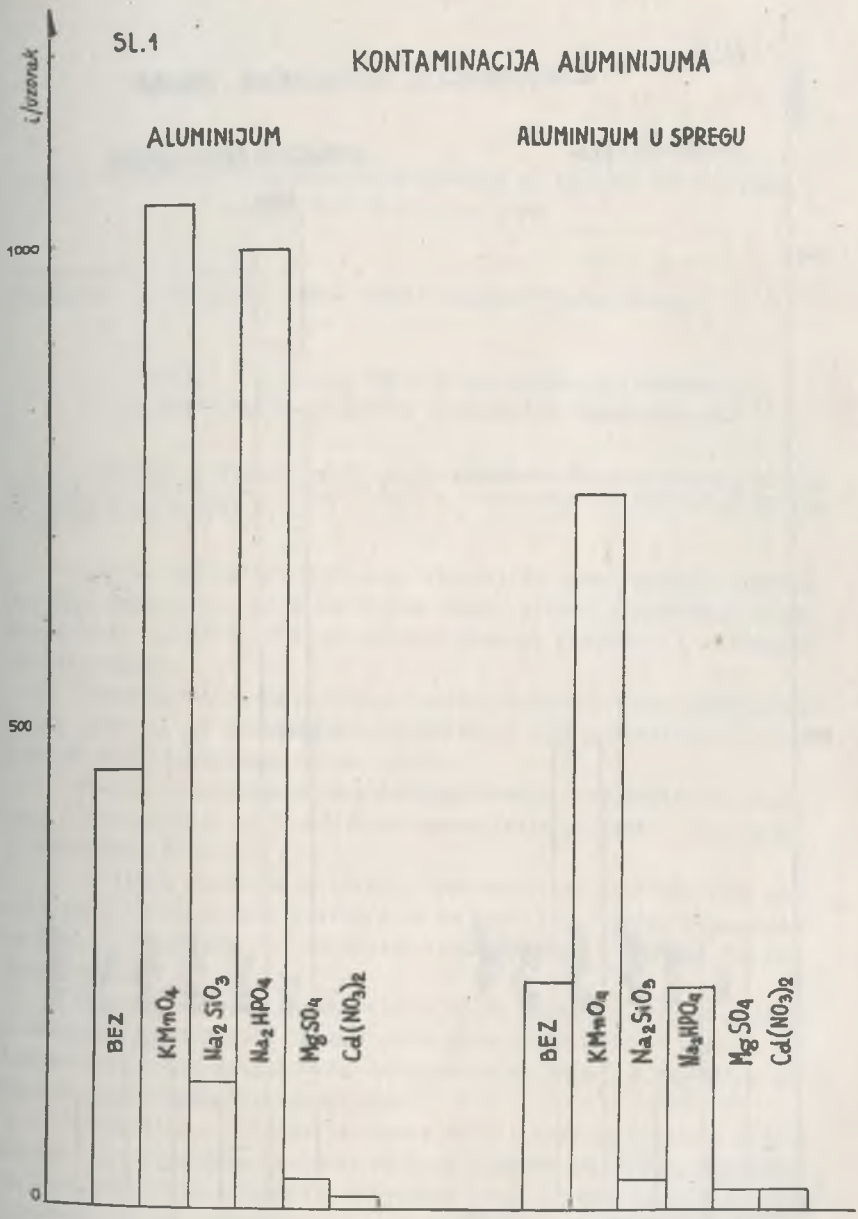
Tablica br.1.

Struje sorega kod 10^{-5}M sadržaja aditiva,pH 7 u ,uA

Aditiv	bez	$KMnO_4$	Na_2SiO_3	Na_2HPO_4	$MgSO_4$	$Cd/NO_3/_2$
vreme u minutima						
0	60	115.	170	150	120	120
1	35,5	86	75	55	35	30
3	16,5	63	21	13,5	13	20
5	12	41	15	8,5	8,5	12
10	7,5	29	11	4,5	5	8
15	6	23,5	4,5	3	3,5	4,5
20	4,5	23	3,3	2,5	3	3
25	3,9	20	2,7	2	2,5	3
30	3,3	20	2,2	1,7	2,2	2,5

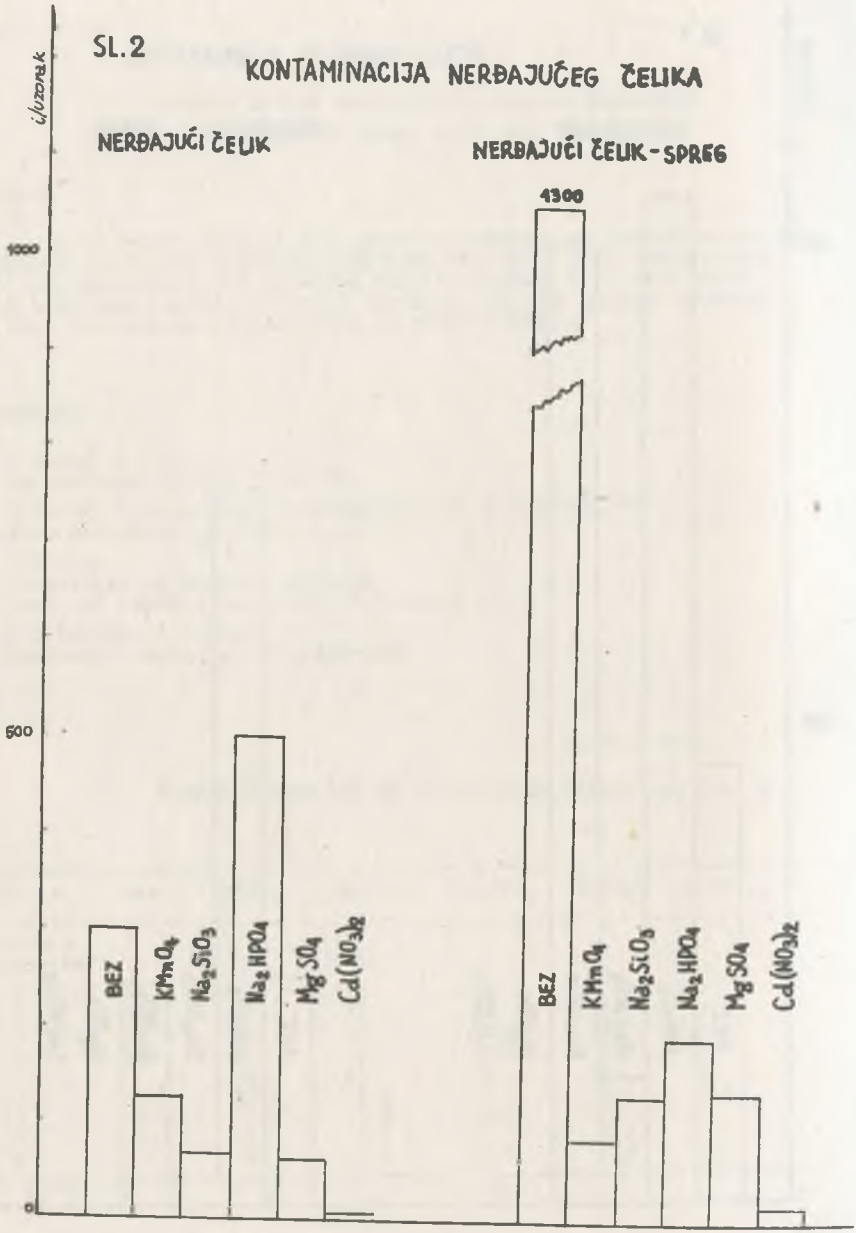
SL.1

KONTAMINACIJA ALUMINIJUMA



SL.2

KONTAMINACIJA NERĐAJUĆEG ČELIKA



VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Herceg Novi 20-23.maj 1975.

A.Matijašić, M.Zarić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

STANJE I KOLIČINE ČVRSTIH RADIOAKTIVNIH OTPADAKA NA PRIVREMENOM SKLADIŠTU U INSTITUTU "BORIS KIDRIČ"

Opisano je stanje privremenog skladišta čvrstih radioaktivnih otpadaka u Institutu "Boris Kidrič", i navedene su vrste i količine za period 1963-1974.g.

Čvrsti radioaktivni otpadci nastali iz rada pojedinih laboratorija, sakupljaju se u Institutu "Boris Kidrič", praktično od početka rada Instituta, tj. od početka rada sa prirodnim i veštačkim radioizotopima.

Organizovanije sakupljanje čvrstih radioaktivnih otpadaka počinje 1959.g., sa osnivanjem Radiološke zaštite u Institutu (sada Laboratorija za zaštitu od zračenja).

Sistem uklanjanja i obezbedjenja čvrstih radioaktivnih otpadaka centralizovan je i uključuje sakupljanje otpadaka, pakovanje i privremeno čuvanje.

Prilikom sakupljanja čvrstih radioaktivnih otpadaka vrši se njihova klasifikacija i razdvajanje na sagorive i nesagorive otpadke, kao i na otpadke kontaminirane kratkoživećim i dugoživećim radioizotopima.

Prijemni sudovi za sakupljanje nisko aktivnih čvrstih otpadaka standardizovani su i nalaze se na posebno odredjenim mestima u laboratorijama. U prijemne sudove uložene su vreće od plastične mase u kojima se odpadci sakupljaju.

Otpadci iz laboratorija odnose se ili kada se prijemni sudovi napune, ili kada doza zračenja koja od njih potiče predje dozvoljene granice, odnosno stvara radijaciono polje u kome intenzitet doze zračenja prelazi vrednost od 2,5 mr/h, što je granična dozvoljena vrednost za kontrolisane radijacione zone.

Plastične vreće sa čvrstim radioaktivnim otpadcima palete

u metalnu burad (zapremine 200 l) koja imaju hermetičke poklopce.

Napunjena i zatvorena burad odlažu se na privremeno skladište u krugu Instituta.

Visoko radioaktivni otpadci sakupljaju se i pakuju u zavisnosti od intenziteta doze zračenja koju emituju. Osnovni uslov za njihovo pakovanje jeste da intenzitet doze zračenja meren kontaktno na spoljnjem zidu kontejnera ne bude veći od 200 mr/h ili 100 mr/h mereno na rastojanju od 1 m.

Za ovu vrstu otpadaka koriste se kontejneri od armiranog betona, sa uloškom od olovnih folija debljine 1 cm, koje se dodaju prema potrebi dokle se ne zadovolji uslov spoljnjeg intenziteta doze zračenja, ili se koriste teški kontejneri od armiranog betona sa unutrašnjim zaštitnim zidom od 10 cm olova i spoljnim zidom od 30 cm baritnog betona.

U ovakvim kontejnerima sakupljaju se visoko aktivni otpadci koji nastaju od proizvodnje dugoživećih radioizotopa (fisioni produkti i Co^{60}).

Do 1963.g., nije vodjena evidencija o godišnjem prinosu čvrstih radioaktivnih otpadaka, niti o njihovom poreklu. Medjutim, u periodu od 1948. do 1963.g., sakupljeno je oko 3000 komada buradi od 200 l sa nisko aktivnim otpadcima, odnosno oko 600 m^3.

Ovaj materijal nalazi se na izdvojenom mestu u krugu Instituta "Boris Kidrič", van zatvorenog skladišnog prostora, izložen dejstvu atmosferilija, tako da su metalna burad u znatnoj meri oštećena korozijom. Kako do sada nisu nadjena finansijska sredstva za saniranje situacije, ovaj otpadni materijal predstavlja neposrednu opasnost ne samo za krug Instituta, već i za širu okolinu. Jedino što se u ovoj situaciji preduzima jeste permanentna kontrola radioaktivnosti okoline skladišnog prostora. Ova kontrola još uvek ne daje alarmantne nalaze, no može se očekivati da će za 2-3 godine metalna ambalaža u tolikoj meri propasti da će vetrom i spiranjem doći do raznošenja radioaktivnog materijala u širu okolinu.

Pored čvrstih radioaktivnih otpadaka sakupljaju se i ostaci kontaminiranih žrtvovanih životinja. Ovi otpadci odbacuju se u jame iskopane na terenu privremenog skladišta za čvrste radioaktivne otpadke.

Od 1963.g., vodi se potpuna evidencija o količinama i poreklu čvrstih radioaktivnih otpadaka koji se sakupljaju u novoizgradjenom skladištu-hangaru gde je ambalaža zaštićena od prirodnih uticaja i propadanja.

Podaci o nastalim količinama za poslednjih 11 godina dati su u tabeli 1. i grafički prikazani na slici 1.

Tabela 1.

Pregled nastalih količina niskoaktivnih čvrstih radioaktivnih otpadaka i broja kontaminiranih žrtvovanih životinja za period 1963-1974.g.

Godina	Žrtvovane životinje, komada		Čvrsti radioaktivni otpadci, m^3	
	Sa dugoživ. radioizotop.	Sa kr.živ. radioizot.	Sa dugoživ. radioizotop.	Sa kratkoživ. radioizotop.
1963	1252	537	60,50	3,78
1964	2875	1135	44,82	4,62
1965	1330	714	41,06	4,52
1966	1889	1148	32,50	1,56
1967	1865	1195	32,46	0,98
1968	1614	1076	28,40	2,52
1969	1058	1771	33,80	1,26
1970	724	1077	33,74	1,18
1971	499	420	32,48	1,80
1972	243	269	25,40	1,86
1973	349	558	22,04	0,58
1974	911	88	18,70	0,24
	14609	9988	405,90	24,90
Ukupno	24597		430,80	

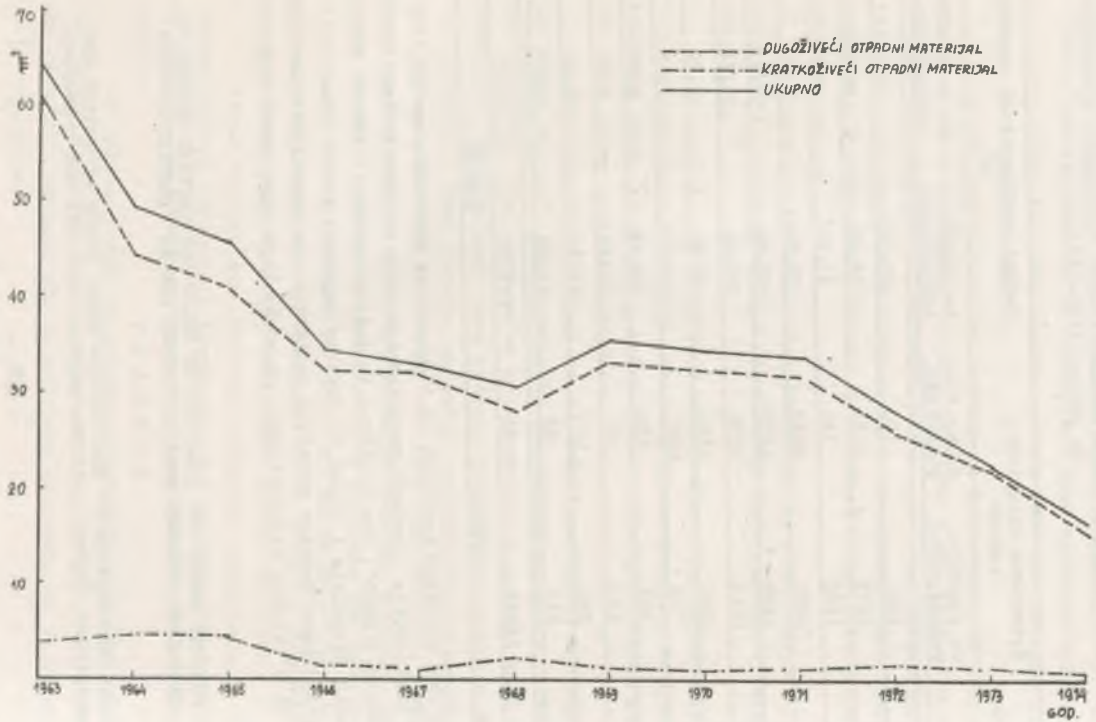
U ove količine uračunat je i materijal prihvaćen spolja, od drugih institucija i radnih organizacija koje koriste usluge Instituta "Boris Kidrič". Ove količine su relativno male i iznose 658 kom. žrtvovanih životinja i 29,02 m^3 čvrstog otpadnog materijala.

Količinama čvrstog otpadnog radioaktivnog materijala treba dodati i 19 m^3 visoko radioaktivnih otpadaka koji nisu uneti u gornju tabelu.

PRESENT STATE AND QUANTITY OF SOLID RADIOACTIVE WASTES OF TEMPORARY STORAGE AREA AT "BORIS KIDRIČ" INSTITUTE-VINČA

S U M M A R Y

Short description of the Storage Area, kinds of wastes and their quantities, refering to the period 1963-1974 are presented.


DUGOŽIVEĆI OTPADNI MATERIJAL
KRATKOŽIVEĆI OTPADNI MATERIJAL
UKUPNO
70
60
50
40
30
20
10
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
GOD.

SL. 1

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Herceg Novi, 20-23 maj 1975.

Laboratorija za hemiju*
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

FIZIČKO-HEMIJSKE METODE UKLANJANJA VOLATILNIH I GASOVITIH RADIOAKTIVNIH ZAGADJIVAČA NUKLEARNE INDUSTRIJE**

Dat je pregled metoda za uklanjanje volatilnih jedinjenja joda, tritinirane vode i gasovitog kriptona. Razmatrane su mogućnosti primene predloženih metoda na gasovite i volatilne radioaktivne proizvode nuklearne industrije, uopšte.

Prikazani su rezultati adsorpcije metil jodida na impregniranim neorganskim materijalima, inkorporacije kriptona u polimetilmetakrilatima, selektivne molekulske ekscitacije tritijuma, odredjivanja kinetičkih i termodinamičkih parametara za separaciju tritijuma u kombinovanom postupku elektrolize i izotopske izmene.

---

* Autori ovih radova su citirani u originalnim referencama (1-4) ovog referata. Referent: dr Zorka Vukmirović, Laboratorija za hemiju.

** Projekat je finansiran od Agencije za zaštitu okoline, SAD, po ugovorima: EPA-PR-2-516/A-307, A-312 i A-314.

REMOVAL OF VOLATILE RADIOACTIVE CONTAMINANTS IN NUCLEAR FACILITIES BY PHYSICAL-CHEMICAL* METHODS

Chemical Laboratory, Institute of Nuclear Sciences Boris Kidrič, Vinča

A survey of methods for the removal of volatile radioactive species of iodine, krypton and tritiated water is presented. The application of these methods in nuclear facilities is discussed.

Results of experimental studies on the adsorption of radioactive methyl iodide on impregnated inorganic materials, the impregnation of krypton in polymetacrylats, the selective excitation of tritium and the determination of kinetics and thermodynamic parameters for separation of tritium by a combined elektrolysis-isotope exchange technique are described.

---

* Authors of the papers are cited in references 1-4 of this paper. Refree: Dr Zorka Vukmirović.

** Project supported by U.S. Environmental Protection Agency under contracts EPA-PR-2-516/A-307, A-312 and A-314.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

Katarina Milivojević i Dragoslav Stojanović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Laboratorija za medicinsku zaštitu

DEKONTAMINACIJA KOŽE OŠTEĆENE HEMIJSKIM AGENSIMA I KONTAMINIRANE RADIOCEZIJUMOM

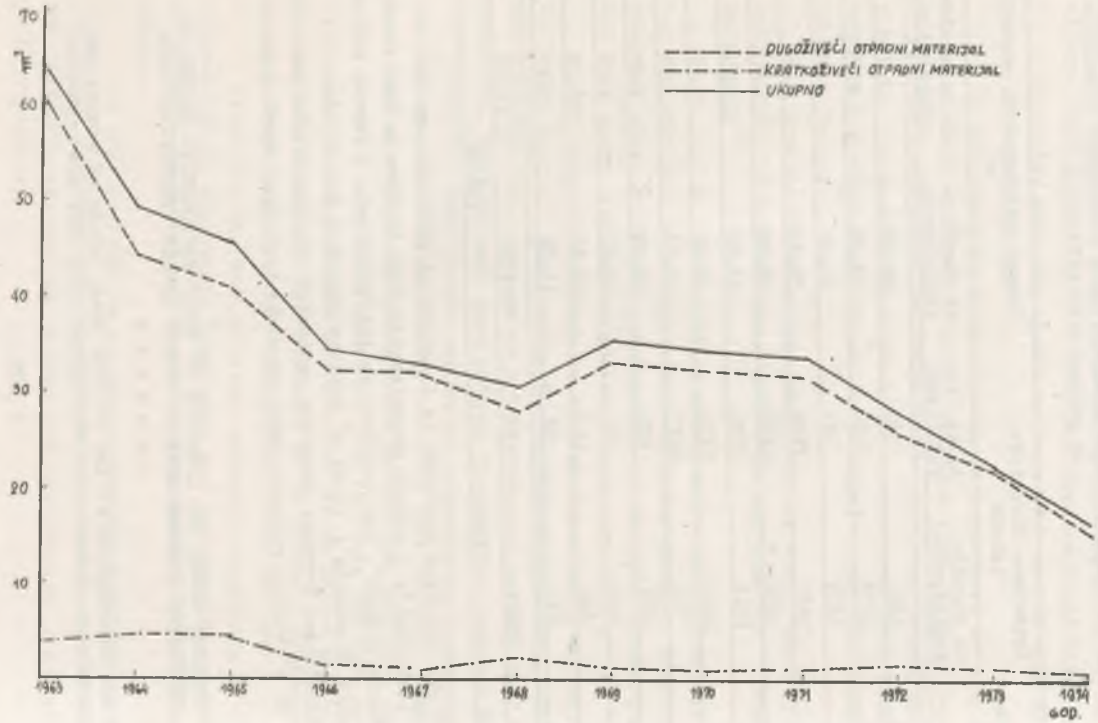
Istraživanja su obuhvatala ispitivanje kinetike i obima resorpcije radiocezijuma preko oštećene kože jakim kiselinama i bazama, posmatranje uticaja postupka i sredstava za dekontaminaciju na obim interne kontaminacije organizma radiocezijumom i na rezidualne aktivnosti u dekontaminiranoj lokaciji kože, kao i mogućnosti prevencije interne kontaminacije primenom zaštitnog krema.

U izučavanju različitih tipova udruženih radijacionih povreda odredjeno mesto zauzima i kombinacija oštećene kože hemijskim agensima i dodatne kontaminacije radioaktivnim materijama. Zbrinjavanje ovakvih tipova kontaminacije u akcidentalnim situacijama koje mogu da se dogode na nuklearnim postrojenjima zahteva zauzimanje odredjenog stava za izvodjenje odgovarajućeg efikasnog dekontaminacionog tretmana. Cilj ovog rada je iznalaženje optimalnog vremena za izvodjenje uspešne dekontaminacije i definisanje odgovarajuće metodologije za tretman hemijske opekotine kože kontaminirane radiocezijumom.

Materijal i metode rada

Ogledi su izvedeni na belim pacovima koji su bili podeljeni u dve grupe prema vrsti hemijske nokse kojom je izazvana lezija kože. Svaka grupa je bila podeljena u tri podgrupe: u prvoj je praćena kinetika resorpcije radiocezijuma kontinuiranim merenjem radioaktivnosti krvi, u drugoj je vršena procena obima interne kontaminacije radiocezijumom, a u trećoj podgrupi je ispitivana efikasnost dekontaminacije pri korišćenju različitih sredstava.

Rad je jednim delom finansiran iz sredstava Zajednice medicinskih naučnih ustanova SR Srbije.


DUGOŽIVEČI OTPADNI MATERIJAL
KRATKOŽIVEČI OTPADNI MATERIJAL
UKUPNO
70
60
50
40
30
20
10
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
GOD.

SL. 1

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Herceg Novi, 20-23 maj 1975.

Laboratorija za hemiju*
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

FIZIČKO-HEMIJSKE METODE UKLANJANJA VOLATILNIH I GASOVITIH RADIOAKTIVNIH ZAGADJIVAČA NUKLEARNE INDUSTRIJE**

Dat je pregled metoda za uklanjanje volatilnih jedinjenja joda, tritinirane vode i gasovitog kriptona. Razmatrane su mogućnosti primene predloženih metoda na gasovite i volatilne radioaktivne proizvode nuklearne industrije, uopšte.

Prikazani su rezultati adsorpcije metil jodida na impregniranim neorganskim materijalima, inkorporacije kriptona u polimetilmetakrilatima, selektivne molekulske ekscitacije tritijuma, odredjivanja kinetičkih i termodinamičkih parametara za separaciju tritijuma u kombinovanom postupku elektrolize i izotopske izmene.

---

* Autori ovih radova su citirani u originalnim referencama (1-4) ovog referata. Referent: dr Zorka Vukmirović, Laboratorija za hemiju.

** Projekat je finansiran od Agencije za zaštitu okoline, SAD, po ugovorima: EPA-PR-2-516/A-307, A-312 i A-314.

REMOVAL OF VOLATILE RADIOACTIVE CONTAMINANTS IN NUCLEAR FACILITIES BY PHYSICAL-CHEMICAL* METHODS

Chemical Laboratory, Institute of Nuclear Sciences Boris Kidrič, Vinča

A survey of methods for the removal of volatile radioactive species of iodine, krypton and tritiated water is presented. The application of these methods in nuclear facilities is discussed.

Results of experimental studies on the adsorption of radioactive methyl iodide on impregnated inorganic materials, the impregnation of krypton in polymetacrylats, the selective excitation of tritium and the determination of kinetics and thermodynamic parameters for separation of tritium by a combined elektrolysis-isotope exchange technique are described.

---

* Authors of the papers are cited in references 1-4 of this paper. Refree: Dr Zorka Vukmirović.

** Project supported by U.S. Environmental Protection Agency under contracts EPA-PR-2-516/A-307, A-312 and A-314.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20-23. maj 1975.

Katarina Milivojević i Dragoslav Stojanović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Laboratorija za medicinsku zaštitu

DEKONTAMINACIJA KOŽE OŠTEĆENE HEMIJSKIM AGENSIMA I KONTAMINIRANE RADIOCEZIJUMOM

Istraživanja su obuhvatala ispitivanje kinetike i obima resorpcije radiocezijuma preko oštećene kože jakim kiselinama i bazama, posmatranje uticaja postupka i sredstava za dekontaminaciju na obim interne kontaminacije organizma radiocezijumom i na rezidualne aktivnosti u dekontaminiranoj lokaciji kože, kao i mogućnosti prevencije interne kontaminacije primenom zaštitnog krema.

U izučavanju različitih tipova udruženih radijacionih povreda odredjeno mesto zauzima i kombinacija oštećene kože hemijskim agensima i dodatne kontaminacije radioaktivnim materijama. Zbrinjavanje ovakvih tipova kontaminacije u akcidentalnim situacijama koje mogu da se dogode na nuklearnim postrojenjima zahteva zauzimanje odredjenog stava za izvodjenje odgovarajućeg efikasnog dekontaminacionog tretmana. Cilj ovog rada je iznalaženje optimalnog vremena za izvodjenje uspešne dekontaminacije i definisanje odgovarajuće metodologije za tretman hemijske opekotine kože kontaminirane radiocezijumom.

Materijal i metode rada

Ogledi su izvedeni na belim pacovima koji su bili podeljeni u dve grupe prema vrsti hemijske nokse kojom je izazvana lezija kože. Svaka grupa je bila podeljena u tri podgrupe: u prvoj je praćena kinetika resorpcije radiocezijuma kontinuiranim merenjem radioaktivnosti krvi, u drugoj je vršena procena obima interne kontaminacije radiocezijumom, a u trećoj podgrupi je ispitivana efikasnost dekontaminacije pri korišćenju različitih sredstava.

Rad je jednim delom finansiran iz sredstava Zajednice medicinskih naučnih ustanova SR Srbije.

Za ogleđe je korišćeno 192 bela pacova, mužjaka, telesne težine 200 ± 10 g, iz zapata farme laboratorijskih životinja IBK u Vinči. U toku ogleda životinje su bile pod narkozom izvedenom uretanom.

Na kožu leđa pacova površine 2 cm^2 načinjena je lezija nanošenjem koncentrovane HCl ili zasićenog rastvora NaOH, nakon čega je izvršena kontaminacija sa radiocezijumom.

Kontaminacija je izvođena nanošenjem na povređenu površinu kože 0.05 ml rastvora $^{137}CsCl$, aktivnosti 40 μCi, sa pH 1.0. Radiocezijum je bio u kontaktu sa lediranom kožom 10 minuta, 30 minuta i 3 časa. U oglednoj podgrupi u kojoj je ispitivan efekat zaštitnog krema "Octa" na stepen resorpcije radiocezijuma kontaminacija je izvođena 30 minuta posle aplikacije krema na oštećenu kožu.

Dekontaminacioni tretman se sastojao iz primene izabranog sredstva za uklanjanje kontaminanta sa naizmeničnom upotrebom vode. Tretman se sastojao od četiri obrade, a svaka je trajala po jedan minut.

Na kraju ogleda životinje su žrtvovane i stavljane pojedinačno u plastične kutije, kao i ekscidirana tkiva. Na ovaj način je omogućeno merenje pod standardnim geometrijskim uslovima.

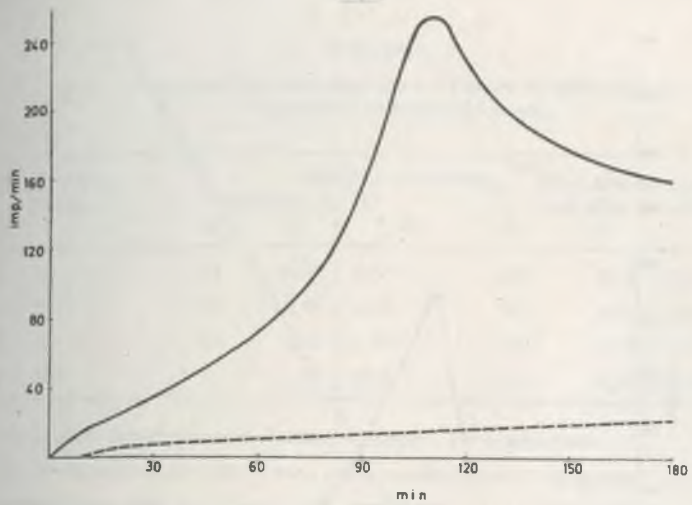
Tehnike merenja: Evolucija radioaktivnosti krvi praćena je kontinuiranim merenjem u toku tri časa primenom metode Michon-a i Maillard-ove (1). Količine radiocezijuma prodrle u organizam određivane su direktnim merenjem pomoću brojačkog uređaja za merenje ukupne telesne radioaktivnosti kod malih eksperimentalnih životinja.

Rezultati

Dobijeni rezultati sistematizovani su u sledeća poglavlja:

1. Kinetika resorpcije radiocezijuma

a) Resorpcija radiocezijuma preko kože oštećene kiselinom. - Prikaz evolucije radioaktivnosti krvi kod kontaminacije kože oštećene jakom kiselinom bez tretmana pre kontaminacije i sa tretmanom resorptivne površine vodom 10 minuta nakon nanošenja hemijskog agensa dat je na slici 1. Može se kontatovati da hidratacija resorptivne površine uslovljava veće aktivnosti u krvotoku sa postizanjem maksimalne vrednosti oko 110 minuta. U slučaju kada nije primenjen tretman vodom zapaža se niža aktivnost, a kriva pokazuje kontinuirani porast u toku celog perioda posmatranja.



Slika 1

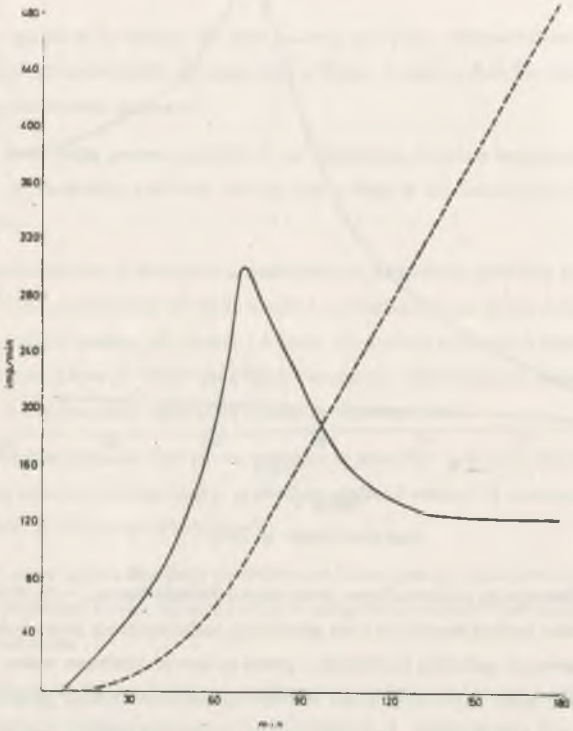
Radioaktivnost u krvi

b) Resorpcija radiocezijuma preko kože oštećene bazom. - Na slici 2 prikazana je uporedno radioaktivnost krvi pri prodiranju radiocezijuma preko kože oštećene zasićenim rastvorom natrijum hidroksida i preko opekotine tretirane vodom 10 minuta nakon nanošenja baze. Resorpcija preko netretirane opekotine vodom pokazuje kontinuirano povećanje u toku tri časa, dok pri tretmanu vodom maksimalan nivo resorpcije dostignut je oko 60. minuta.

Ove krive predstavljaju krive srednjih vrednosti i izvedene su iz pojedinačnih merenja na grupama od 5 životinja.

2. Obim interne kontaminacije radiocezijumom

Na tabeli 1 prikazani su dobijeni podaci o telesnom sadržaju prodrlog radiocezijuma preko kože oštećene jakom kiselinom ili bazom. Zapaža se da pri kontaminaciji u trajanju od 30 minuta resorbovane količine su veće preko kože oštećene bazom nego pri oštećenju kiselinom. Najveća količina prodire kada je oštećena koža tretirana vodom 10 minuta nakon aplikacije kaustičnog sredstva i odmah posle pranja kontaminirana rastvorom $^{137}CsCl$.



Slika 2

Radioaktivnost u krvi

Prikaz telesnog sadržaja prodrlog radiocezijuma preko ledirane kože kaustičnim sredstvima u zavisnosti od vremena kontakta kontaminanta i kožne lezije dat je u tabeli 2.

Rezultati pokazuju da je telesni sadržaj prodrlog radiocezijuma zavistan od vrste hemijskog agensa koji izaziva opekotinu i od vremena trajanja kontakta kontaminanta sa resorptivnom površinom. Kod opekotine uzrokovane bazom resorbovane količine radiocezijuma u toku tri časa su znatno veće nego pri kontaminaciji opekotine nastale od kiseline. Pri kraćem kontaktu razlike u propustljivosti oštećene kožne barijere kiselinom i bazom su slabije izražene.

TAB. br.1

Telesni sadržaj radiocezijuma kod hemijskih opekotina kože
(u procentu od nanete aktivnosti)

Resorptivna površina	Resorbovane količine ^{137}Cs u toku 30 minuta					
	Opekotina sa HCl			Opekotina sa NaOH		
	N	M ±	SD	N	M ±	SD
A	13	0,07 ±	0,03	10	0,15 ±	0,08
B	12	0,08 ±	0,04	10	0,42 ±	0,13
C	13	0,49 ±	0,20	10	2,72 ±	1,37
D	12	0,03 ±	0,01	13	0,11 ±	0,06

A - na kožu istovremeno naneti hemijski agens i r - kontaminant

B - r - kontaminacija kože 10 min. nakon nanošenja hemijskog agensa

C - hemijska opekotina nakon 10 min. oprana vodom i r - kontaminirana

D - na štićenu kožu kremom "Octa" istovremeno naneti hemijski agens i r-kontaminant.

TAB. br.2

Resorbovana količina radiocezijuma preko hemijske opekotine
kože, (u procentu od nanete aktivnosti)

Kontaminacija	Telesni sadržaj					
	Opekotina sa HCl			Opekotina sa NaOH		
	N	M ±	SD	N	M ±	SD
10 min	12	0,03 ±	0,01	12	0,08 ±	0,06
30 min	13	0,07 ±	0,03	10	0,15 ±	0,08
3 časa	5	0,27 ±	0,12	5	10,84 ±	4,89

3. Dekontaminacija hemijske opekotine

Efikasnost dekontaminacije kože oštećene koncentrovanom hlorovodoničnom kiselinom i zasićenim rastvorom natrijum hidroksida pa kontaminirane rastvorom $^{137}CsCl$, a procenjivana na osnovu telesnog sadržaja prodrlog radiocezijuma i rezidualne aktivnosti u kontaminiranoj lokaciji, data je na tabelama 3 i 4.

TAB. br.3

Efekat dekontaminacije hemijske opekotine kože prouzrokovane sa HCl i kontaminirane sa $^{137}CsCl$ (u procentu od nanete aktivnosti)

Sredstvo za dekontaminaciju	Broj životinja	Telesni sadržaj ^{137}Cs M ± SD	Rezidualna aktivnost u opekotini M ± SD	Efikasnost dekontaminacije M ± SD
Kontrolna grupa	12	0,03 ± 0,01	-	-
Voda	13	0,03 ± 0,01	0,39 ± 0,17	99,58 ± 0,17
1o/oo rastvor sapuna	12	0,03 ± 0,01	0,19 ± 0,07	99,79 ± 0,07
2% rastvor natrijum bikarbonata	11	0,05 ± 0,02	0,21 ± 0,02	99,74 ± 0,02

TAB. br.4

Efekat dekontaminacije hemijske opekotine kože prouzrokovane sa NaOH i kontaminirane sa $^{137}CsCl$ (u procentu od nanete aktivnosti)

Sredstvo za dekontaminaciju	Broj životinja	Telesni sadržaj ^{137}Cs M ± SD	Rezidualna aktivnost u opekotini M ± SD	Efikasnost dekontaminacije M ± SD
Kontrolna grupa	12	0,08 ± 0,06	-	-
Voda	12	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02	99,93 ± 0,02
3% rastvor luminske kiseline	12	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01	99,95 ± 0,02
3% rastvor vodonik-peroksida	15	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,03	99,90 ± 0,03

Iz tabela se vidi da je efikasnost dekontaminacije hemijske opekotine kože kontaminirane radiocezijumom preko 99% od aplicirane aktivnosti u uslovima izvodjenje dekontaminacionog tretmana 10 minuta nakon kontaminacije. Pri korišćenju sredstava za dekontaminaciju sa različitim načinom delovanja nisu zapažene bitne razlike u telesnom sadržaju radiocezijuma, kao ni u rezidualnim aktivnostima ledirane kožne regije.

Diskusija

U rešavanju izvesnih problema iz domena dekontaminacije posmatranje kinetike resorpcije radionuklida ima za cilj iznalaženje optimalnog vremena kada treba preduzeti odgovarajući tretman kojim bi se sprečila obimnija interna kontaminacija i omogućio dalji tretman hemijske opekotine.

Uočene razlike u brzini i stepenu resorpcije radiocezijuma preko kože povredjene kiselinom ili bazom mogu se objasniti odredjenim karakteristikama koagulacione ili kolikvacione nekroze, tj. činjenicom da jake kiseline i jake baze menjaju strukturu tkiva na mestu delovanja. Caustica acida taložе belančevine stvaranjem albuminata i okoreli deo koji tom prilikom nastaje umanjuje prodiranje elektrolita. Caustica basina rastvara belančevine i druge strukture, delujući u dubinu i stvarajući mekan površinski sloj usled čega izmenjena struktura resorptivne površine postaje propustljivija za elektrolite.

Izmene u karakteru i obimu resorpcije pri tretmanu vodom oštećene kože hemijskim agensima uslovljene su uklanjanjem same hemijske nokse, usled čega se resorpcija odvija kao i preko normalne kože (2, 3), ali sa većim intenzitetom zbog narušene intaknosti, a treba imati u vidu i uticaj hidratacije kontaktne barijere na penetraciju radiocezijuma.

Postignuta visoka efikasnost dekontaminacije izvedene 10 minuta nakon kontaminacije ukazuje da dekontaminacioni tretman treba izvesti što je pre moguće kada se radi o udruženim oštećenjima kože hemijskim agensima i dodatne kontaminacije radiocezijumom.

Zaključak

1. Intenzitet resorpcije radiocezijuma preko kože oštećene hemijskim agensima zavisi od vrste kaustičnog sredstva, odnosno od tipa oštećenja.

2. Resorpcija radiocezijuma je obimnija preko kože oštećene bazom i kontaminirane radiocezijumom, nego pri kontaminaciji kože oštećene kiselinom.

3. Hidratacija hemijske opekotine kontaminirane sa $^{137}CsCl$ uslovljava izrazito povećanje resorpcije radiocezijuma.

4. Količine radiocezijuma prodrle kroz hemijsku opekotinu ne uslovljavaju obimniju internu kontaminaciju organizma pri kratkom kontaktu.

5. Efikasnost dekontaminacije hemijske opekotine kontaminirane radiocezijumom je visoka (preko 99%) pri izvodjenju tretmana 10 minuta nakon kontaminacije.

6. Sredstva za dekontaminaciju sa različitim načinom delovanja, primenjena kod kontaminacije hemijske opekotine kože radiocezijumom u trajanju od 10 minuta, ne uslovljavaju značajne razlike u telesnom sadržaju radiocezijuma i rezidualnim aktivnostima ledirane kože.

*

* *

Autori zahvaljuju Radosavu Sapundžiću za tehničku saradnju.

Summary

This investigation concerns the absorption of radiocesium and degree of internal contamination through chemical burns of the skin. The possibilities of absorption prevention of radiocesium by protective cream has been investigated as well. In the work is discused the influence of the state of burned skin, duration of contact of radiocesium with burns, kinds of means and procedures for decontamination on the efficiency of decontamination burns estimated on the basis of total body burden of radiocesium and residual radioactivity in the contaminated region.

Reference

1. MICHON G., MAILLARD M.J.: Proc. of a Conference held in Mexico City, Ac.Press, London - New York, 3-10, 1962.

2. MILIVOJEVIĆ K., STOJANOVIĆ D.: Zbornik radova sa VI Jug. simp. zaštite od zračenja, 415-420, Ohrid, 1972.

3. STOJANOVIĆ D., MILIVOJEVIĆ K.: Proc. II European Congress IRPA, 331-334, Budapest, 1973.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20 - 23 maj 1975.

Dr S. Muždeka, Mr R. Ilić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča
Vojno tehnički institut Beograd

PROBLEMI VEZANI ZA KORIŠĆENJE OPREME I OBUKU KADROVA U VEZI SA PRIMENOM ZAKONA IZ OBLASTI ZAŠTITE OD ZRAČENJA

U v o d

Sve veće korišćenje radioaktivnosti - primena izotopa u industriji i medicini, nuklearne elektrane, brodovi i podmornice na nuklearni pogon, radioaktivni gromobrani i javljači požara, nuklearne baterije kao i velike količine nuklearnog oružja - predstavlja danas potencijalnu opasnost da dodje do zagadjenja životne sredine radioaktivnim elementima.

Nuklearne probe u periodu 1958-1963 registrovane su i u našoj zemlji, a koncentracije fisionih produkata u vazduhu dostizale su vrednost koje su i nekoliko stotina puta veće od današnjih proseka. Sadržaj stroncijuma u kostima bio je nekoliko puta veći 1963 u odnosu na kasnije periode. Razvojem mirnodopske primene nuklearne energije i koncetracijom velikih količina radioaktivnih materijala na jednom mestu, opasnost ozračivanja može se pojaviti u slučaju većih akcidenata i u mirnodopskim uslovima. Slučaj nuklearnog reaktora u Vindskejlu, padovi aviona koji su nosili nuklearne bombe, pad satelita koji je nosio nuklearnu bateriju i rasute količine plutonijuma, ne poznaju granice pojedinih zemalja. U vanrednim uslovima desetine kirija radioaktivnih materijala - u slučaju požara ili rušenja mogu ugroziti neposrednu okolinu.

Niz naučnika iznosi mišljenje da je atomska energija već toliko napredovala da se mogu praviti male atomske bombe za korišćenje u destruktivne svrhe. U slučaju korišćenja atomskih bombi ili mina sigurno je da opasnost može da iskrsne preko noći. Drug M. Ribičić je u TV emisiji 27 decembra 1973 izmedju ostalog izjavio:

"Odbacivali su našu tvrdnju da je odlaganje i odugovlačenje ove krize opasno po svetski mir, a dogadjaji su pokazali u 17 dana rata i pogotovo 25 oktobra u onoj presudnoj noći kada su svetom kružili mbombarderi sa atomskim bojevim glavama, da je svet na ivici jedne nove svetske katastrofe."

U svetu danas postoji organizovana mreža za kontrolu radioaktivnosti. U SAD je razradjen čitav sistem koji prikuplja podatke sa cele zemaljske kugle i u stanju je da prognozira širenje radioaktivnosti i mere koje treba preduzeti u slučaju da se bilo gde pojavi opasna količina radioaktivnosti. U Z.Nemačkoj postoje uz vatrogasne jedinice kompletne pokretne laboratorije, stanovništvo je masovno snabdeveno malim detektorima, u Francuskoj se u patrolnim kolima nalaze GM brojači, u nizu zemalja se u policijskim stanicama nalaze GM brojači sa alarmnim uredjajima, u Švedskoj su detektori smešteni na telefonske stubove i kontrola se lako vrši sa udaljenih mesta (kao ideja kod nas predloženo 1959). U većini zemalja organizovane su kompletne laboratorije za kontrolu uzoraka vazduha, hrane i vode kao i sistemi stacionarnih ili pokretnih stanica za merenje i kontrolu radioaktivnosti u vazduhu i padavinama. Veća skloništa opremljena su uredjajima za kontrolu radioaktivnosti i automatsko uključivanje filtara za vazduh u slučaju povećane kontaminacije sa fisionim produktima.

Utvrdjivanje postojanja i stepena opasnosti

Mere RHB zaštite realizuju se kroz otkrivanje i utvrdjivanje vrste i stepena opasnosti, preduzimanje mera lične i kolektivne zaštite i otklanjanje posledica izazvanih primenom RHB sredstava. Prema čl. 162 Zakona o narodnoj odbrani "radijaciono-biološko-hemijska zaštita organizuje se i sprovodi radi sprečavanja, ublažavanja i otklanjanja posledica od radijacionih, bioloških i hemijskih dejstava na stanovništvo, biljni i životinjski svet i materijalna dobra". Prema čl. 163 organizacije udruženog rada i druge organizacije obezbedjuju sredstva RHB zaštite i sprovode mere za kolektivnu zaštitu svojeg ljudstva dok opštine obezbedjuju sredstva i sprovode mere za kolektivnu zaštitu stanovništva i zaštitu biljnog i životinjskog sveta i materijalnih dobara na svojoj teritoriji. Prema čl. 165 opština organizuje otkrivanje i utvrdjivanje opasnosti od RHB sredstava i stara se o organizaciji RHB zaštite i sprovo-

djenju propisanih mera u slučaju neposredne ratne opasnosti i u ratu.

Složenost problema utvrdjivanja postojanja i stepena opasnosti, u slučaju nuklearnog udara, zbog razlike u vrsti i energiji zračenja i agregatnim stanjima u kojima se mogu javiti izvori zračenja, zahteva niz uredjaja za otkrivanje, merenje i analizu jonizujućih zračenja.

Prilikom utvrdjivanja postojanja nuklearne opasnosti potrebno je:

- odrediti zone u kojima postoji opasnost i obeležiti ih prema stepenu opasnosti;
- odrediti da li i koliku opasnost predstavljaju predmeti a posebno hrana i voda, izneti iz tih zona tj.odrediti stepen njihove upotrebljivosti;
- odrediti da li se postojeća opasnost pomera (npr. prisustvo radioaktivnog oblaka, i ako se pomera kojom brzinom i u kom smeru.

Radioaktivni materijali koji su se istaložili "zagadjuju" - kontaminiraju tlo, vodu, rastinje i razne predmete, dok oni koji se još nalaze u vazduhu zagadjuju isti. Udisanjem kontaminiranog vazduha i upotrebom zagadjene hrane i predmeta radiaotkvini materijali dospevaju u organizam. Poznata je činjenica da ista količina radioaktivnog materijala predstavlja mnogo veću opasnost, odnosno više oštećuje organizam, kada je uneta u njega, nego kada ga ozračuje spolja. Ovo je naročito izrazito kod emitera manje prodornog zračenja (alfa, beta).

Prema zakonskim propisima koji su u pripremi u sprovodjenju zaštite stanovništva od jonizujućih zračenja preduzimaju se mere u koje izmedju ostalog spada "otkrivanje prisustva, vrste i jačine jonizujućih zračenja" i dalje: "radi blagovremenog sprečavanja opasnosti od jonizujućih zračenja vrši se stalno ispitivanje radioaktivne kontaminacije vazduha, zemljišta, reka, jezera i mora, čvrstih i tečnih padavima, a vode za piće, ljudske i stočne hrane prema potrebi".

Izbor metoda merenja i opreme

U mirnodopskim uslovima javlja se potreba za merenjem relativno niskih radijacionih polja do reda mR/h. Kontaminacija životne sredine potiče uglavnom od prirodne radioaktivnosti i zaostataka "padavina" koje su danas reda pCi po gramu uzetog uzorka.

Zbog toga su i metode pripreme uzoraka za merenje složene i zahtevaju dosta vremena i specijalizovanu opremu, koja je često veoma skupa. Takodje je moguće obezbediti merenje uzoraka u poljima gde je osnovni nivo zračenja veoma nizak.

Uredjaji koji se koriste u vanrednim uslovima za merenje kontaminacije životne sredine treba da budu sposobni da ispravno rade i u poljima zračenja od nekoliko mR/h. Metode koje se koriste za pripremu uzoraka i za merenje treba da omoguće brzo dobijanje rezultata, što je od prvenstvenog značaja, naročito u slučajevima kontaminacija većeg stepena. Obzirom na očekivane nivoe kontaminacije i dozvoljene nivoe specifične aktivnosti metode tzv. debelog uzorka imaju znatna preimućstva nad metodama tankog uzorka, koje se obično primenjuju u mirnodopskim laboratorijskim uslovima jer se sva priprema uzetog uzorka svodi na davanje pogodnog oblika (isecanjem, presovanjem i sl.) uzorku koji se kontroliše na radioaktivnost. Dozvoljeni nivoi specifične kontaminacije za fisione produkte se kreću za ljudsku hranu i vodu od reda 0,3 do nekoliko desetina μCi/kg odnosno μCi/l. Prema tome sva merna mesta koja treba da kontrolišu hranu i namirnice u vanrednim uslovima pri kontaminaciji sa fisionim produktima i da daju odgovarajuće preporuke vezane za unošenje radioaktivnosti u organizam mora da imaju odredjenu metodologiju za pripremu uzoraka i merne instrumente koji su u stanju da mere specifičnu aktivnost reda 0,5 μCi/kg. Ovo praktično znači da je prihvatljiv metod i oprema koja je u stanju da meri specifičnu aktivnost KCl sa greškom do $\pm$ 40%. Merna mesta koja nisu u stanju da izvrše ovu analizu ne mogu se koristiti u vanrednim uslovima za davanje ocene i preporuka vezanih za upotrebu kontaminirane hrane vode i sl.

Pored tipizacije opreme i metodologije važno je da ista poseduje odgovarajući kvalitet, ateste i da je obezbedjeno servisiranje remont i zanavljanje potrebnih zaliha.

Do sada je razvijeno i koristi se više tipova radiometrijskih laboratorija:

LARA-10 - komplet za merenje specifične aktivnosti fisionih produkata, za merenje jačine polja i površinske kontaminacije, za pripremu uzoraka i analizu i davanje preporuka. U mirnodopskim uslovima omogućava selekciju uzoraka sa povećanom aktivnošću.

LARA-2 - komplet za pripremu i merenje uzoraka sa istom metodologi-

jom kao kod LARA-10, samo sa manjim mogućnostima merenja u poljima zračenja, i u pripremi uzoraka.

LARA-2D - sa osobinama kao LARA-2 i digitalnim očitavanjem.

LARA-5 - komplet za merenje niskih aktivnosti pomoću antikoincidentne metode, i sa posebnim pripremama uzoraka (uparivanje, spaljivanje).

LARA-1 - školski komplet za indikaciju radioaktivnosti.

LARA-1D - školski komplet sa digitalnim pokazivanjem.

Kao univerzalni monitori koriste se uredjaji tipa KOMO-TM i KOMO-TN, odnosno radiološki detektori tipa DR-11M i DR-M3.

Metodologija i oprema za merenje specifične aktivnosti fisionih produkata, koja je danas prihvaćena za potrebe civilne zaštite, sadržana je u radiometrijskoj laboratoriji tipa LARA-10 i sa manjim mogućnostima u LARA-2 odnosno LARA-2D.

ORGANIZACIONI PROBLEMI I OBUKA KADROVA

Postoji više mogućnosti za organizaciju službi R zaštite koja bi radila u mirnodopskim uslovima a bila bi spremna da se u slučaju potrebe uključi kao služba u vanrednim uslovima.

Jedan od pokušaja je Pravilnik o merama za učešće u RHB zaštiti (sl. glasnik SRS 27/70). Prema pravilniku obrazuje se:

- stanica za RHB zaštitu,
- centri za RHB zaštitu,
- specijalističke laboratorije za RHB zaštitu.

Stanica za RHB zaštitu vrši u odnosu na R komponentu:

a) detekciju beta i gama zračenja u uzorcima životne sredine i biološkog materijala (vazduh, voda, hrana, sanitetski materijal i lekovi) prenosnim uredjajima;

b) dozimetriju X i gama zračenja.

Centar za RHB zaštitu, pored mera koje spadaju u obradu uzoraka u stanici RHB zaštite naročito vrši (izmedju ostalog):

a) merenje specifične radioaktivnosti u uzorcima životne sredine i biološkog materijala kontaminiranog fisionim produktima.

Specijalističke laboratorije su namenjene za konačnu identifikaciju nepoznatih supstanci u životnoj sredini, za učešće u proceni RHB zaštite i za praćenje naučnih i stručnih dostignuća iz oblasti RHB zaštite.

Organi i organizacije koji se uključuju za istraživanje ovih zadataka bili bi:

a) instituti (nuklearni, hemijsko-tehnološki, veterinarski, zdravstveno-medicinski, poljoprivredni i sl.);
b) hidrometeorološka služba;
c) organizacija udruženog rada koje se u okviru redovne delatnosti bave kontrolom vazduha, vode, hrane, lekova iz oblasti zdravstva, veterinarstva, poljoprivrede;
d) organizacije udruženog rada koje raspolažu laboratorijama i odgovarajućim kadrovima (prehrambena industrija, hemijska industrija i sl.);
e) srednje, više i visoke škole i fakulteti.

Pokušaji organizovanja službi Radiološke zaštite što su dati u pomenutom Pravilniku zaslužuju pažnju i s obzirom na potencijalne opasnosti od R-kontaminacije u miru, a naročito u ratu potrebno je veće angažovanje organa uprave i organizacije udruženog rada na sprovodjenju donetih propisa.

Da bi se oprema mogla koristiti potrebno je obratiti posebnu pažnju osposobljavanju kadrova kroz kurseve i stalnoj kontroli u odredjenim vremenskim intervalima osposobljenosti kadra kroz organizovanje vežbi i merenja nepoznatih uzoraka. Korisno bi bilo proveravanja osposobljenosti izvoditi na specijalizovanim poligonima.

Za osposobljavanje kadrova specijalizovanih za radiometrijska merenja i davanje preporuka u vezi sa utvrdjivanjem stepena opasnosti potrebno je organizovati više kurseva različitog karaktera i to:

1. Za osnovni kadar kurs merenja u zaštiti od zračenja u trajanju od 5 nedelja:
- opšti deo o zračenju i zaštiti - 3 nedelje
- merenja u mirnodopskim uslovima -1 nedelja
- merenja u vanrednim uslovima - 1 nedelja

2. Kurs za rutinski rad sa radiometrijskom laboratorijom tipa LARA-10 u trajanju od 6 radnih dana (uz prethodno poznavanje osnovnih pojmova iz radioaktivnosti).

3. Kurs za rutinski rad sa radiometrijskom laboratorijom tipa LARA-2 ili LARA-2D u trajanju od 4 radna dana.

4. Kurs za upoznavanje i rad sa LARA-1 i LARA-1D u trajanju od 3 radna dana.

Opšti kursevi zaštite od zračenja, koji su do sada organizovani a u okviru kojih je radiometrijskim merenjima bilo posvećeno nekoliko časova, nisu usaglašeni sa zadacima koji su postavlje-

ni zakonom u vezi sa otkrivanjem i utvrdjivanjem stepena opasnosti. Ovo ističemo zato što osnovu utvrdjivanja stepena opasnosti i sprovodjenja mera za kolektivnu zaštitu stanovništva i biljnog i životinjskog sveta čine verodostojna radiometrijska merenja, a za to su potrebni posebno obučeni kadrovi i odgovarajuća oprema. Sa tako obučenim kadrovima i dobro organizovanom mrežom za merenje radioaktivnosti u mirnodopskim uslovima, može se u svakom momentu otkriti povišena radioaktivnost i takva organizacija može da odgovori zahtevima koji se pred nju postavljaju u vanrednim uslovima.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi, 20-23 maj 1975.

Prof. dr. S. Muždeka, mr. D.Danilović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

PRILAZ PROBLEMU ODRŽAVANJA ELEKTRONSKE OPREME U RADIOMETRIJSKOJ LABORATORIJI

Rezime:

U novim uslovima održavanja elektronske instrumentacije ušteda materijala postaje osnovni zahtev. Naučni prilaz ovom problemu postaje neizbežan. U radu je analiziran pristup proračunu zaliha rezervnog elektronskog materijala sa gledišta verovatnoće da se neće desiti više od r otkaza u datom vremenu. Obradjen je kratak primer primene ove zakonitosti. Dat je nov pristup obeležavanju parametara u električnoj šemi, uvedene oznake za parametar toka otkaza i koeficijent opterećenja, a prikazan je i dijagram raspodele ukupnog parametra toka otkaza po komponentama. Ovakva analiza pruža mogućnost projektantu da razmotri pouzdanost elektronskih komponenata, a službama održavanja olakšava dijagnozu greške.

Uvod

Jedan od najvažnijih problema u organizaciji održavanja je predvidjanje kvaliteta i kvantiteta komponenata koje ulaze u sklop uredjaja. Organizovana služba održavanja uredjaja zahteva odredjenu opremu za potrebe merenja i kontrolu, a naročito odgovarajuće zaliche elektronskog materijala koji se najviše troši. U ovom slučaju treba tačno definisati minimalne uslove iskorišćenja uredjaja. Pri tome se mora obratiti pažnja na to da ne dodje do predimenzionisanja zaliha, što bi izazvalo nepotrebno povećanje troškova, ili pak do poddimenzionisanja, što dovodi do većeg ili manjeg povećanja vremena potrebnog za popravku uredjaja. U zadnjim godinama ovakve potrebe u eksploataciji uredjaja dovele su do pojave novih naučnih disciplina, što je omogućilo velike uštede u materijalu i troškovima.

Kod otklanjanja grešaka od naročitog je interesa i totalno vreme popravke uredjaja Ti. Ono se sastoji od vremena dijagnoze TD = TD1 + TD2, gde je TD1 vreme dijagnoze na nivou podsklopova a

TD2 vreme dijagnoze na nivou komponenata u sastavu odredjenih podsklopova, vremena popravke TR, vremena kontrole remontovanog uredjaja TC, kao i vremena demontiranja i ponovnog montiranja uredjaja. Kod uredjaja sa štampanim pločicama potrebno vreme popravke (Ti') se skraćuje obzirom na mogućnost jednostavne zamene kartice[1].

Naučno postavljanje problema potrebnog vremena za opravku uredjaja omogućava da se unapred proceni srednje vreme popravke $\overline{M}c$[1]. Ono je dato izrazom:

$$\overline{M}c = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ni \cdot \lambda i \cdot Ti}{\sum_{i=1}^{n} Ni \cdot \lambda i} \qquad (1)$$

gde su

Ni broj istih komponenata korišćenih u uredjaju,

λi parametar toka otkaza i-te komponente,

Ti procena vremea potrebnog za opravku i-te komponente (dijagnoza, popravka i kontrola).

Kod službe održavanja od interesa su i neki drugi parametri: administrativno čekanje, dotur ili snabdevanje elektronskim materijalom, ljudski faktor - stručna sprema, kvalitet dokumentacije održavanja.

U ovom radu se obradjuje problem zaliha rezervnog elektronskog materijala i primena metoda na konkretan uredjaj, brojački komplet SVIT-10.

Pristup proračunu zaliha rezervnog materijala

Kod ovog proračuna pretpostavlja se da komponente učestvuju u radu uredjaja i da ne dolazi do otkaza komponenata na skladištu.

Verovatnoća otkaza u vremenu T data je izrazom

$$P = e^{-\lambda T} \qquad (2)$$

gde je λ intenzitet otkaza uredjaja[2].

Ako radi N uredjaja istog tipa u vremenu T i ako svaki uredjaj sadrži n_i komponenata istog tipa sa odgovarajućim parametrom toka otkaza λi, verovatnoća da će se desiti više od r otkaza za dati tip komponente u tom vremenu data je Poisson-ovim zakonom

$$P(r) = \sum_{j=o}^{r} \frac{e^{-(N.ni.\ \lambda i)T} \cdot (N.ni.\ \lambda i.T)^{j}}{j!} \qquad (3)$$

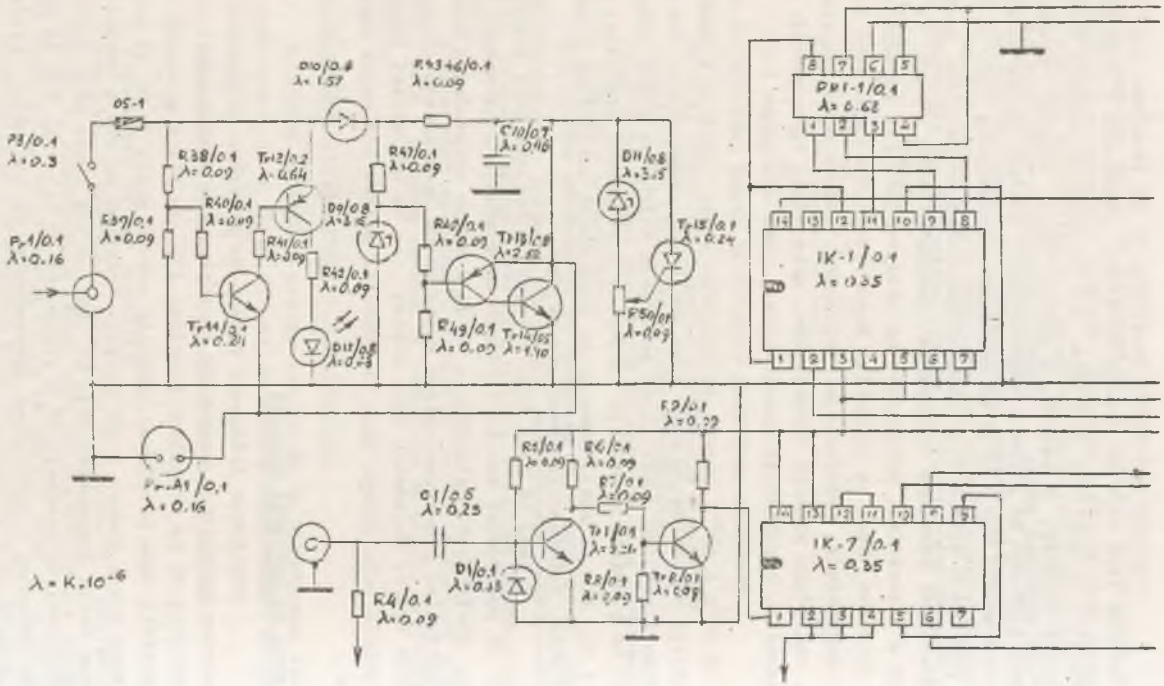
Obrazac praktično omogućava da se izračuna broj komponenata svakog tipa koje se moraju nalaziti stokirane i neposredno upotrebljive za popravku uredjaja, ako se unapred postavi vreme eksploatacije uredjaja (6 meseci, 1 godina itd.), unapred odrede tačni parametri otkaza uz primenu odgovarajućih faktora popravke na nominalne vrednosti, kao i unapred odredjena verovatnoća P(r) da neće doći do prekida u doturu rezervnog elektronskog materijala, naime da neće nedostajati potrebne komponente. Parametar toka otkaza λi koji se daje u literaturi, prezentira od proizvodjača ili odredjuje na osnovu iskustva, mora se popraviti korekcionim faktorom koji je funkcija temperature, opterećenja komponente, uslova u kojima uredjaj radi, cikličnih promena temperature, mehaničkih opterećenja, povećane vlažnosti, ozračivanja neutronskim i gama zračenjem itd.

Proračun rezervnog materijala treba izvršiti za temperaturu od 20°C i 50°C. Ovakav se proračun treba izvršiti i zbog toga što uredjaji dobrim delom rade i na povišenoj temperaturi. Ovo bi omogućilo i analizu eventualnog povećanja zaliha na višoj temperaturi kako sa gledišta povećanja troškova, pouzdanosti uredjaja, gotovosti i dr. što bi moglo dovesti do konkretnih zaključaka u pogledu povratnih informacija prema projektantu.

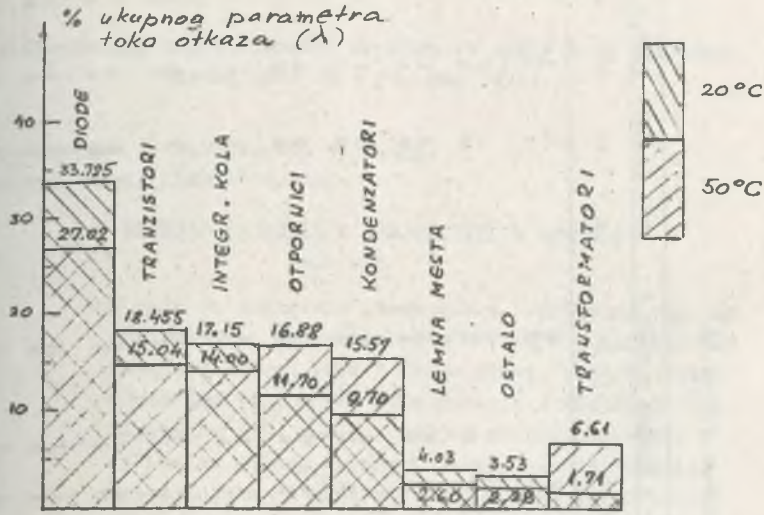
U radu je data šema u kojoj se koriste novi parametri vezani za pouzdanost kao koeficijent opterećenja i parametar toka otkaza. Koeficijent opterećenja Kt daje radno opterećenje komponente procentualno prema nominalnom dozvoljenom opterećenju (snaga, napon, struja itd.). Parametar toka otkaza λi je korigovani nominalni parametar toka otkaza koji je funkcija uslova pod kojim komponenta radi.

Primena na brojački komplet

Prethodna izlaganja vezana za proračun minimalnih zaliha rezervnog materijala potrebnog za održavanje elektronskih uredjaja primenjena su na brojačkom kompletu (3). Na sl. 1 prikazan je deo električne šeme brojačkog kompleta samo u cilju da bi se pokazala primena novih oznaka i parametara. Zadržane su stare oznake tipa i rednog broja komponente (R1, C2 itd.) a iza kosih crta uveden je koeficijent opterećenja Kt u vrednosti od 0,1 - 1, što je zapravo odnos stvarnog i nominalnog opterećenja. Za nominalno opterećenje uzima se faktor 1. Takodje je data vrednost parametra toka otkaza za svaku komponentu λi, preračunata za korekcioni faktor i radnu temperaturu od 20°C.



Sl.1 Dec električne šeme brojačkog kompleta



Sl.2 Dijagram raspodele parametra toka otkaza

Na sl. 2 prikazan je dijagram raspodele ukupnog parametra toka otkaza u procentima na odgovarajuće grupe komponenata (diode, tranzistori, integrisana kola, otpornici, kondenzatori, transformatori, lemna mesta i ostalo) za temperaturu od 20°C i 50°C. Iz dijagrama se vidi povećanje procentualnog učešća u ukupnom λ nekih komponenata, otpornika, kondenzatora, a naročito transformatora na povećanoj temperaturi. Ovakav grafik pruža mogućnost projektantu da razmotri problem pouzdanosti elektronskih komponenata u različitim temperaturnim uslovima, a organizaciji održavanja olakšava dijagnozu greške.

U tabeli br. 1 date su zalihe rezervnog materijala za neke od komponenti pri verovatnoći otkaza P(r) = 0,90. Tabelarni pregled je radjen za temperature od 20°C i 50°C, za korišćenje opreme u kontinualnom radu od 6 meseci ili 12 meseci i za ukupan broj od 10, 20 ili 50 kompleta. Pored toga u Tabeli su dati koeficijenat opterećenja Kt i preračunata vrednost parametra toka otkaza komponente λi.

LITERATURA

1. Gujot C.: "Initiation a la maintenabilite´" Dinod, Paris. 1969
2. Blin A., Francois B."Etude de la maintenabilite du plurimat-20 da la societe interttechnique" Cea-R-4487, Saclay, 1973.
3. S.Muždeka i dr. Radiometrijska laboratorija, ETAN, 1972.

TAB. broj 1.
Zaliha rezervnog materijala za verovatnoću otkaza P(r)=0,90

Tip komponente	Kt	Temperatura C^o	λi $10^{-6}\cdot c^{-1}$	Broj po aparatu, ni	T = 6 meseci = 4320 č			T=1 godina= 8640 č		
					N = 10	20	50	N = 10	20	50
BFJ 98		20	0,24	7	0	1	1	1	1	2
tranzistor	0,1	50	0,32		0	1	1	1	1	2
BFJ 64	0,1	20	0,24	2	0	0	1	0	0	1
tranzistor		50	0,32		0	0	1	0	1	1
BFJ 64	0,2	20	0,64	1	0	0	1	0	1	1
tranzistor		50	0,72		0	0	1	0	1	1
BFJ 64	0,8	20	2,52	1	1	1	2	1	1	2
tranzistor		50	3,12		1	1	2	1	2	3
BC 235	0,1	20	0,24	1	0	0	0	0	0	1
tranzistor		50	0,32		0	0	0	0	0	1
BFJ 49	0,8	20	2,52	1	1	1	2	1	1	2
tranzistor		50	3,12		1	1	2	1	2	3
2N 3055	0,5	20	1,40	1	0	1	1	1	1	2
tranzistor		50	1,80		0	1	1	1	1	2
EA 828	0,1	20	0,15	3	0	0	0	0	0	1
dioda		50	0,20		0	0	1	0	1	1
IC 8490 N		20	0,35	9	1	1	2	1	2	3
integr.kolo		50	0,45		1	1	2	1	2	4
TF-1	0,7	20	0,90	1	0	0	1	0	1	1
transformator		50	5,40		1	1	3	1	2	4

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20 - 23. maj 1975.

Mr. Dragoljub D. Damljanović dipl.ing.
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

UREDJAJ ZA MERENJE RADIOAKTIVNIH AEROSOLA ACA - 5

U radu je prikazana izmenjena i poboljšana varijanta uredjaja za kontinualno merenje radioaktivnih aerosola. Pored prve i druge glave, koje je imala prethodna varijanta, ovde postoji i mogućnost priključenja G.M. sonde. Uredjaj ima i komparator i izlaze sa jednog radnog i jednog mirnog kontakta relea kojima se može aktivirati neki izvor alarmnog signala u slučaju da radioaktivnost aerosola predje neki zadati nivo. Sva elektronska kola su izmenjena čime je postignut sigurniji rad uredjaja i duži vek gard-brojača u drugoj glavi.

U Laboratojiji za elektroniku Instituta "Boris Kidrič" u Vinči ranije je bila razvijena jedna aparatura za kontinualno praćenje radioaktivnosti aerosola koja je imala naziv ACA - 2. Sada je razvijena nova koja bazira na istom principu i služi istoj svrsi ali je poboljšana i ima šire mogućnosti. Ovde će biti prikazane glavne električne šeme i objašnjeno ono što je novo dok se ostali podaci i teorijska objašnjenja mogu naći u referencama koje su navedene.

Kao i ranije razvijena i eksploatisana aparatura (1-2) i ova nova koristi dve detektorske glave kojima se meri radioaktivnost prikupljenih aerosola na pokretnom filter papiru. Filter papir se pokrece pomoću motora sa reduktorom pri čemu izlazna osovina reduktora napravi jedan obrtaj za 24 časa. Prva glava je nepokretna i detektuje radioaktivne čestice na mestu gde vazduh prolazi kroz filter papir. Druga glava se može pomerati tako da detektuje zračenje na mestu na traci koje je više ili manje udaljeno od mesta usisavanja čime se postiže vremensko kašnjenje u odnosu na merenje prvom glavom. To omogućuje da se vrši razlikovanje dugoživećih od kratkoživećih izotopa u aerosolima. Pored ova dva detektora koji su i ranije bili korišćeni, uz novu aparaturu može da se koristi i treći detektor koji se u

vidu sonde priključuje spolja. Njom se može meriti jačina polja na mestu gde se uredjaj nalazi ili vršiti kontrola kontaminacije aparature ili njene neposredne okoline. Postoji još jedna mogućnost koje nije bilo kod prethodne varijante. Sada u uredjaju postoji komparatorsko kolo, koje u slučaju da radioaktivnost aerosola predje neki zadati nivo, aktivira rele sa čijih kontakta postoji izlaz te se tako može uključiti neki alarmni uredjaj, otvoriti ili zatvoriti neka vrata itd... Postoje izlazi sa jednog mirnog i jednog radnog kontakta relea.

Kao i ranije aparatura se sastoji iz tri celine: pumpe sa elektromotorom za usisavanje vazduha, uredjaja sa detektorima i pogonom za filtersku traku i trećeg dela kojim se vrši registracija rezultata merenja. Ranije je ovaj treći deo sadržao pisač a sada je ostavljena mogućnost izbora načina za registraciju. Iz centralnog dela aparature dolaze uobličeni impulsi, a kako će se oni brojati i registrovati zavisi od namene aparature, zahtevane tačnosti itd... Rejtmetar ili skaler, pisač ili štampač boće sast vni deo tog trećeg dela aparature ACA -5. U daljem izlaganju govoriće se samo o glavnom delu aparature i u užem smislu njega ćemo zvati ACA -5.

Na Sl.1. prikazana je blok šema koja pokazuje kakva je koncepcija uredjaja sa stanovišta elektronike. Osnovno napajanje je mreža 220V. Mrežni ispravljač i stabilizator daju stabilisan jednosmerni napon od 5V. Napaoni od 550V i 1000V potrebni za rad gajgerovih brojača dobijaju se pomoću DC-DC konvertora čiji je osnovni princip prikazan u jednom ranijem članku (3) a šira teorijska objašnjenja se mogu naći u referenci (4).

Prva glava sadrži G.M. brojač 1854 u olovnom kućištu koje ga štiti od zračenja iz okoline. Druga glava sadrži dva G.M. brojača, jedan za detekciju radioaktivnih čestica iz aerosola a druga za smanjenje odbroja usled kosmičkog fona. Njihovi impulsi se dovode u kolo za antikoincidenciju. Na izlazu iz ovog kola pojavljuju se (uobličeni) impulsi samo u slučaju da na njegov ulaz dodje impuls iz osnovnog detektora a da drugi detektor (gard--brojač) ne daje ništa. Ukoliko se na ulazu pojave impulsi istovremeno iz oba brojača, na izlazu iz antikoincidentnog kola se ne pojavljuje impuls. Šema antikoincidentnog kola da ta je na Sl.2.

Impulsi iz gajgerovih brojača u prvoj glavi i sondi se

takodje uobličuju pre nego što se dovedu na izlazni konektor. Tako postoje tri impulsna izlaza: iz G.M. sonde, iz prve glave i iz druge glave. U slučaju potrebe moguće je koristiti i jednosmerni napon od 5V, recimo ako se u dodatnom uredjaju za brojanje i registraciju impulsa takav napon zahteva.

Kolo za alarm se priključuje na izlaz iz prve glave a po posebnom zahtevu može se priključiti na izlaz iz G.M. sonde. Sadrži rejtmetar i komparator kojim se aktivira rele. Rejtmetar je napravljen na bazi pumpnog kola a ulogu komparatora ima jedan diferencijalni pojačavač. Da bi se aktiviralo glavno rele upotrebljeno je još jedno pomoćno. To je rid rele koje se aktivira neposredno komparatorom koji radi sa niskim naponom od 5V a kontaktima rid relea se uključuje glavno rele koje radi sa naponom od 220V. Glavno rele je dovoljno snažno da može da uključi neku sirenu ili manji elektromotor.

Alarmni nivo se odredjuje veličinom kondenzatora u pumpnom kolu. Ovde je predvidjeno da se ekvivalentna kapacitivnost kondenzatora menja serijskim vezivanjem jednog ili više kondenzatora iste vrednosti. Tako je postignuto da se alarmni nivo može menjati u odnosu 1:2:3:4:5. Što je ekviva lentna kapacitivnost manja alarmni nivo je viši i obratno.

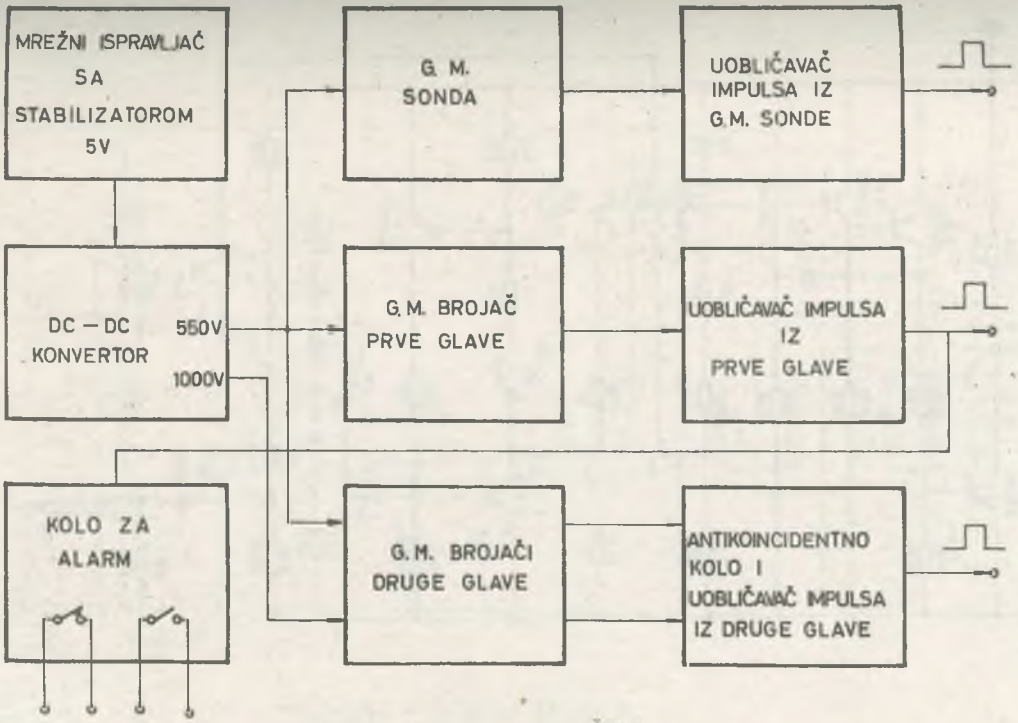
To je kratak opis uredjaja za kontinualnu kontrolu aerosola ACA - 5. Treba izraziti posebnu pohvalu i zahvalnost tehničkom saradniku Djantar Karlu koji je svojom snalažljivošću kako u elektronici tako i u mehanici doprineo da ovaj uredjaj dobije svoju sadašnju formu.

APPARATUS FOR MEASUREMENT OF RADIOACTIVE ÆROSOLS ACA -5

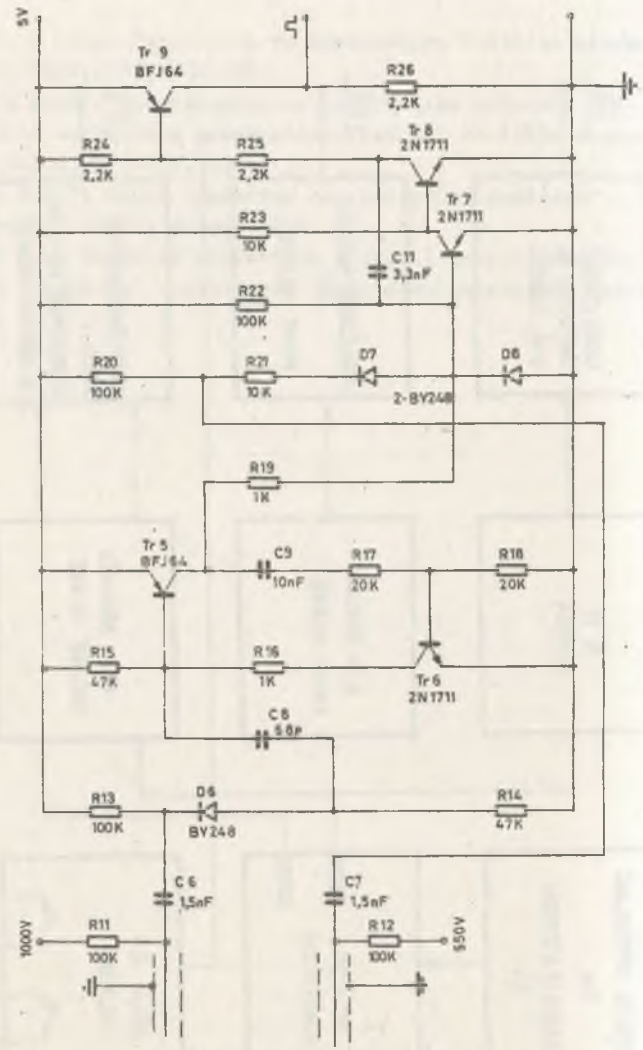
Aparatus ACA-5 for the continous control of radioactive aerosols as an improved version in comparison with the previous type ACA-2 is described. It has new abilities and quite new electronic circuits. It contains two detectors for aerosols radioactivity measurement and one G.M. probe for the dose rate measurement in the ambience where the apparatus is installed. It has a comparator by which an alarm can be switched on in the case when the aerosols radioactivity overgrows a given level.

Reference:

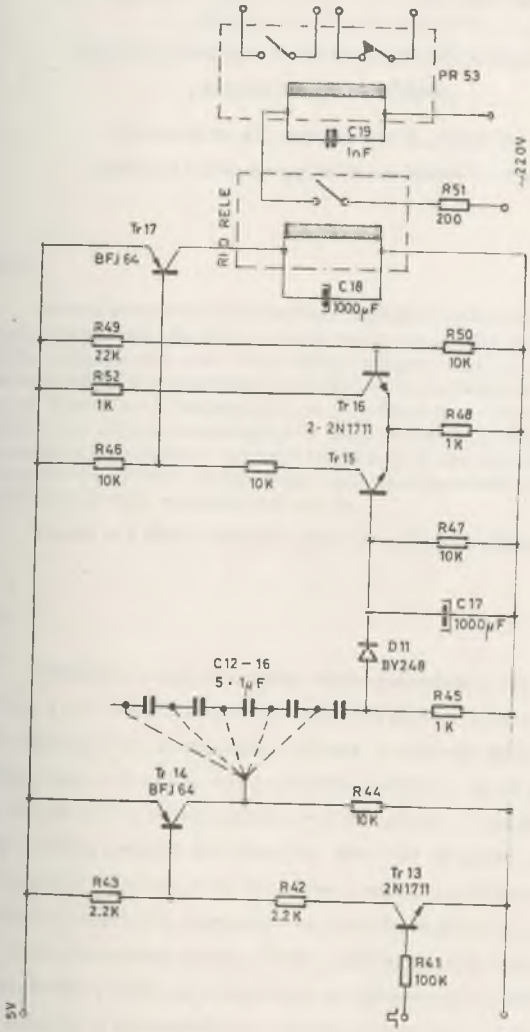
1. Muždeka D.S. i drugi:"Aparatura za kontinualnu kontrolu aerosola ACA -2", ETAN 1963, 351-355.
2. Kovač J.B. i drugi:"Measurements of radioactive aerosols and low level beta activities using simplified and reliable circuits", ACTA IMECO, 453-463, 1964.
3. Damljanović D.D."A DC-DC converter for radiation monitors", Isotopen praxis, 28-30, Januar 1974.
4. Damljanović D.D."Doprinos konverziji i stabilizaciji jednosmernog napona napajanja", magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, 1973.



Sl.1. ACA - 5: BLOK ŠEMA



Sl.2. ACA - 5: ANTIKOINCIDENTNO KOLO



31.3. ACA - 51 KOLO ZA ALARM

VIII Simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg-Novi 20-23. maj 1975.

VELIKA INTEGRISANA KOLA U INSTRUMENTACIJI ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Koturović M.A., Damljanović D., Kosić P.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

REZIME

Iznose se osnovne karakteristike tehnološki novih komponenata u elektronici: velikih integrisanih kola (LSI). Porede se njihove osobine sa osobinama analognih, starijih, komponenata: cevi, tranzistora i integrisanih kola (IC). Razmatraju se pogodnosti upotrebe ovih komponenata u gradnji instrumentacije za zaštitu od zračenja, s obzirom na dimenzione karakteristike, na potrošnju i dr., i posebno s obzirom na to da se upotrebom velikih integrisanih kola mogu jednostavno veoma proširiti funkcionalne mogućnosti instrumenata (unošenje kalkulatora u sam instrument na primer). Da bi se mogućnosti upotrebe velikih integrisanih kola ilustrovale daju se kao primeri neka od rešenja koja takve elemente već sadrže.

Iznose se i ideje o mogućim strukturama novih rešenja.

UVOD

Tehnološki razvoj proizvodnje elektronskih kola u vidu integrisanih blokova ima uticaja u svim domenima primene elektronskih kola, a dozvoljava prodor elektronike i u oblasti gde ona do sada nije korišćena. Tu svakako spada i elektronska instrumentacija, koju je u opštem slučaju potrebno koristiti u zaštiti od zračenja, i koja pripada domenu koji se naziva nuklearnom elektronikom. To polje, veoma široko da bi u jednom ovakvom pregledu bilo obradjeno, biće ovde ograničeno na osnovnu instrumentaciju za nadzor i kontrolu - onu što se često naziva monitorima i dozimetrima. Time je odredjen i tip velikih integrisanih kola koji će se prikazati: to su brojačka kola i kola izvora vremenskih signala. Pošto korišćenje velikih integrisanih kola dozvoljava puno slobode i pruža puno mogućnosti za komponovanje izložiće se i ideja o proširenju mogućnosti standardnih instrumenata. U narednom poglavlju, osim pregleda razvoja integrisanih kola, daće se i neki od razloga uvodjenja tehnologije integrisanih kola što će objasniti i pogodnosti njihove upotrebe u instrumentima za zaštitu od zračenja.

O RAZVOJA INTEGRISANIH KOLA

Savremenu elektroniku karakteriše opšta zamena elemenata kao što su tranzistori, mikro moduli i druge diskretne komponente ili njihovi skupovi, integrisanim kolima. Ta zamena se ne svodi na samo prostu zamenu - ona nosi sa sobom i puno elemenata novine u pristupu projektovanja sistema koji sadrže nove komponente i to pre svega u izmenama osnovnih koncepcija o strukturi, mogućnostima i složenosti sistema.

Razvoj elektronike karakteriše se stalnim uvećavanjem složenosti elektronskih uredjaja. Taj porast, kao srednju vrednost, ima faktor deset za period od deset godina. Tako, na primer, telegrafski predajnik je 1920 godine imao 10-20 detalja, radioprijemnik je 1930 godine imao 100-200 detalja, oscilograf je 1940 godine sadržavao 1000-2000 detalja, a za posleratne godine se kao primer može uzeti uredjaj televiziskog predajnika (1950 g.) sa 10000 - 20000 detalja i komplikovana elektronska računska mašina sa (1960 g.) 100000 - 200000 detalja (Ref.2). U naše doba projektuju se i nalaze primenu veliki kompleksi sa više računara (u satelitskoj tehnici, na primer) koji sadrže i za red veličine više detalja.

Da bi se uprostila montaža i održavanje, a takodje da bi se uvećala pouzdanost, već se pri izgradnji i projektovanju i manjih računara prešlo na primenu standardizovanih funkcionalnih blokova - modula, koji su u sebi sadržavali isto tako uniformne funkcionalne module - elektronska kola. Stalno uvećavan broj komponenata u gradjenim uredjajima, uz problem gradnje, postavljao je ne manje značajan problem problem povećanja zapremine i mase uredjaja što je od posebnog značaja bilo za pokretne aparature. U borbi protiv te tzv. "tiranije količine" pošlo se od minijaturizacije standardnih korišćenih komponenata, da bi se sa tim vršile i ozbiljnije tehnološke promene u proizvodnji te da se posle tzv. mikromodula, predje na višeslojne mikromodule i da bi se formirala naučno-tehnička grana elektronike poznata kao mikroelektronika. Kao osnovno dostignuće mikroelektronike može se smatrati realizovanje integrisanih (ili integralnih) kola.

Pod integralnim kolom podrazumeva se elektronsko kolo stavljeno u hermetički zatvoreno telo, a u tom kolu funkcije pojedinih elektronskih elemenata ili njihovih skupova, obavljaju oblasti od provodnog, poluprovodničkog ili delektričnog materijala. Engleska reč "integration" korišćena je ovde u njenom smislu koji označava objedinjavanje u celinu. Sledstveno tome rizična celovitost, nedeljivost - to je osnovna karakteristika koja razlikuje integrisana kola od modula i mikromodula. Tranzistori,

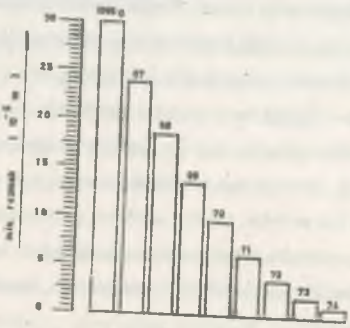
otpornici, diode i veze i integrisanim kolima formiraju se, po pravilu, u toku niza tehnoloških operacija i ne mogu da budu konstruktivno odvojeni jedno od drugog.

Prvi koraci u domenu integrisanih kola vezuju se za 1958. godinu kada su stručnjaci američke firme "Texas Instruments" predložili da se jednom kristalu sislicijuma formiraju različite oblasti, koje bi obavljale funkciju pojedinih elemenata elektronskih kola. (Ref. 3). Prvo integrisano kolo u prodaji se pojavilo u SAD u 1960. godini (Ref. 4). To je bio početak velikih promena u elektronici koje su vremenom dovele do toga da su na mnogim mestima potpuno uklonjeni iz elektronskih uredjaja tradicionalni detalji kao što su pojedinačni tranzistori, kondenzatori, otpornici i slično.

Razvoj integrisanih kola ide u osnovi putem povećanja stepena integracije. Pod stepenom, ili nivoom, integracije podrazumeva se broj elemenata obuhvaćenih jednim integrisanim kolom. U običnim integrisanim kolima, stepen integracije je relativno nizak: ne prelazi 50-60 elemenata, ali zato savremeni razvoj te tehnike dozvoljava formiranje integrisanih kola sa srednjim nivoom integracije (MSI) gde se ima 200-300 elemenata, a kao najnovije rezultate daje velika integrisana kola - od posebnog interesa za ovaj rad - (LSI) koja sadrže više od 400 elemenata, da bi u mnogim slučajevima imala i po nekoliko hiljada elemenata integrisanih u sebi. Tako se na primer pravi na kristalu dimenzija 4, 5 x 4, 5 mm po 360 logičkih kola i 160 triger-a potrebnih da bi se realizovale aritmetičke operacije sa 12-to cifrenim brojevima (Ref. 5).

Dimenzije, masa i potrošnja elektronskih uredjaja pri primeni integrisanih kola znatno se smanjuje, što je od posebnog značaja za uredjaje koji su vezani za pokretne objekte. Smanjenje dimenzija uredjaj može se okarakterisati povećanjem gustine pakovanja. Ako je za običnu montažu gustina pakovanja, izražena brojem elemenata u cm^3, data sa 0.1 - 0,2 el/cm^3, za mikromodularnu tehniku ona iznosi 10 do 20 el./cm^3, da bi za poluprovodnička integrisana kola iznosila 50-1000 el/cm^3.

O napredtku tehnologije proizvodnje integrisanih kola, koja nas u ovome radu ne zanima, može se steći dobra slika ako se vidi kako se menjalo korišćeno standardno rastojanje kojim su razdvajane oblasti na kristalu, sa suštinskim različitim svojstvima. Ta promena je grafički prikazana na sl.1. Metodama precizne fotografije taj zazor je sveden na manje od 2.10^{-6}m a uvodjenje elektronskog mlaza smanjenje toga zazora na 1.10^{-6}m i manji (Ref. 6).



Sl.1.

Pouzdanost je karakteristika koja je od značaja u primeni vezanoj za instrumente za zaštitu od zračenja a to je faktor do čijeg znatnog poboljšanja je došlo uvodjenjem integrisanih kola. Sam tehnološki proces proizvodnje integrisanih kola - relativno mali broj različitih tehnoloških operacija, kontinualan i zatvoren proces proizvodnje - dozvoljava da se u velikoj meri automatizuje proizvodnja i kontrola integrisanih kola i da se umanji verovatnoća pojave grešaka i da se dobije ujednačena proizvodnja po kvalitetu. Mala masa integrisanih kola čini ih veoma otpornim na dejstvo vibracionih ili udarnih naprezanja, a primena niskih napona i struja napajanja daje pogodne toplotne uslove. Zahvaljujući tim, i drugim elementima, pouzdanost integrisanih kola, bez obzira na njihovu složenost, ravna je približno pouzdanosti silicijumskog tranzistora: $10^{-5} - 10^{-8}$ 1/h (Ref.1). Dobitak u pouzdanosti pri prelasku od tranzistorskih uredjaja na uredjaje sa integrisanim kolima iznosi prosečno 1-2 reda veličina i više. Ovi podaci već govore slikovito o značaju uvodjenja integrisanih kola u instrumentaciju za zaštitu od zračenja i o potrebi da se to ozbiljno razmatra i koristi.

Uporedo sa povećanjem pouzdanosti, korišćenje integrisanih kola u mernoj aparaturi, kakva je i instrumentacija za zaštitu od zračenja, dovodi i do smanjenja njenih dimenzija, težine potrošnje i cene. No, uporedo sa kvantitativnim izmenama koje nastaju, upotreba integrisanih kola izaziva takodje i suštinske kvalitativne izmene u mernim uredjajima. Tako, na primer, poboljšavanje eksploatacionih karakteristika i smanjenje dimenzija cifarskih uredjaja sa integrisanim kolima, postavilo je na dnevni red pitanje o zameni velikog broja instrumenata sa analognim očitavanjem sa instrumentima koji imaju cifarsku indikaciju. Pri tome se pokazuje da korišćenjem jevtinih

integrisanih kola cena cifarskih uredjaja postaje poreditva sa cenom analognih uredjaja, dimenzije skoro iste, a karakteristike su mnogo bolje.

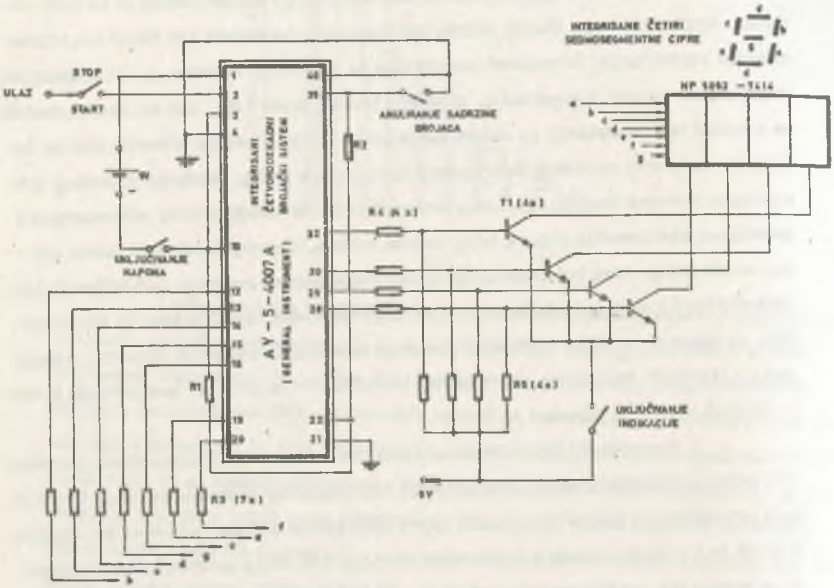
Prema nekim gledištima analogni uredjaji bi trebalo da se koriste samo za gruba merenja, a uredjaji sa klasom tačnosti od 1% i naviše trebali bi da budu cifarski. Korisnik u tome slučaju dobija niz dopunskih pogodnosti kao što je mogućnost cifarske registracije, mogućnost povezivanja sa cifarskim računarom, ili mogućnosti elementarne obrade: komparacija, unošenje faktora skale i sl. Ako se ima na umu da se u opštoj instrumentaciji za zaštitu od zračenja ne traži velika tačnost, tada su dodatna preimućstva cifarskog instrumenta ta koja idu u prilog uvodjenja cifarskog prikazivanja u ovome domenu. Ovome u prilog ide i to što konstruktivna jednostavnost i pouzdanost elektronskih kola sa integrisanim kolima, dozvoljava da se u merni uredjaj unesu mnoga nova kola kojima se automatizuje proces merenja, poboljšavaju karakteristike i dodaju nove funkcije. Tu se mogu pomenuti različita kola za linearizaciju, za davanje razmere - što je od posebnog interesa za dobijanje cifarskog pokazivanja u pogodnim jedinicama, za elementarnu obradu - na primer, komparacija u svrhu davanja alarmnog signala i sl.

Pogrešno bi bilo doći do zaključka da se sa integrisanim kolima napredovalo jedino u oblasti digitalnih kola. Postoji i niz linearnih integrisanih kola, istina za sada ograničena su najčešće na pojačavače i analogne prekidače, ali se može očekivati da će se u buduće pojaviti i pojačavački sistemi, pre svega sa strukturama kojima će se povećavati pouzdanost rezultata rada pojačavača a koje traže veliki broj pojedinačnih pojačavačkih elemenata.

VELIKA INTEGRISANA KOLA I INSTRUMENTI SA NJIMA

Ako se zadržimo na GM-brojaču kao detektoru čije korišćenje u instrumentaciji za zaštitu od zračenja posmatrano, tada je jasno da je sistem brojanja impulsa osnovni element u instrumentu. Velika integrisana kola kao jedna od prvih komponenata koju su sadržavala bili su sistemi brojanja impulsa, tj. brojač sa četiri dekade koji najmanje ima sistem za vezivanje pogodnih indikatorskih elemenata kojima se prikazuje sadržina sistema brojanja impulsa, ali koji su često sa mnogo više mogućnosti, kao što je potpuna autonomnost u sistemu strobovanja izlaza - integrisan je i lokalni oscilator sa pobudnim kolima, zatim alternativan izlaz u BCD kodu, mogućnost serijskog davanja brojne indikacije sadržine brojača itd, itd. Jedno od kola te vrste, AY-5-4007A, proizvodnja firme General instrument, dato je šematski na sl.2 (Ref.7). Prikazano je u vezi koja dozvoljava odbrojavanje prispelih impulsa, i prikaz sadržine

brojača na sedmosegmentnim poluprovodničkim ciframa. Iako stroboskopski način pobudjivanja poluprovodničkih sedmosegmentnih cifara obezbedjuje minimalnu potrošnju,

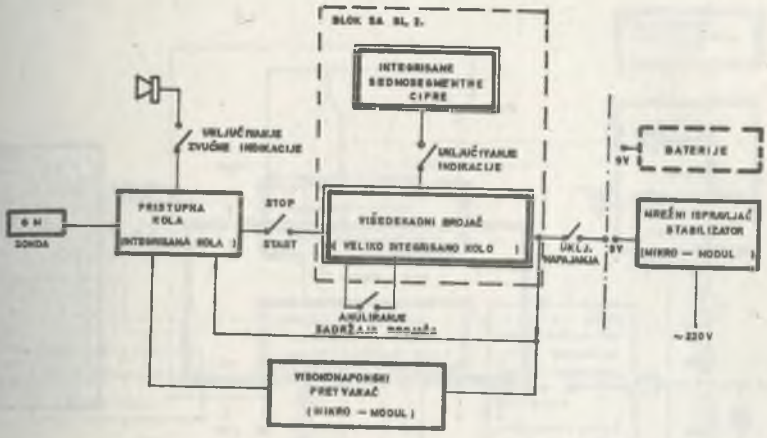


Sl.2.

ipak je pogodno predvideti isključivanje indikacije u kontinualnom radu. (Potrošnja ovakvog kola bez indikacije je 7 mA, a sa indikacijom 37 mA). Time se produžuje znatno vek baterije, ako se ona koristi kao izvor napajanja.

Uredjaj u kome bi ovakav brojački sklop bio osnovni element dat je na sl.3. Prikazani sklop bi mogao da posluži kao jednostavan ali za svoju strukturu vrlo tačan instrument merenja nivoa zračenja, kao integralni dozimetar i sl. Uz osnovna velika integrisana kola instrument ima minimalan broj dodatnih elemenata i to dozvoljava da se proceni da bi se za njegovu realizaciju mogla predvideti zapremina od oko 70 cm^3, čemu bi trebalo dodati još samo mesto za GM-brojač i zvučnik koji takodje mogu da budu vrlo malih dimenzija. Dimenzije govore da bi to, ustvari bez problema, mogao biti džepni merni uredjaj. Nije se teško setiti koliko prostora je takav uredjaj

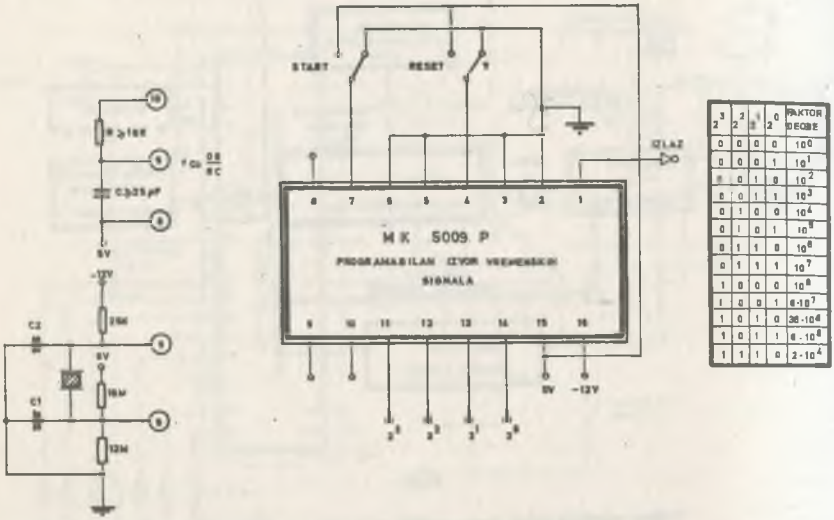
zahtevao u cevnoj, pa i tranzistorskoj diskretnoj tehnici.



Sl.3.

Tačno odredjivanje vremenskih intervala u merenjima vezanim za nuklearnu tehniku uopšte, pa i za merenja u zaštiti od zračenja pretstavlja važan element. To je razlog zašto je i jedna vrsta velikih integrisanih kola od interesa za instrumentaciju u zaštiti od zračenja. To je programabilni izvor vremenskih signala prikazan šematski na sl.4. On omogućuje da se dodavanjem minimalnog broja spoljašnjih elemenata dobije komponenta koja će davati vremenske impulse u odredjenim razmacima. Učestanost zavisi od spoljašnjih komponenata a tačnost je jednaka stabilnosti kvarcnog oscilatora ako je taj spoljašnji element kristal kvarca. Izbor vremenskih intervala, uz stalnu osnovnu učestanost unutarnjeg oscilatora, tj. deoba te osnovne učestanosti vrši se jednostavno postavljanjem odgovarajućih logičkih stanja na odgovarajućim ulazima kola. Nije teško zamisliti koliko takvo veliko integrisano kolo, zajedno sa prethodno prikazanim brojačkim sistemom u obliku velikog integrisanog kola, može da bude iskorišćeno na različite načine. Pre svega skaler sa predodredjenim vremenom merenja nije problem realizovati u minimalnom prostoru. Uz mali broj dodatnih elemenata moguće je veoma proširiti mogućnosti takvoga skalera.

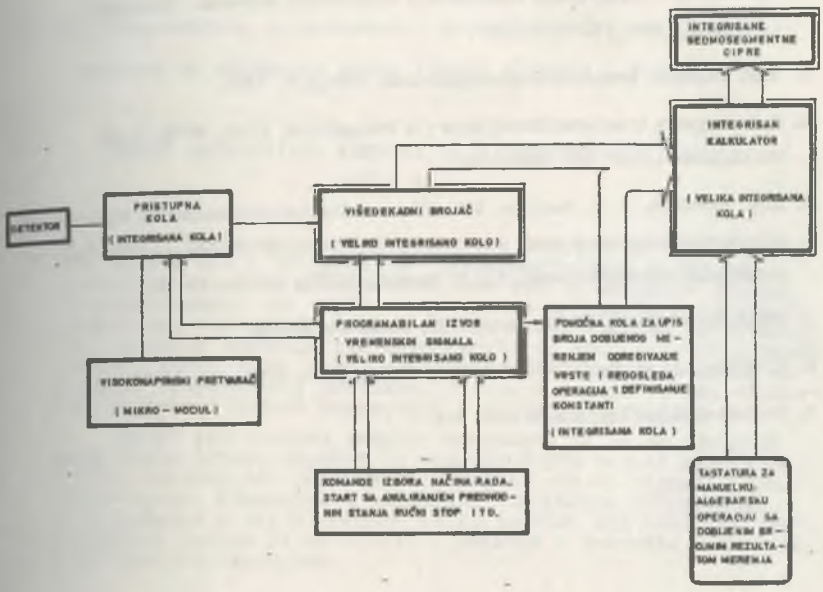
Ako se već govori o mogućnostima koje se ostvaruju proširenjem tada pre svega treba uočiti da tehnologija velikih integrisanih kola dozvoljava da kao jedna



Sl.4.

jedinica bude integrisan i kalkulator. Uključivanje takvog kalkulatora u instrument kao što je skaler omogućuje da se ostvari instrument koji bi imao u sebi programiranu obradu dobijenih rezultata, a najjednostavnija obrada koja bi se svodila na elementarne algebarske operacije tražila bi i minimum dodatnih elemenata. Šematski prikaz jednog takvog instrumenta dat je na sl. 5. Vrlo je jednostavno obezbediti da se na ovaj način dobiju brojni podaci merenja u jedinicama koje su pogodne za datu merenu veličinu, za zaštitu od zračenja na primer, to su mR, Rad-i ili sl. Formirati digitalni rejtmetar željenje tačnosti, moguće je takodje u ne mnogo većem prostoru nego što ga odredjuju osnovne komponente naznačene na sl. 5.

Lako se već i iz ovih nekoliko ideja koje su samo naznačene vidi kakve se sada sve mogućnosti pružaju u gradnji instrumenata za zaštitu od zračenja, a da pri tome oni dobiju vrlo male dimenzije, malu potrošnju i veliku pouzdanost - osobine koje su u toj oblasti veoma potrebne.



Sl. 5.

SUMMARY

Basic characteristics of large scale integration circuits (LSI) are given. They are compared with electronic tubes, transistors and integrated circuits (IC). Facilities of using them in health phisics instrumentation are analysed, having in mind their size, power consumption etc... It is possible to extend abilities of the instruments (for example by introducing a calculator). Sommexamples are given. Ideas concerning new solutions are given also.

REFERENCE

1. V.S.Gutnikov, Integralnaja elektronika v izmeritelnih priborah. "Energija", Leningrad, 1974.

2. H.N. Ehlbeck, Integrirte Schaltungstechnik, Stuttgard, 1967.

3. P.E.Haggerty Integrated Electronics - A Perspective, Proc. IEEE, v.52, No.12, Dec. 1964; str. 1400-1404.

4. H.B. Kurnikov, A.C. Panfilov, S.S. Rileeva, Voprosi ekonomineckoj effektivnosti primenenija integralnih shem v radnoelektronnoj apparature (sb. naučnih trudov po problemam mikroelektroniki, vip.II) Moskva, MIET, 1969, s.45-52.

5. Electronics Review, Electronics, 1971, No.3, str.19-20.

6. K.Valnev, Ju.Gluškov: VCE O BNC-ah Radio, No.8, 1974, str. 15-17.

7. Newlett-Pacuard Application note 946.

VIII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg Novi 20. do 23. maja 1975.

B. Stamenković, A. Koturović, D. Damljanović, P. Kosić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

MERNI AKVIZICIONI KOMPLET SA 8 KOMBINOVANIH KANALA MAK - 8C

U radu je prikazan merni akvizicioni komplet sa 8 kombinovanih kanala MAK - 8C namenjen višeparametarskim merenjima u normalnim i vanrednim uslovima, kao što su praćenje stanja radioaktivnosti ili uopšte zagađenosti ambijenta u određenim objektima, skloništima ili u okviru mreže stanica za detekciju i merenje zračenja ili zagađenosti na užoj ili široj teritoriji. Pored toga, merni akvizicioni komplet je pogodan za merenje temperature, pritiska, brzine i pravca vetra, vlažnosti vazduha i drugih parametara u složenim merenjima.

Merni akvizicioni komplet omogućava da se na njegovih osam ulaza dovedu signali iz odgovarajućih mernih aparatura u vidu impulsa ili jednosmernog napona, da ti signali budu registrovani štampačem u određenim vremenskim intervalima, a uz podatak o registrovanom broju impulsa ili veličine jednosmernog napona da se dobije i podatak o trenutku u kome je registracija obavljena.

Uvod

Složena merenja, koja mogu da budu potrebna u normalnim i vanrednim uslovima, zahtevaju istovremeno merenje više parametara, tj., istovremeno korišćenje više mernih instrumenata. Takva merenja su, na primer, neophodna za praćenje stanja radioaktivnosti ili uopšte zagađenosti ambijenta. Da bi se merenja te vrste efikasno obavljala potrebno je raspolagati specifičnim mernim sistemom. Takav jedan sistem predstavlja merni akvizicioni komplet MAK - 8C. On je autonomna jedinica za prijem, obradu i registraciju normalizovanih analognih naponskih i impulsnih signala, koji su nosioci informacija brojnih vrednosti merenih veličina.

Kako se od sistema pre svega traži dugotrajan i pouzdan rad, usvojena su što jednostavnija rešenja za obavljanje traženog minimuma funkcija, jer se time povećava pouzdanost u radu. Korišćenjem savremene tehnologije minimizirana je potrošnja, čime se

omogućava normalno funkcionisanje sistema i u terenskim uslovima.

Karakteristike mernog akvizicionog kompleta

Višestruki su zahtevi koji se postavljaju elektronskim sistemima za obavljanje višeparametarskih merenja. Pre svega, oni su funkcija nosioca informacija brojnih vrednosti merenih veličina.

Pri merenju integralne doze GM brojačima, scintilacionim i poluprovodničkim detektorima, ili pri merenju brzine vetra nosioc informacije je integralni broj impulsa registrovan u toku nekog vremenskog intervala. Na drugoj strani, ako se vrši merenje brzine doze zračenja, merenje temperature, pritiska ili vlažnosti nosioci informacija o trenutnoj brojnoj vrednosti merenih veličina su jednosmerni naponski nivoi.

Zbog različite prirode prijemnih signala realizovani sistem ima dve vrste ulaza:

(i) Četiri impulsna ulaza za prijem normalizovanih impulsnih signala; i
(ii) Četiri jednosmerna ulaza za prijem normalizovanih jednosmernih naponskih signala.

Kako MAK - 8C registruje brojne vrednosti merenih veličina, prema prirodi prijemnih signala predviđene su dve vrste obrade:

(i) Memorisanje ukupnog broja impulsa akumuliranih u toku izabranog vremena merenja;
(ii) Konverzija trenutne vrednosti analognog jednosmernog naponskog signala.

Radi kontinualnog praćenja stanja radioaktivnosti, ili promena nekih od karakterističnih veličina ambijenta ili parametara procesa, predviđena su u osnovi dva načina rada sistema: automatski i spoljašnji. Razlikuju se dva načina automatskog rada:

(i) Jednociklični (JC) rad podrazumeva merenje koje se obavlja u predodređenom vremenskom intervalu. Otpočinjanje merenja određeno je aktiviranjem spoljašnje komande "START", a trenutak završetka određen je izabranim "VREMENOM MERENJA";
(ii) Repetitivan rad (RP) podrazumeva seriju merenja sa predodređenim "VREMENOM MERENJA" i predodređenom "PAUZOM". Merenje počine aktiviranjem spoljašnje komande "START", a

završava se aktiviranjem spoljašnje komande "STOP" ili komande "RESET".

Imajući u vidu prirodu merenja koja se najčešće obavljaju, u cilju što jednostavnijeg rešenja, usvojeno je da su predodređena vremena merenja 10 s, 100 s, 1000 s, 30 m i 60 m. Sa ovako izabranim vremenima pored informacije o integralnoj dozi ima se i podatak o srednjoj brzini brojanja.

Imajući u vidu da je u nekim slučajevima dovoljno obavljati merenja sekvencijalno, odnosno sa pauzom, moguće je u repetitivnom radu izabrati pauzu sa izabranim "VREMENOM PAUZE" od 0 s, 10 s, 100 s, 1000 s, 30 m ili 60 m. Na taj način posle isteka vremena merenja u kome je izvršeno merenje sledi pauza sa izabranim vremenom pauze, u toku koje se ne obavlja merenje.

Spoljašnji način rada (RU) podrazumeva ručno upravljanje sistemom. Po aktiviranju komande "START" otpočinje merenje koje se završava aktiviranjem komande "STOP".

Kao što je već napomenuto, prema vrsti obrade MAK - 8C registruje trenutnu vrednost normalizovanog jednosmernog naponskog signala, odnosno integralnu vrednost akumuliranih impulsnih signala, kao nosioca informacije brojnih vrednosti merenih veličina. Indikacija informacije je vizuelna, pomoću štampača kapaciteta 6 cifara. Pre otpočinjanja ciklusa u jednom redu se štampa veličina časovnog vremena (čas, minuta, sekunda), dok paket odštampanih informacija sadrži:

(i) Dvocifrenu adresu kanala i redni broj merenja u jednom redu;

(ii) Brojnu vrednost merene veličine za odgovarajućeg kanala, u drugom redu.

Pritom je brzina skaniranja ulaza određena brzinom korišćenog štampača, 0.6 sec po kanalu (štampanje adrese i brojne vrednosti veličine specificiranog kanala). Tačnost štampane informacije za impulsne signale je 6 cifara, a za jednosmerne naponske signale 4 cifre sa greškom ne većom od 0.5 mV.

Za sinhronizaciju rada sistema i normalno funkcionisanje u automatskom radu upotrebljen je sat koji kao izvor impulsa koristi astabilni multivibrator sa kvarcom (100 kHz). Stabilnost osnovne učestanosti je bolja od 0.01 % (greška ne veća od 10 sec na dan) pri promeni temperature od -10 do +40° C. Osnovno kolo nije

termostatirano, niti je predviđeno podešavanje dodatnim trimer kondezatorom ili kalemom.

Napomenimo da se napajanje uređaja vrši iz akumulatora 12 V ± 10 %, ili adaptera iz mreže 220 V, 50 Hz. Pritom je ukupna potrošnja ne veća od 4 A.

Tehnologija ugrađenih integralnih kola omugućava normalno funkcionisanje uređaja u temperaturnom opsegu od 0 do 50° C.

Opis prednje ploče

Na prednjoj ploči mernog akvizicionog kompleta MAK - 8C nalaze se sve komande i priključnice:

(i) Jednopolne priključnice V1-V4 i V5-V8, za priključivanje kablova preko kojih se dovode normalizovani impulsni i jednosmerni naponski signali;
(ii) Preklopnici "NAČIN RADA", "VREME MERENJA" i "VREME PAUZE" za izbor načina rada, vremena merenja i vremena pauze, respektivno;
(iii) Prekidač "MERENJE-RESET", za dovođenje sistema u pripremno i radno stanje;
(iv) Tasteri "START" i "STOP" za izdavanje spoljašnjih komandi, čijim aktiviranjem počinje ili se završava merenje;
(v) Taster "RESET ALARMA", za vraćanje sistema alarma u normalno stanje.

Pored navedenih komandi i priključnica, na prednjoj ploči se nalaze jedinice optičke indikacije, za indikaciju:

(vi) Časovnog i mernog vremena. Ovu jedinicu obrazuje sekcija od 6 poluprovodničkih numeričkih indikatora za vizuelno prikazivanje časovnog i mernog vremena. Pokazivanje vremena se vrši brojevima od nula do 24. Očitavanje je direktno u časovima, minutama i sekundama, pri čemu je za svaku od pomenutih vremenskih jedinica upotrebljeno po dve cifre koje su poređane sa leva na desno, respektivno. Kada je prekidač "MERNO VREME-ČASOVNO VREME" u položaju "ČASOVNO VREME" moguće je podesiti vreme pomoću tastera "PODEŠAVANJE VREMENA". Napomenimo da je podešavanje časovnika obavezno nakon uključenja mernog kompleta u rad, a može se vršiti i u toku rada po potrebi. Podešavanje se može obaviti sa utroškom vremena ne većim od 1.5 min;

(vii) Jedinica optičke indikacije "OPERACIJA U TOKU", sadrži tri poluprovodničke svetleće diode, koje svojim svetljenjem signaliziraju koja je od operacija "MERENJE", "ŠTAMPANJE" ili "PAUZA" u toku; i

(viii) Poluprovodnička svetleća dioda "ALARM" svojim svetljenjem signalizira da je bar u jednom od brojačkih akumulatora prekoračen normalni sadržaj (900001 impulsa).

Mogućnost očitavanja mernog vremena je od bitnog značaja. U toku rada sistema,operator u svakom trnutku zna u kojoj je fazi merenje ili pauza, odnosno u repetativnom i jednociklličnom radu lako može da proračuna još koliko vremena preostaje do štampanja. Pored toga u ručnom radu ima se informacija trajanju vremena merenja, tako da štoperica nije neophodna.

Kada dođe do alarmnog stanja, vrši se vanredno štampanje, stim što po obavljenom štampanju sistem nastavlja da radi prema izabranom načinu rada.

Blok šema mernog kompleta

Da bi se sagledala osnovna koncepija uređaja, razmotrićemo detaljnu blok šemu mernog dela kompleta, datu na Sl. 1. Na njoj se uočavaju:

(i) Analogni blok, koji se sastoji iz

a) analognog skanera,
b) AD konvertora,
c) dela komandi za analogni blok.

Analogni blok prima analogne signale (četiri ulaza), a na svome izlazu daje u digitalnom obliku informaciju o veličini tih signala. Zadatak analognog skanera je da na osnovu dobijene instrukcije iz dela komande za analogni blok poveže odgovarajući analogni ulaz sa ulazom u AD konvertor. Pošto posle toga sledi instrukcija "Otpočinjanje konverzije" AD konvertor obavi konverziju obezbedivši na svom izlazu digitalni podatak o veličini analognog signala koji je na njegovom ulazu.

Završetak konverzije i postojanje digitalnog podatka označava se signalom "kraj konverzije" koji dozvoljava digitalnom skaneru da tu informaciju prenese na digitalni izlaz iz mernog dela kompleta.

Digitalni blok ima ulogu da prima impulsne signale (četiri impulsna ulaza) i da omogućí preuzimanje akumuliranog broja impulsa posle proteklog vremena između dva ciklusa, pa prema tome poseduje i impulsne digitalne informacione izlaze.

Digitalni blok sadrži četiri brojačka akumulatora u kojima se akumuliraju impulsi u toku predodređenog vremena i skup ulaznih kola koja služe za prenos impulsa, i preko kojih se vrši komandovanje brojačkim akumulatorima, a prema instrukcijama komande "L".

Digitalni skaner sa izlaznim registrom predstavlja posebnu jedinicu u blok šemi mernog kompleta i ima zadatak da na svom izlazu obezbedi pojavu informacije u digitalnom obliku sa onog ulaza čija je adresa određena uputstvom iz bloka komande "L". Isto tako, preko komande "L" na izlazu digitalnog skanera može da se pojavi podatak o vremenu takođe u digitalnom obliku i adresa ulaza sa koga se dobija informacija.

Digitalni skaner izlaznu informaciju smešta u izlazni registar. Kada je obavljen upis u izlazni registar, generiše se "signal gotovosti" posle koga sledi štampanje informacije.

Komanda "L" upravlja radom mernog kompleta. Ona daje instrukciju da treba ispitati veličine na određenim ulazima, zatvara i otvara gejtove brojačkih akumulatora, anulira sadržaj istih po završenoj obradi, obezbeđuje predodređena vremena merenja i pauze, generira adrese i redosled operacija. Funkcionalno rešenje komande "L" dato je na Sl. 2. Na slici se uočavaju:

(i) Operativni blok sa komandama, koji obezbeđuje davanje osnovnih komandi mernom delu kompleta. Sadrži skup komandi kojima se propisuje početak i završetak rada, izbor načina rada, vreme merenja i vreme pauze;

(ii) Generator adresa, koji generira adrese kanala i impulse za obavljanje jednog ciklusa. Generišući impuls za obradu na "i" tom kanalu formira seriju impulsa koji obezbeđuju preuzimanje informacija iz brojačkog akumulatora ili sa jednog od analognih ulaza;

(iii) Generator redosleda operacija formira impulse kojim se vrši upis adrese kanala i veličine na kanalu u izlazni registar. Pošto je izvršen upis u izlazni registar, generator redosleda operacija formira impuls gotovosti posle koga sledi preuzimanje informacije od strane štampača i brisanje

sadržaja odgovarajućeg brojačkog akumulatora, čime je on spreman za sledeće merenje;

(iv) Tajmer obezbeđuje impulse za jednocikličan i repetitivni rad sistema, a kao primarne impulse koristi impulse iz astabilnog multivibratora.

Zaključak

Prikazan je merni akvizicioni komplet sa 8 kombinovanih kanala MAK - 8C, velikih funkcionalnih mogućnosti. Modularni pristup realizaciji omogućava proširenje mogućnosti sistema povećavanjem broja kanala. Isto tako sa neznatnim izmenama moguć je pristup računaru. Zato u sledećem koraku treba predvideti povezivanje istog sa računarom kako bi se vršila obrada dobijenih rezultata merenja.

Korišćenjem savremene tehnologije integralnih kola, realizovan je sistem velike pouzdanosti i male potrošnje.

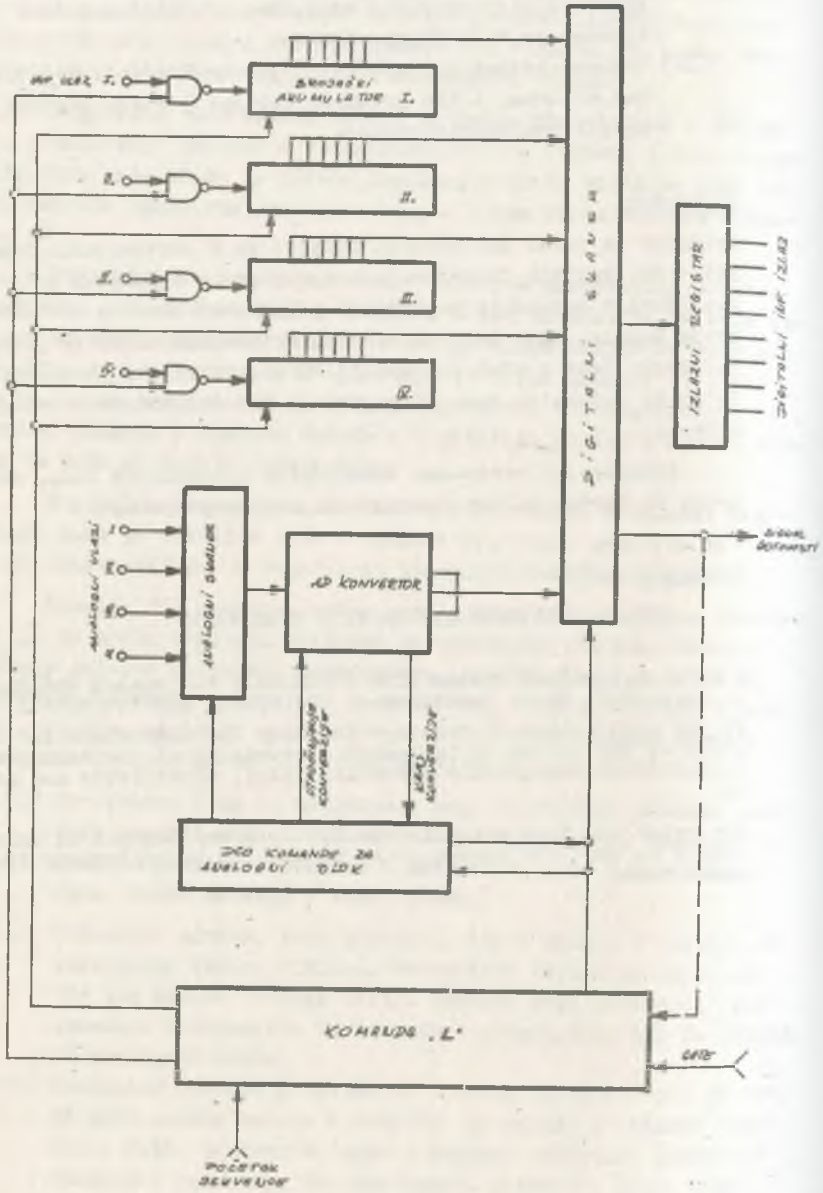
Summary

DATA ACQUISITION SYSTEM WITH 8 CHANNELS

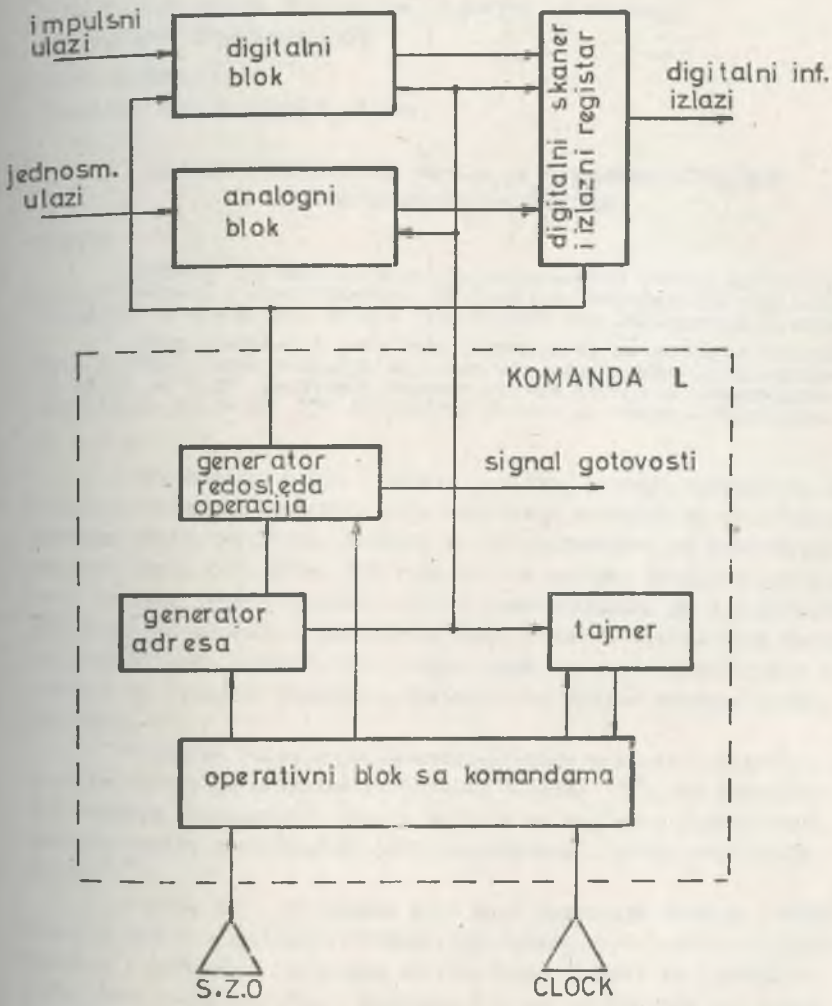
A data acquisition system with 8 channels for analog and digital is presented. Basic functions of the system are described.

By the application of modern technology the dimensions and consuption of the system is decreased, increasing at the same time the reliability, temperature operating range, sensitivity and accuracy.

The mains 220 V or accumulators 12 V are the sources of voltage supply so that the system could be used in laboratory or field conditions.



Sl. 1. Detaljna blok šema mernog bela



SL. 2. ORGANIZACIJA BLOKA L

VIII Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Herceg-Novi 20-23 maj 1975

Miodrag Šobajić
Institut "Boris Kidrič" -Vinča

MERENJE JEDNOSMERNIH STRUJA SA SIMULTANO LINEARNOM I LOGARITAMSKOM INDIKACIJOM

REZIME

Opisano je kolo za merenje jednosmernih struja sa istovremeno linearnom i logaritamskom indikacijom. Matematička analiza je izvršena za slučaj korišćenja tranzistora kao nelinearnih elemenata.

Eksperimentalni rezultati pokazuju da se sa tranzistorima može pokriti merno područje od sedam linearnih dekada. Linearnost je bolja od 0.1% po dekadi promene merene struje a temperaturna stabilnost bolja od 250 milionitih delova po stepenu Celzijusa.

1. U V O D

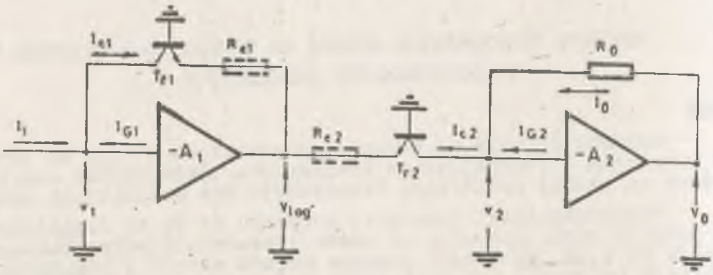
Pri merenju nekih fizičkih veličina postoji potreba za analognim mernim instrumentima koji pokrivaju područje od više dekada promene merene veličine. Merenja se mogu obavljati sa instrumentima koji imaju samo jedan ili više mernih opsega. Prednost instrumenata sa samo jednim opsegom, obično logaritamskim, je u mogućnosti kontinualnog merenja a nedostatak mala tačnost. Znatno veća tačnost se postiže kada postoji više mernih opsega a svaki merni opseg se koristi za linearno merenje u okviru jedne dekade promene merene veličine.

Linearna merenja jednosmernih struja u širokom području lako se ostvaruju primenom različitih tehnika [1,2]). Za logaritamska merenja jednosmernih struja koriste se najčešće logaritamske karakteristike elektronskih cevi,tranzistora i poluprovodničkih dioda [3,4]).

U ovom radu je opisano kolo koje omogućava merenje jednosmernih struja u području od nekoliko dekada sa istovremeno logaritamskom i preciznom linearnom indikacijom [5]).Kolo se sastoji od redne veze logaritamskog i eksponencijalnog pojačavača kod kojih su kao nelinearni elementi upotrebljeni tranzistori. Na izlazu iz logaritamskog pojačavača dobija se napon srazmeran logaritmu merene ulazne struje a na izlazu iz eksponencijalnog pojačavača napon vrlo približno srazmeran merenoj ulaznoj struji u logaritamski pojačavač.

2. OPIS RADA LOGARITAMSKO-LINEARNOG KOLA

Na sl.1 prikazana je šema log-lin kola kod koga su kao nelinearni elementi upotrebljeni tranzistori T_{r1} i T_{r2}. Na izlazu iz pojačavača A_1 dobija se napon V_{log} približno logaritamski srazmeran sa ulaznom strujom I_i a na izlazu iz pojačavača A_2 napon V_o približno linearno srazmeran sa I_i.



Slika 1

Analiza kola je izvršena korišćenjem poznate jednačine Ebers-Moll [6]. Kolektorska struja tranzistora je odredjena izrazom

$$I_c = I_{es}\left[\exp\left(\frac{qv_{eb}}{kT}\right)-1\right] + I_{cs}\left[\exp\left(\frac{qv_{cb}}{kT}\right)-1\right] \qquad (1)$$

gde je: I_{cs}, I_{es}=temperaturno zavisne Ebers-Moll saturacione struje.

U analizi izlaznog napona pojačavača A_2 korišćeni su sledeći modifikovani izrazi za struje kolektora tranzistora T_{r1} i T_{r2}

$$I_{c1}=I_{es1}\left[\exp\left(\frac{qv_{eb1}}{n_1kT_1}\right)-1\right] + \frac{I_{cs1}qv_{cb1}}{kT_1} \qquad (2)$$

$$I_{c2}=I_{es2}\left[\exp\left(\frac{qv_{eb2}}{n_2kT_2}\right)-1\right] + \frac{I_{cs2}qv_{cb2}}{kT_2} \qquad (3)$$

Pretpostavljeno je da postoje faktori n_1 i n_2 u eksponencijalnom članu spoja baza-emiter jer i vrlo mala otstupanja ovih faktora od jedinice mogu bitno da utiču na linearni izlazni napon. Pored toga pretpostavljeno je da se koriste jednosmeni pojačavači sa malim driftom $v_1, v_2 < 5mV$ tako da je $\exp(qv_{cb}/kT) \approx 1+qv_{cb}/kT$.

Kada se koriste operacioni pojačavači koji imaju jednosmerna pojačanja $A_1, A_2 \gg 1$ izlazni napon pojačavača A_2 je odredjen izrazom:

$$V_o = R_o I_{es2}\left[\left(\frac{I_i + I_{G1} + I_{es1} - I_{cs1} q v_1/kT_1}{I_{es1}}\right)^m - 1\right] +$$

$$+ v_2 - I_{G2} R_o + I_{cs2} R_o q v_2/kT_2 \qquad (4)$$

gde je : $m = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2}$ (4a)

Na osnovu poznavanja napona V_o i otpornosti R_o moguće je odrediti struju I_o. Odstupanje izmedju merene vrednosti I_o i prave vrednosti I_i tj. tačnost merenja zavisi od karakteristika upotrebljenih tranzistora,karakteristika pojačavača i temperature.

3. LINEARNOST U USLOVIMA KONSTANTNE TEMPERATURE

Analiza je izvršena uz pretpostavku da su pojačavači idealni tj. da je $v_1 = v_2 = 0$ i $I_{G1}, I_{G2} = 0$, pa se struja I_o odredjena izrazom (4) svodi na

$$I_o = I_{s2}\left[\left(\frac{I_i}{I_{s1}} + 1\right)^m - 1\right] \qquad (5)$$

Greška u merenju ulazne struje I_i je odredjena izrazom

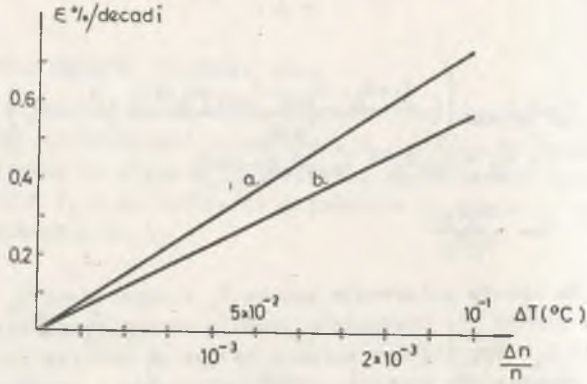
$$\varepsilon = \frac{I_o - I_i}{I_i} = \frac{I_{s2}}{I_i}\left[\left(\frac{I_i}{I_{s1}} + 1\right)^m - 1\right] - 1 \qquad (6)$$

Kao što se vidi iz (6) greška u merenju , u uslovima konstantne temperature , može nastupiti zbog nejednakosti inverznih struja zasićenja , nejednakosti faktora n_1 i n_2 i različitih konstantnih temperatura na kojima se nalaze nelinearni elementi.

Kada su jednaki faktori n_1 i n_2 i kada se nelinearni elementi nalaze na istim konstantnim temperaturama greška u merenju je odredjena izrazom $\varepsilon = I_{s2}/I_{s1} - 1$. Ova greška se može tolerisati jer je u uslovima konstantne temperature konstantna u čitavom opsegu merenja.

Ako su faktori n_1 i n_2 jednaki greška može da nastupi zbog nejednakosti temperatura na kojima se nalaze spojevi. Na slici 2 a. je prikazana ova greška , po dekadi merene struje, u funkciji razlike temperatura ΔT spojeva.

Ako su temperature na kojima se nalaze spojevi jednake greška može da nastupi zbog nejednakosti faktora n_1 i n_2. Na slici 2 b. je prikazana ova greška , po dekadi merene struje, u funkciji odnosa $\Delta n/n$.



Slika 2

4. GREŠKA LINEARNOSTI ZBOG PROMENE TEMPERATURA SPOJEVA

Analiza je izvršena na osnovu izraza za linearni izlazni napon pojačavača A_2 (jedn. 5). Inverzne struje zasićenja su definisane izrazima

$$I_{s1} = I_{o1}T_1^d \exp(-\frac{qV_g}{n_1kT_1}) \tag{7}$$

$$I_{s2} = I_{o2}T_2^d \exp(-\frac{qV_g}{n_2kT_2}) \tag{8}$$

gde je : I_{o1}, I_{o2}=konstante nezavisne od temperature; T_1, T_2=temperature nelinearnih elemenata; d=2,25 i ekstrapolirani energetski gep kod ^oK V_g=1,207 ,za silicijum.

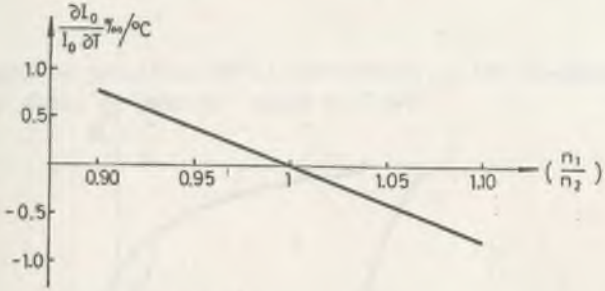
Zamenom vrednosti za I_{s1} i I_{s2} iz jednačina (7) i (8) u jednačinu (5) dobija se za merenu struju I_o sledeći izraz

$$I_o=I_{o2}T_2^d \exp(-\frac{qV_g}{n_2kT_2})\left\{\left[\frac{I_1T_1^{-d}}{I_{o1}}\exp(\frac{qV_g}{n_1kT_1})+1\right]^{\frac{n_1T_1}{n_2T_2}}-1\right\} \tag{9}$$

Pretpostavlja se da su u početnom trenutku spojevi oba nelinearna elementa na istim temperaturama $T_1=T_2=T$ i da dolazi do promene temperature oba spoja za isto ∂T. Na osnovu jednačine (9) relativna promena I_o zbog promene T je odredjena izrazom

$$\frac{\partial I_o}{I_o\partial T} = \frac{d}{T}(1-\frac{n_1}{n_2}\frac{1+I_{s2}/I_o}{1+I_{s1}/I_i}) + \frac{qV_g}{n_2kT^2}(1-\frac{1+I_{s2}/I_o}{1+I_{s1}/I_i}) \tag{10}$$

Ova zavisnost izražena u %/^{o}C,pri temperaturi od 300°K, u funkciji odnosa n_1/n_2 prikazana je na sl.3.



Slika 3

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Korišćeni su integrisani pojačavači tipa 147C, proizvodnje Analog Devices. Prema karakteristikama koje daje proizvodjač ovi pojačavači imaju jednosmerno pojačanje veće od 10^6, ulaznu otpornost veću od 10^{10} oma i drft manji od 5 $\mu V/^oC$. Izvršena merenja su pokazala da na sobnoj temperaturi pojačavači A_1 i A_2 imaju ulazne odvodne struje $I_{G1} \approx 3x10^{-13}A$ odnosno $I_{G2} \approx 5x10^{-13}A$.

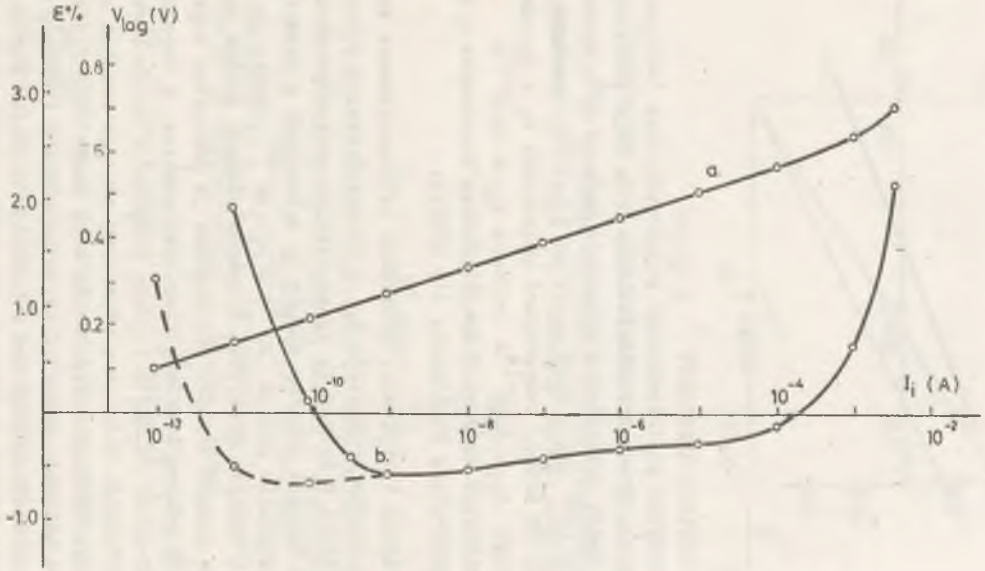
Korišćenje su dualne tranzistorske komponente u jednom kućištu, proizvodnje Fairchild, tip SP8414.

Na slici 4 krivom a. prikazana je logaritamska karakteristika izlaznog napona pojačavača A_1 u funkciji ulazne struje I_i.

Na slici 4 krivom b. (puna linija) prikazana je greška u linearnom merenju izlazne struje I_o u funkciji ulazne struje I_i. U području srednjih struja $10^{-3}A > I_i > 10^{-10}A$ greška je približno konstantna . Postoji približno linearna promena greške od 0,1% po dekadi promene ulazne struje. Ova promena je posledica toga što je $n_1/n_2 \neq 1$. Na osnovu izvršene teorijske analize i rezultata dobijenih ovim merenjima $n_1/n_2 \approx 1,0003$. U području malih struja $I_i < 10^{-10}A$ dolazi do povećanja uticaja greške zbog uticaja ulaznih odvodnih struja pojačavača. Upotrebom pojačavača koji imaju $I_{G1}, I_{G2} < 10^{-14}$ A prošireno je područje merenja: kriva b.(crtkana linija), sa istom tendencijom promene greške kao u području srednjih struja.

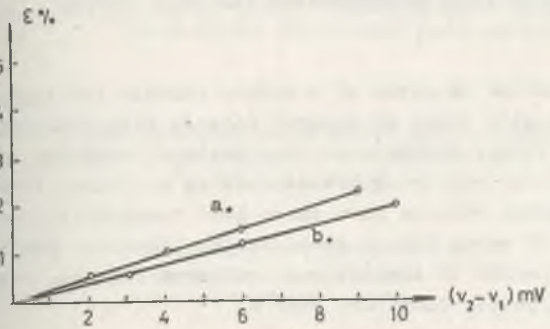
Uticaj drifta pojačavača na grešku u merenjima je ispitan za struje $I_i = 2x10^{-10}A$ i $I_i = 10^{-4}A$. Rezultati su prikazani na sl. 5 krivama a. i b. ,respektivno.

Temperaturna stabilnost je ispitana u području srednjih struja zagrevanjem tranzistora od 20°C do temperature koja na izlazu logaritamskog pojačavača izazvala promenu indikacije za jednu dekadu.



Slika 4

što odgovara promeni od približno 20°C. Istovremeno je na linearnom izlazu pojačavača došlo do promene manje od 0,5%.



Slika 5

6. DRUGE MOGUĆNOSTI PRIMENE

Pored simultanog logaritamskog i linearnog merenja jednosmernih struja predloženo kolo se može koristiti i za sledeće svrhe:

a. Može se ostvariti simultano logaritamsko merenje jačine jednosmerne struje I i linearno merenje ukupne količine elektriciteta Q u posmatranom vremenskom intervalu. Ovo se postiže merenjem napona na izlazu iz eksponencijalnog pojačavača A_2 kod koga je u povratnoj sprezi umesto otpornika postavljen integracioni kondenzator.

b. Kod logaritamskog merenja struja može se ostvariti precizan temperaturno stabilan željeni nivo kompariranja merene struje, nezavisno od temperaturne nestabilnosti logaritamskog izlaznog napona. Ovo se postiže postavljanjem komparatora na izlazu iz eksponencijalnog pojačavača.

7. ZAKLJUČAK

Analiza je pokazala da je za precizno linearno merenje jednosmernih struja neophodno da se spojevi nelinearnih elemenata nalaze na približno istim temperaturama. Temperature se mogu menjati ali te promene moraju biti približno jednake kod oba nelinearna elementa. Faktori karakteristika nelinearnih elemenata, n_1 i n_2, takodje moraju biti približno jednaki. Strogi zahtevi u pogledu karakteristika i naročito temperatura nelinearnih elemenata pokazuju da se u praksi moraju koristiti tranzistorske dualne komponente.

Upotrebom tranzistora tipa SP8414 dobijeno je merno područje od sedam linearnih dekada sa greškom manjom od 1%.Temperaturna stabilnost linearnog izlaznog napona je bolja od 250 milionitih po stepenu Celzijusa što je za dva-do-tri reda veličine bolje od temperaturne stabilnosti logaritamskog izlaznog napona.

ABSTRACT

A description is given of a simple circuit for direct current measurement in a wide range of several decades with simultaneously logarithmic and linear indications. Mathematical analyses are carried out for the cases of employing transistors as nonlinear elements.

Experimental results have shown that transistors cover a measuring range of seven linear decades. The linearity was better than 0,1 % per decade of variation of measured current. Temperature stability was better than 250 ppm/°C.

LITERATURA

1. K.Kandiah and D.Brown:"High-gain DC amplifiers",Proceedings IEE,1952, Part.II, pp.314-326.
2. D.Jovanović,R.Ilić,B.Stojanović: "Small direct current measurement by the method of integration and differentiation" , Acta IMEKO 1964 ,25-YU-164,Stockholm,pp.123-131.
3. W.Charter: " A logarithmic electrometer for space flight application", The Review of Scientific Instruments, Vol. 40, No.4 , 1969, pp. 529-532.
4. E.Sikorsky : " An evaluation of vacuum tubes for log N amplifier" , IEEE Transactions on Nuclear Science, NS 10, 1963 , pp.42-51.
5. M.V.Šobajić: "A possibility of simultaneous logarithmic-linear direct current measurement", prihvaćeno za štampanje u časopisu Nuclear Instruments and Methods.
6. J.J.Ebers and J.L.Moll:" Large-signal behavior of junction transistors", Proceedings of the IRE ,42, 1954,pp.1761-1772.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU
OD ZRAČENJA HERCEG NOVI 20-23 maj 1975.

OPREMA SKLONIŠTA ZA MERENJE I SIGNALIZACIJU OPASNOSTI OD RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE I POLJA ZRAČENJA

Ilić R., Muždeka S., Šmelcerović M.
Vojnotehnički institut - Beograd
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

Analizirana su autonomna skloništa u uslovima kontaminacije radioaktivnim materijalima vazduha, vode, hrane te uslovima polja zračenja. Za merenje i signalizaciju opasnosti u takvim uslovima izvršena je analiza karakteristika potrebnih instrumenata i dat predlog opreme za merenje radioaktivnosti i signalizaciju opasnosti.

1. Uvod

Za svrhu zaštite ljudstva u uslovima nuklearnog rata još u miru izgradjuju se skloništa različitih tipova kako po kapacitetu prihvatanja ljudstva tako i po opremljenosti. Bez obzira na tip skloništa, valja se podsetiti da je motiv za izgradnju tih skloništa procena da će eventualni rat biti i nuklearni, a to znači da će biti radijacione kontaminacije terena, vode i hrane i svih materijalnih dobara. Kad ne bi bilo nuklearnog rata verovatno da bi se i za uslove klasičnog rata izgradjivala skloništa, ali ona tada ne bi imala baš ovakve konstrukcione i zaštitne karakteristike.

Pošto se savremena skloništa rade i za zaštitu od zračenja nuklearnih eksplozija i radijacione kontaminacije, čini nam se da se taj motiv ne proteže i na opremu koja logično pripada takvim skloništima iako je cena opreme za merenje zračenja manja od 10% od cene nenuklearne opreme skloništa. Zbog toga se u ovom radu razmatraju uslovi koji vladaju posle nuklearne eksplozije izvan i unutar skloništa različitih tipova i čini pokušaj da se takva skloništa opreme potrebnom instrumentacijom kako bi i sklonište moglo da zadovolji uslove zaštite ljudstva te tom instrumentacijom da se uredjuje režim boravka u skloništu i ishrane ljudi u njemu.

2. Karakteristike skloništa u odnosu na radijacionu opasnost

U slučaju korišćenja nuklearnog oružja ili većih akcidenata vezanih za nuklearne objekte, potrebno je konstatovati prisustvo radioaktivnosti i odmah utvrditi stepen ugroženosti na osnovu rezultata merenja odgovarajućim instrumentima.

Dominantna opasnost u prvim trenucima je ozračivanje gama zračenjima i neutronima. Upotreba kontaminirane hrane i vode može biti opasna ako sadrži fisione produkte koji emituju alfa,beta i gama zračenja. Mleko od krava koje uzimaju kontaminiranu hranu može biti opasno naročito za malu decu. Beta aktivnost u prvih nekoliko časova dovodi u dodiru sa kožom do opekotina.

Skloništa u tim trenucima mogu da spasu ljudske živote ili da umanje posledice usled prisustva radioaktivnosti. Poznavanje osobina zračenja, spremnost kadrova koji se bave ovim problemima te oprema za kontrolu i merenje omogućavaju ustanovljavanje svih faktora koji utiču štetno na organizam. Poznavanje odgovarajućih nivoa zračenja je najvažniji zadatak odmah posle napada. Dekontaminacija terena u tim trenucima nije bitna za spašavanje života, ali može da skrati periode boravka u skloništima i da ubrza normalizaciju životnih uslova.

U daljem rasmatranju posmatraće se dva tipa skloništa - sklonište osnovne zaštite i sklonište pojačane zaštite.

Skloništa osnovne zaštite se izgradjuju u miru i u odnosu na nuklearnu komponentu treba da ispune sledeće zahteve:

- mogućnost apsorbovanja mehaničke, toplotne energije i radioaktivnog zračenja i svodjenje tih efekata na bezopasne u odnosu na ljudski organizam;
- mogućnost dužeg boravka u skloništu dok odredjeni efekti ne opadnu na tolerantne vrednosti i omoguće napuštanje.

Skloništa pojačane zaštite koristila bi za više stotina do više hiljada ljudi i u odnosu na radioaktivnu komponentu trebala bi da ispuni sledeće zahteve:

- zaštitu od direktnog radioaktivnog zračenja pojačanim materijalima kao apsorberima;
- zaštitu od radioaktivnih padavina sistemom filtara za grubo prečišćavanje vazduha.

Vreme boravka u skloništu zavisi od trajanja opasnosti i dejstva zračenja, a može iznositi nekoliko časova a i više dana u slučaju kontaminacije terena radioaktivnom prašinom. Skloništa se moraju obezbediti vodom i hranom najmanje za dvostruko više vremena od onog predvidjenog za neprekidni boravak.

3. Utvrdjivanje stepena opasnosti merenjem radioaktivnosti

Za utvrdjivanje stepena važnosti preduzimanja odgovarajućih mera u odnosu na opasnosti od radioaktivnih zračenja mogu se rasmatrati tri osnovna perioda:

I period - neophodnost boravka u skloništima u trajanju od nekoliko časova do nekoliko dana;

II period - vraćanje na prvobitno stanje u trajanju od nekoliko dana do više meseci;

III period - postepena normalizacija životnih uslova u trajanju od nekoliko meseci do više godina.

Ovakvu podelu diktiraju osobine radioaktivnosti. Kao primer, data je kriva za jačinu ekspozicije u zavisnosti od vremena (na jedan metar iznad tla) za tipičnu nuklearnu eksploziju (sl. 1).

U prvom periodu za preživljavanje potrebno je da ljudi borave u skloništima da bi se što više zaštitili od radioaktivnog zračenja i padavina. Ovde dolaze do izražaja sve vrste skloništa. Neophodno je alarmiranje ljudi na ovu vrstu opasnosti. U tim trenucima potrebno je obezbediti dovoljne količine nekontaminirane hrane i vode. U slučaju potrebe za dužim boravkom u skloništu treba meriti jačinu ekspozicije (R/h), po mogućstvu za tu lokalnu situaciju, jer je ta informacija bitna za predvidjanje ukupnog ozračivanja. Optimalno rešenje bilo bi da svako sklonište ima po jedan instrument.

Sa gledišta preživljavanja ljudi u odgovarajućem skloništu, merenja, kao informacija o predskazivanju situacije, izvršena na višem nivou, imaju manji značaj, od merenja na licu mesta ili za neku blisku grupu skloništa.

U drugom periodu najvažniji zadatak (zahtev) je dekontaminacija terena, evakuacija i raspoznavanje opasnosti od zračenja na široj teritoriji. Kontrola hrane, vode i naročito mleka za decu predstavlja dalji zadatak.

U trećem periodu potrebna je kontrola i uklanjanje izvora radioaktivnosti.

4. Radiometrijska oprema skloništa

Oprema u skloništu treba da ima više namena. U mirnodopskim uslovima ona se normalno koristi za kontrolu i sticanje iskustva o mirnodopskim nivoima. Radi se o malim radiometrijskim laboratorijama prenosnog tipa. Ove laboratorije treba da su u stanju da mere:

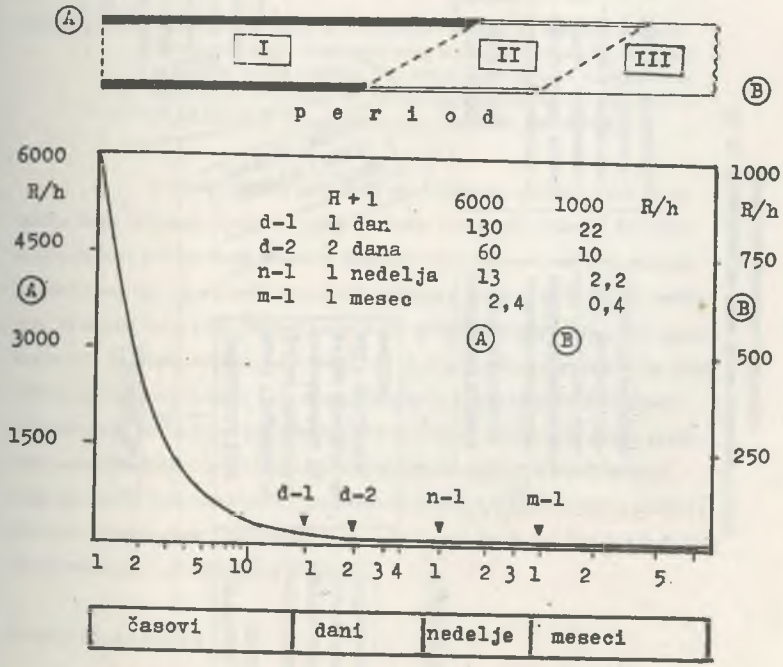
- jačinu ekspozicije gama zračenja od reda mR/h do nekoliko stotina R/h;
- površinsku kontaminaciju (beta, beta + gama);
- specifične aktivnosti uzoraka hrane, vode i stočne hrane reda 0,4 do nekoliko desetina μCi/kg (ili μCi/lit);
- uzorak vazduha;
- ljudske izlučevine za ocenu stepena interne kontaminacije i kontrole efikasnosti lečenja.

Za velika skloništa došla bi u obzir upotreba kompletnih radiometrijskih laboratorija koje bi u vanrednim uslovima bile prenete u skloništa. Za skloništa srednje veličine upotrebile bi se laboratorije manjeg obima ali sa mogućnošću svih napred navedenih merenja i sa istom metodologijom. U svim skloništima treba predvideti neku vrstu "sanitarnog propusnika" gde bi se kontrolisali ljudi koji ulaze i svi predmeti i hrana što se unose spolja. Posebna kontrola bi se zavela za ljudstvo koje je vršilo izvidjanja terena, kako u pogledu površinske kontaminacije, tako i merenja izlučevina.

U skloništima gde postoje filtarski sistemi treba posebnim konstrukcijama omogućiti uzimanje uzoraka vazduha koji prolaze kroz filtre i uzimanje uzoraka vazduha iza filtara da bi se videla efikasnost sistema. U većim skloništima gde ne postoje filtri trebalo bi predvideti male pumpe za uzimanje uzoraka vazduha.

Za velika skloništa mogu se koristiti i stacionarni (ugradjeni) alarmni sistemi i kontinualna kontrola radioaktivnih aerosola sa automatskim uključivanjem odredjenih sistema u slučaju povišenja nivoa zračenja ili koncentracije radioaktivnosti u vazduh.

Funkcionalna blok-šema radiometrijskih merenja i radiometrijske opreme skloništa pokazana je na sl. 2. Za različite tipove skloništa funkcionalna šema izražava potrebu za radiometrijskim merenjima. Medjutim, za svaki tip skloništa radiometrijska oprema može da bude drukčijeg nivoa mogućnosti merenja. Ali, kao što je ranije isticano, bez ovakve opreme nije moguće utvrdjivati radijacionu opasnost niti regulisati režim života i ishrane ljudi u skloništu.



Sl. 1 Promena jačine ekspozicije (R/h) sa vremenom za A - 6000 R/h i B - 1000 R/h

Sl. 3 Sperry B86B2, merač mikrotalasnog zračenja

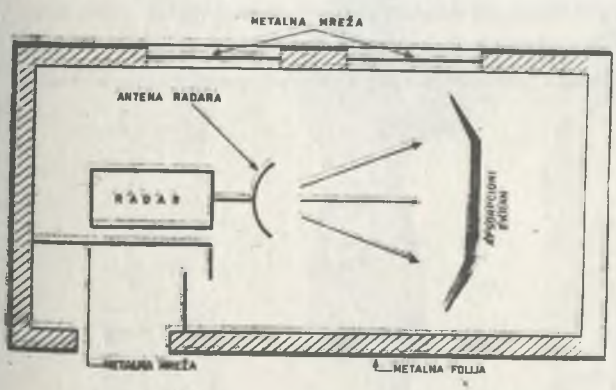
Sl. 4 Medik PO-1, merač mikrotalasnog zračenja

upotrebljavaju za merenja zračenja metarskih talasnih dužina. Ekipa Vazduhoplovnomedicinskog instituta koristi i ovaj merni uredjaj za merenja zračenja u radarskim stanicama.

Opšta zaštitna sredstva

Za zaštitu ljudstva od direktnog mikrotalasnog zračenja, danas se koriste specijalni štitnici različitog oblika i dimenzija. Ovi štitnici se prave od različitih materijala i uglavnom se metali koriste za njihovu konstrukciju (bakarne niti, čelična žica, aluminijumska folija, metalizirana plastika i dr.). Tehnička rešenja ekranizacije mikrotalasnog zračenja, kako u slobodnom prostoru, tako i u zatvorenim prostorijama, zavise od rasporeda i položaja izvora zračenja (radarskih antena), režima rada, snage mikrotalasnog generatora i drugih faktora.

Na slici 5 prikazana je šema ekranizacije izvora zračenja u zatvorenoj prostoriji.



Sl. 5 - Šema ekranizacije radarskog zračenja u zatvorenoj prostoriji (po Witkowicz-u)

Individualna zaštitna sredstva

Oprema za ličnu zaštitu od mikrotalasnog zračenja izradjuje se od materijala koji reflektuje ovo zračenje. Za izradu ovakvih odela koriste se tkanine protkane metalnim nitima, ili presvučene slojem metalizacije. Od navedenih materijala izradjuju se kombinezoni, mantili, kapuljače, čizme, pelarine i rukavice. Za zaštitu očiju koriste se naočare sa metaliziranim staklima, ili štitnici za lice izradjeni od metalne mreže.

Na slici 3 prikazano je nekoliko tipova lične zaštitne opreme koja se izradjuje i koristi u raznim zemljama. U našoj zemlji koristi se tipizirana lična zaštitna oprema sovjetske proizvodnje (sl, 3a). Ovom opremom snabdeveno je ljudstvo koje se kreće i obavlja službu u neposrednoj blizini snažnih radarskih uredjaja.

Pri razmatranju praktične vrednosti raznih tipova opšte i lične zaštitne opreme i sredstava, treba imati u vidu činjenicu da sva ova sredstva imaju ograničenu primenu. Tako na primer, do danas još nije usavršen takav tip lične zaštitne opreme koja bi, pored zaštitnih svojstava, zadržala i karakteristike udobnog radnog odela.

Sl. 6 - Lična zaštitna oprema za radariste (a-proizvedena u SSSR, b-proizvedena u SAD i c - proizvedena u NR Poljskoj)

Sama činjenica da je lična zaštitna oprema metalizirana, ili protkana metalnim nitima, isključuje mogućnost dobrog radnog komfora. U letnjim mesecima gotovo je nemoguće obavljati službu u njoj zbog loše ventilacije i pregrejavanja organizma. Primena metaliziranih naočara ili metalne mreže za zaštitu očiju od zračenja, takodje značajno ometa precizan rad i osmatranje što inače karakteriše delatnost radarista. Ako se uzmu u obzir navedene činjenice, dolazi se do zaključka da se zaštitna oprema može koristiti samo u odredjenim situacijama, kada je to neophodno, dok se uglavnom mere zaštite sprovode izbegavanjem izlaganja ljudstva u polju mikrotalasnog zračenja, skraćenjem vremena izlaganja u svim slučajevima i bez obzira na intenzitet zračenja, kao i insistiranjem da se striktno poštuju propisane mere zaštite ljudstva od mikrotalasnog zračenja.

S U M M A R Y

MICROWAVE MEASUREMENTS METHODS AND PROTECTION IN MICROWAVE FIELD

Some of methods for measuring microwave power are described. There are some available instruments for measuring microwave radiation, and theirs performance are commented. Methods for prevention and microwave hazards control are discussioned. Various equipments for protection personnel exposed to microwave fields are showed. The method for microwave radiation hazards control which uses Institute of Aviation Medicine, Zemun are presented.

L i t e r a t u r a:

1.- Kolesnik T.A.: Klinika hroničeskogo vozdejstvija elektromagnetnyh voln sverhvisokoj častoty. Leningrad, Akad. Med. Nauk, SSSR, 1961.

2.- Zaret M.M. and col.: Biological Effects and Health Implications of Microwave Radiation, Symp. Proceed. Richmond, 1969.

3.- Mumford W.W.: Proceed. of the IRE, 427-447, 1961.

4.- Milrou W., Michaelson S.: Aerospace Med., 53:1, 67-75, 1972.

5.- Czersky P.: Med. Lotn. Spec. Nomer, 69, 1965.

6.- Learu F.: Electronics, 8:49, 1959.

7.- Žuravjev V.A., Sevastjanov V.V.: Voennomed. Žur., 3, 61, 1972.

VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja.

Heroeg Novi 2o-23.maj 1975.

Sašenko Čečuk[o] , Branko Breyer[oo] i Asim Kurjak[oo]

[o]Klinička bolnica "Dr Mladen Stojanović" Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Klinika za ženske bolesti i porodništvo

Predstojnik:Prim.dr Velimir Kirhmajer

[oo]Klinika za ženske bolesti i porode Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Predstojnik:Prof.dr Branko Rajhvajn

STUDIJA OPASNOSTI ZASTOJA TOKA KRVNIH STANICA FETUSA U SNOPU ULTRAZVUKA

Iz novije literature je poznato da snop ultrazvučnih valova može izazvati zastoj toka krvnih stanica u krvnim sudovima embrija.Ova pojava predstavlja potencijalnu opasnost za pravilan razvoj ploda zbog mogućnosti izazivanja nedovoljne oksigenacije tkiva.

Budući da je dijagnostički ultrazvuk u sve široj upotrebi poduzeta je studija kojom je pokazano da se pravilnom upotrebom današnjih dijagnostičkih uređaja izbjegava rizik od oštećenja zbog zastoja toka krvnih tjelešaca.

U toku ispitivanja 83 trudnice u najranijem stadiju graviditeta pokazano je da se sve potrebne informacije u dijagnostici rane trudnoće sonarom mogu dobiti korištenjem intenziteta od najviše 14 dB ispod najnižeg intenziteta za koji je dokazano da može izazvati zastoj toka krvnih tjelešaca.

Posljednjih godina naglo se počelo širiti korištenje ultrazvuka visoke frekvencije(1-2o MHz) u medicinskoj dijagnostici. Ultrazvuk omogućuje vrlo brzu i jednostavnu pretragu i lagano dobijanje velikog broja informacija o stanju ploda in utero.

Iskustva iz rentgenske dijagnostike pokazuju da se nova dijagnostička metoda ma kako bila praktična ipak ne smije prihvatiti bez što temeljitijeg ispitivanja mogućeg štetnog djelovanja.

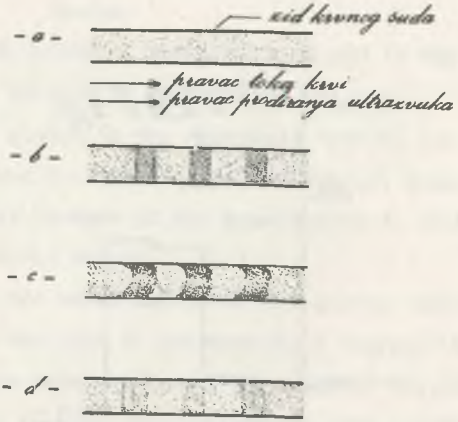
Ultrazvuk može izazvati lomove molekularnih veza pa i

ionizaciju molekula tkiva kroz koje prolazi. Zbog toga je bilo imperativno ispitati da li intenziteti korišteni u modernim dijagnostičkim eho-aparatima izazivaju kromozomske aberacije. Do sada u svijetu nije uvjerljivo pokazano da do takvih aberacija dolazi.

Do sada je najčešće ispitivan utjecaj snopa ultrazvuka na kulture krvnih stanica. Međutim time se ignorira nekoliko efekata ultrazvuka koji bi mogli biti štetni u realnim situacijama kod ispitivanja in vivo. Tu se prvenstveno radi o utjecaju tlaka zvuka na granice tkiva različitih zvučnih impedancija. U našoj studiji obratili smo pažnju na mogući efekt stojnih valova u krvnim žilama embrija od 6-13 tjedna trudnoće.

Iz literature je poznato[1] da stojni valovi u tankim krvnim sudovima embrija mogu izazvati zastoj toka krvnih zrnaca. U sudovima unutrašnjeg promjera od 0,09mm do 0,35mm, položenim u smjeru širenja zvuka primjećeno je grupiranje krvnih zrnaca u razmacima od pola valne dužine i njihov zastoj na mjestu kada je intenzitet ultrazvuka prešao vrijednost određenog praga. Najniži izmjereni prag za zastoj krvnih zrnaca u venama iznosio je cca 0,35 Wcm^{-2}. Na slici 1 shematski je prikazana ova pojava. U arterijama taj prag je bio viši i iznosio je cca 1 Wcm^{-2}.

Vrijednost praga pada sa porastom unutrašnjeg promjera krvnog suda a do zastoja toka krvnih zrnaca teže dolazi ako krvni sud nije orijentiran u smjeru širenja zvuka. Vjerojatni razlog grupiranja krvnih tjelešaca su Bernoullijeve sile privlačenja. Ovaj efekat mogao bi biti opasan zbog obustave snabdijevanja tkiva kisikom. Olakšavajuća okolnost jest činjenica da pod uvjetima nedostatka kisika stanice mogu oslobađati energiju anaerobnom glikolizom, iako sa manjom efikasnošću nego uz prisustvo kisika. Dio kisika se prenosi otopljen u plazmi čiji tok se ne prekida ni pri zastoju toka krvnih zrnaca pa tkiva neće u potpunosti ovisiti o anaerobnoj glikolizi.

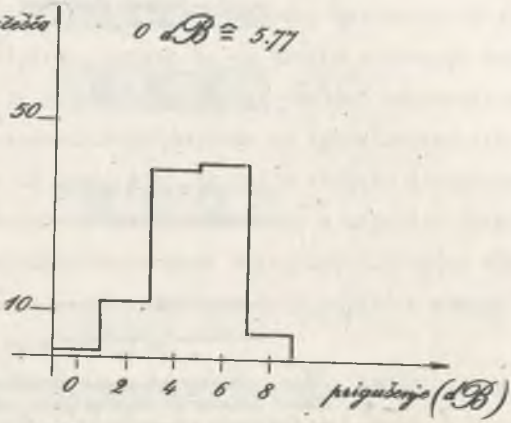


slika 1. Faze u formiranju grupa krvnih stanica
a - krvne stanice su raspodijeljene uniformno
b - nakupljanje stanica na pogodnim mjestima
c - granice čukova grupa
d - formiranje grupa je završeno

Tkiva sa visokom potrošnjom kisika poput bubrega su podložnija oštećenju nego ona sa manjom potrošnjom kisika kao na pr. mišić. Budući da u rutinskoj praksi koristimo dijagnostiku ultrazvukom za određivanje zrelosti fetusa usmjerili smo studiju na istraživanje mogućnosti izazivanja zastoja toka krvnih zrnaca kod intenziteta koje koristimo. Pitanje kromozomskih oštećenja u više radova do sada je obrađeno i svi rezultati govore u prilog neštetnosti upotrebe ehografije.

U toku 1974. godine ispitano je ultrazvučnom ehografijom 83 trudnice od 6-13 tjedna graviditeta. To je najraniji stadij trudnoće u kojem se vrše pretrage ultrazvukom, a s obzirom na osjetljivost embrija u ovoj dobi naglašena je važnost mogućeg oštećenja ploda.

U tu svrhu izmjerili smo raspodjelu trajanja rada sa pojedinim intenzitetima ultrazvuka i to prikazali na dijagramu 1. Iz dijagrama proizlazi da se povremeno koristi intenzitet od 5,77 Wcm^{-2} u impulsima dužine 2 µs.



dijagram 1. Raspodjela trajanja korištenja pojedinih prigušenja

Budući da se plod nalazi ispod sloja masnog i mišićnog tkiva potrebno je uzeti u obzir prigušenje ultrazvuka pri prolazu kroz to tkivo. Za frekvenciju od 2,5 MHz koju koristimo u našim pretragama koeficijent prigušenja iznosi 8,25 dB/cm. Koeficijent prigušenja u masnom tkivu iznosi 1,57 dB/cm za istu frekvenciju. Kod prosječne mršavije pacijentice dobili smo prema tome prigušenje od 14,7 dB pa uzevši u obzir rezultate prikazane na dijagramu 1 možemo kazati da ne očekujemo zastoj toka krvnih tjelešaca kod embrija kojeg ispitujemo.

Zaključak

Na temelju opisanih ispitivanja zaključujemo da sa korištenim tipom dijagnostičkog aparata (Diasonograph NE 4102) i korištenim intenzitetima i frekvencijama ultrazvuka ne treba očekivati zastoj toka krvnih zrnaca embrija. S obzirom na velike razlike u tehnici i tipovima ultrazvučnih eho-aparata koji se danas primjenjuju smatramo potrebnim da se opisani proračun provede za svaki aparat posebno prije primjene u dijagnostici rane trudnoće.

Summary

A STUDY OF THE DANGER OF BLOOD CELL STASIS IN THE EMBRYO EXPOSED TO ULTRASOUND

Blood cell stasis in the embryonic vessels can occur by exposing to ultrasound.This process is a potential danger for normal fetal development because of the possibility of producing the oxygen deficiency in the tissue.

This study has shown that with the correct use of modern diagnostic machines the risk of the embryonic damages can be avoided.83 patients were examined from 6-13 weeks of the pregnancy and it is shown that all the informations we need can be obtained using the intensity of no more than 14 dB under the lowest intensity which is proved that can provoke arrest of blood cell flow.

LITERATURA

1.DYSON,M. et al.,Ultrasound in Med.& Biol.,Vol.1,str.133-148. Pergamon Press,1974.
2.ABDULLA,U. et al.,The Lancet,October 16,1971,str.829-831.
3.CAMPBELL,S.,British Journal of Hospital Medicine,November 1972, str.541-555.
4.ČEČUK,S.,CAMPBELL,S.,Prvi jugoslavenski postdiplomski seminar Ultrazvuk u kliničkoj medicini,21-23.studeni 1974,Dubrovnik.
5.BAKER,N.V.,Nature,Lond.239,str.398-399,1972.
6.TAYLOR,K.J.,POND,J.B.,Workshop Proceedings,str.87,DHEW Publication(FDA)73-8008,1972.

-VIII Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja Herceg Novi 2o-23 maj 1975.

DR. ZDENKO ČANIĆ
ZAVOD ZA ZAŠTITU ZDRAVLJA GRADA ZAGREBA

PROBLEMATIKA MEDICINSKIH KONTRAINDIKACIJA ZA RAD SA IZVORIMA IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA

Dok ne bude na zadovoljavajući način rješeno pitanje zaštite izvora zračenja, te dok ne bude u potpunosti poznat biološki efekt zračenja, treba maksimalnu pažnju posvećivati zdravstvenom stanju eksponiranih osoba. Medicinske kontraindikacije za rad u sferi zračenja treba da su naučno fundirane, a prethodni i periodski zdravstveni pregledi treba da se striktno provode. Autor govori o svojim iskustvima i daje izvjesne preporuke.

Problem zdravstvene sposobnosti za rad u sferi ionizirajućeg zračenja počeo se javljati još u ono dosta davno vrijeme kada je počela šira primjena izvora zračenja, jer tada su i zapažena prva oštećenja. Nepoznavanje biološkog djelovanja zračenja te nedovoljna zaštita dovelli su do mnogih žrtvi. Sa razvojem tehnike i adekvatnih zaštitnih mjera smanjena je opasnost pri radu. No kako apsolutna zaštita ne postoji, cilj zaštite jest da svede na praktično bezopasnu mjeru somatske efekte kod pojedinaca i štetne nasljedne efekte kod stanovništva kao cjeline.

Sa sve većom primjenom izvora zračenja, kako u dijagnostičke tako i terapijske svrhe u medicini, zatim sve veća upotreba izvora zračenja u industriji, dovodi do toga da se sve više povećava broj osoba koje su profesionalno izložene djelovanju zračenja, te se stoga zdravstveni nadzor nad eksponiranim osobama javlja kao organizacioni i stručni problem.

Zdravstveno stanje eksponiranih osoba te ocjenu radne sposobnosti na temelju unaprijed određenih medicinskih kontraindikacija možemo posmatrati sa gledišta:

- da li neka osoba uopće smije biti izložena zračenju,
- kontrole zdravstvenog stanja eksponirane osobe u cilju otkrivanja oštećenja od zračenja,
- utvrđivanje stupnja odnosno težine oštećenja.

Napominjem da takva mišljenja ne može dati bilo koji liječnik, nego samo liječnik one specijalnosti koji je posebno dokvalificiran za tu problematiku, a to je uglavnom specijalista medicine rada. Naime, pri ocjeni zdravstvene sposobnosti za neki rad, liječnik treba da procjeni ne samo zdravstveno stanje ispitanika, nego treba poznavati uvjete i zahtjeve radnog mjesta, treba znati procijeniti i buduće utjecaje profesionalnih štetnosti na organizam ispitanika, i tek na osnovu toga može se donijeti mišljenje o profesionalnoj radnoj sposobnosti. Da bi se što više izbjegla "subjektivnost" /a kad-što i neznanje/ u procjeni, potrebne su neke norme, ili bolje rečeno "kontraindikacije" za rad u sferi ionizirajućeg zračenja. Međutim, ne smijemo izgubiti sa vida da je svaki pacijent "slučaj za sebe", i da se mora ostaviti mogućnost liječniku specijalisti da granične slučajeve sam procijeni, pa prema tome normirane kontraindikacije predstavljaju minimalne zahtjeve od kojih se ne može odstupiti. O nedostacima još uvjek važećeg Pravilnika o zdravstvenim pregledima i o zdravstvenim uvjetima osoba koje

rade sa izvorima ionizirajućeg zračenja /Sl. List 31/65/, govorio sam na prethodnim simpozijima. Ja bih ovdje pokušao dati samo neke sugestije za budući Pravilnik, odnosno minimum zdravstvenog stanja koje još dozvoljava rad u sferi ionizirajućeg zračenja.

Medicinske kontradikcije za rad sa izvorima zračenja, iako po sadržaju iste, možemo podijeliti u nekoliko grupa, i to:

1. Medicinske kontraindikacije koje isključuju mogućnost zaposlenja /školovanja/ za rad sa izvorima zračenja.

2. Medicinske kontraindikacije na osnovu predpostavke da su nastupili neidentificirani somatski efekti djelovanja zračenja/prekoračena dozvoljena doza primljenog zračenja/

3. Medicinske kontraindikacije koje privremeno ili trajno ne dozvoljavaju rad sa izvorima zračenja radi utvrđenih oštećenja organizma uslijed
   a/ djelovanja zračenja
   b/ ostalih bolesti organizma

Ad 1. Svaki rad zahtjeva specifične vještine i neko određeno znanje, no zdravstveno stanje pojedinca uvjetuje uopće i samu mogućnost stručnog osposobljavanja, a zatim mogućnost obavljanja zvanja za koje se neko osposobio. Zdravstveni kriteriji za zvanje kod izvora ionizirajućeg zračenja trebaju biti mnogo stroži od kriterija za osobe koje taj posao već rade. Prema našim podacima najviše oko 25 % osoba izloženih zračenju bilo je na odgovarajućem "prethodnom pregledu", odnosno o tome je postojala medicinska dokumentacija. Ovakvo stanje veoma otežava kasniju procjenu zdravstvenog st-

anja u slučaju kada postoji sumnja na profesionalno oštećenje. Naši kriteriji pri predhodnim pregledima tj. prije školovanja su bili veoma oštri, i cca 28 % kandidata je odbijeno /vidi dijapozitiv/. Na žalost , u većini slučajeva imamo situaciju da nam na pr. zdravstvene ustanove upućuju na pregled osobe sa položenom kvalifikacijom, ili čak da već nekoliko mjeseci rade sa izvorima zračenja, a rijetko da neko ima zdravstvenu dokumentaciju /hematološke nalaze/ iz perioda prije rada.

U budući Pravilnik bi svakako trebalo unijeti da osim određene krvne slike kao kontraindikacije za školovanje ili zaposlenje su i sva oboljenja krvi i krvotvornih organa / osim kompenzirane sideropenične anemije/, zatim niz unutrašnjih i kožnih bolesti, i kod žena još i poremećaji menstrualnog ciklusa. U medicinske detalje ne bih ovdje ulazio.

Naglasio bih jedan organizaciono-administrativni detalj, koji bi po mojem mišljenju morao naći svoje mjesto u Pravilniku. Prigodom prvog zaposlenja sa izvorima zračenja, trebalo bi ispostaviti unificirani zdravstveni dokumenat, u koji bi bili unešeni odgovarajući zdravstveni podaci, naročito krvne slike. Taj dokumenat odnosno njegova fotokopija trebala bi se dostaviti ovlaštenoj zdravstvenoj ustanovi koja vrši zdravstveni nadzor nad osobama izloženim ionizirajućem zračenju.

Ad 2. Ne ulazeći u problematiku točnosti filmdozimetrije, kao i u slučajno ili neslučajno ozračivanje filma, nego prihvaćajući izmjerenu dozu kao stvarno primljenu, postavlja se pitanje ocjene radne sposobnosti u tim slučajevima. Tu su dvije varijante: nema nikakvih znakova oštećenja ili postoje znakovi oštećenja. U slučaju da se ne mogu dokazati oštećenja, ocjena sposobnosti treba ovisiti ne samo o neposredno pri-

mljenoj dozi , nego i o primljenim dozama prethodnih godina, nalazima periodskih zdravstvenih pregleda, životnoj dobi i spolu dotične osobe te općem zdravstvenom stanju. Treba svakako ostaviti liječniku-specijalisti mogućnost procjene pojedinih slučajeva, ali treba odrediti graničnu primljenu dozu iznad koje je bezuvjetno potrebno ukloniti ozračenu osobu iz sfere ionizirajućeg zračenja. Kod osoba sa prekoračenom dozom, ukoliko ih ostavljamo na radnom mjestu potreban je kontrolni pregled u početku svaki mjesec, a kasnije svaka tri mjeseca kroz period najmanje dvije godine.

U slučajevima utvrđenih oštećenja treba postupiti kao pod 3.

Ad 3. Periodski zdravstveni pregled treba da otkrije početna oštećenja uslijed djelovanja zračenja, i pravilna organizacija pregleda omogućit će da se ti pregledi redovito sprovode. Zakonski propisi su i do sada pružali mogućnost da se zabrani rad osobama koje se neće podvrgavati pregledu. Što se ta mogućnost nije koristila, krivnja je možda u "sentimentalnosti", ne prijavljivanje ustanova i zdravstvenih radnika.

Da bi se periodskim pregledima mogla utvrditi profesionalna oštećenja, potrebno je da zdravstvene ustanove koje vrše te preglede imadu osposobljene kadrove, a napose da imadu vlastiti hematološki laboratorij.

Što se tiče medicinskih kontraindikacija, budući da oštećenja svakako najprije utvrđujemo promjenama u krvnoj slici, pri promatranju hematoloških nalaza moramo naj-prije detaljnjim pregledom pacijenta isključiti etiološke faktore uslijed kojih bi moglo do-

ći do do sličnih promjena u krvi /na primjer: djelovanje hematoksičkih otrova, djelovanje lijekova itd./. Zatim, ako se samo jednom utvrdi patološki hematološki nalaz, to još uvijek ne može biti siguran dokaz da se radi o oštećenju zračenjem, i zaključak o oštećenju se može donijeti jedino na temelju ponovljenih pretraga krvi. Tu je svakako poželjno imati na uvid i rezultate ranijih periodskih pregleda.

Mislim da nije potrebno napose naglašavati, da i kod zdravih osoba brojčane vrijednosti krvnih stanica ovise o nizu faktora kao što su: podneblje, životna dob, spol, način ishrane itd., te stoga Pravilnik može da odredi samo onaj realni minimalni kriterij , koji su apsolutna kontraidikacija za daljnji rad. Osim samog broja krvnih stanica važne su i njihove fiziološke varijacije kod pojedinih osoba. Prema našim podacima oko 6 % praktično zdravih osoba je imalo kod pojedinačnih nalaza broj leukocita ispod 4000. No treba voditi računa o tome, da je na primjer nalaz od 4100 leukocita kod osobe koja obično ima 6-7.000 jedina pojava nad kojom se treba zamisliti, dok će recimo 3800 leukocita kod osobe koja imade uobičajni nalaz od oko 4500 biti prilično bezznačajna stvar /naši nalazi na dijapozitivima/.

Z A K L J U Č A K

Prigodom izrade nacrta novog Pravilnika o zdravstvenim uvjetima za rad sa izvorima ionizirajućih zračenja, treba voditi računa o slijedećim tezama:

1. Treba obavezati radne organizacije koje sprovode izobrazbu za rad sa izvorima ionizirajućih zračenja /na pr. škole rendgen tehničara, specijalizacije liječnika rendgenologa itd./, da prije školovanja ili uposlenja kandidati se podvrgnu prethodnom liječničkom pregledu u ovlaštenoj ustanovi i da o tome doprinesu propisano uvjerenje.

2. Medicinska dokumentacija o prethodnom pregledu mora se dostaviti ovlaštenoj zdravstvenoj ustanovi koja će vršiti periodske zdravstvene preglede.

3. Prigodom promjene mjesta zaposlenja, zdravstvena ustanova koja je vršila periodske zdravstvene preglede obavezna je dostaviti izvod iz zdravstvene dokumentacije zdravstvenoj ustanovi koja će u buduće vršiti periodske preglede.

4. Radna organizacija koja vrši mjerenje primljenih doza zračenja, treba obavještavati o primljenim dozama nadležnu zdravstvenu ustanovu.

5. Nadzor nad zdravstvenim stanjem osobe koja radi sa izvorima zračenja /vršenje prethodnih i periodskih zdravstvenih pregleda/ može vršiti samo ona radna organizacija koja ima odgovarajuće kadrove i opremu /ovlaštena zdravstvena ustanova/

6. Medicinske kontraindikacije za osobe koje će se školovati ili prvi puta zaposliti sa izvorima ionizirajućih zračenja trebaju biti mnogo strože nego za osobe koje

već taj posao rade.

7. Normativi krvne slike eksponiranih osoba trebaju biti realni, vodeći računa o životnoj dobi, spolu, primljenim dozama zračenja i općem zdravstvenom stanju eksponiranih osoba.

8. Osobe koje rade sa izvorima ionizirajućih zračenja moraju imati slijedeću krvnu sliku:

- Broj leukocita 3.500-10.000 u cmm
- od toga limfocita 20-50% odnosno 800-4.000 u cmm
- od toga polimorfonuklearа 40-75% odnosno 1400-7500 u cmm

- Broj Eritrocita: muškarci 3,300.000-5,500.000 u cmm
  " žene 3,500.000-5,000.000 u cmm

Broj trombocita i vrijeme krvarenja ovisit će o dogovorenoj metodi pretrage.

9. Treba obavezno odrediti metodiku uzimanja uzoraka i brojenja krvnih stanica.

VIII SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD Z[illegible]
Herceg Novi 20-23.maj 1975.

Djordje Ristić i Slobodan Gnjatović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

O UPUTSTVU ZA POSTUPAK U SLUČAJU AKCIDENATA KOJI BI MOGLI NASTATI KOD PRIMENE IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

U referatu su razmatrani predlozi neophodnih mera i akcija u slučaju akcidenata koji bi mogli nastati kod primene izvora jonizujućih zračenja a koje bi trebalo da budu sadržane u Uputstvu za postupak u slučaju akcidenata.

1. UVOD

Radne organizacije koje koriste izvore jonizujućih zračenja moraju (čl.20 Osnovnog zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja) imati Pravila o zaštiti od jonizujućih zračenja. Ova Pravila mogu biti zasebna ili u sklopu Pravilnika o zaštiti na radu u radnoj organizaciji. Sastavni deo Pravila ili Pravilnika trebalo bi da bude i Uputstvo za postupak u slučaju akcidenta sa izvorima jonizujućih zračenja.

Sve veća primena izvora jonizujućih zračenja povećava i verovatnoću za mogućnost nastajanja akcidenta sa njima. Dok se kod akcidenata drugih vrsta uglavnom zna kako treba postupati, dotle je vrlo mali broj ljudi informisan i upućen šta treba raditi kada dodje do akcidenata sa izvorima jonizujućih zračenja. Mali je broj radnih organizacija koje imaju bilo kakvo Uputstvo za postupak u slučaju akcidenta sa izvorima jonizujućih zračenja.

2. DISKUSIJA

Korišćenje izvora jonizujućih zračenja u normalnim okolnostima ne predstavlja takvu opasnost po ljude i okolinu kao što to može biti u slučaju akcidenta sa tim izvorima.

Akcidenti po svom obimu mogu da predstavljaju opasnost lokalnog karaktera za jednu prostoriju, laboratoriju, pogon ili opš-

teg karaktera za celu radnu organizaciju i okolinu..

Svakako najvažniji a često i najteži problem je utvrditi da je došlo do akcidenta.Akcidenti sa izvorima jonizujućih zračenja se teže uočavaju od drugih akcidenata i mogu biti konstatovani merenjima sa odgovarajućim instrumentima.Ako se ne poseduju instrumenti za merenja,onda svako odstupanje od normalnog stanja i oblika,neka neispravnost,deformacija i druge promene ili sumnja u to ukazuju na mogućnost nastanka akcidenta.

Pod akcidentom podrazumevamo svaki nepredvidjeni ili nevoljni dogadjaj čija je priroda takvog karaktera da u njegovom nastajanju i posledicama mogu da budu dovedeni u opasnost: a) ljudstvo , b) materijalna dobra , c) ljudstvo i materijalna dobra.

Akcidenti sa izvorima jonizujućih zračenja mogu da predstavljaju pored gornjeg i: a) opasnost od ozračivanja , b) opasnost od kontaminacije i c) opasnost od ozračivanja i kontaminacije.

S obzirom na izloženo ne bi trebalo biti u dilemi šta je akcident i kada treba signalizirati isti.

Naravno da se svaka nezgoda ili udes ne mora odmah okfalifikovati kao akcident ali je bolje i pogrešiti u proceni i signalizirati-alarmirati akcident nego zanemariti opasnost.

Nestanak izvora jonizujućeg zračenja ili pretpostavka nestanka bilo iz kojih razloga uvek se mora okarakterisati kao akcident i to teže vrste.

3.NAMENA I SADRŽAJ UPUTSTVA

Za svaki izvor jonizujućeg zračenja ili uredjaj u kome je ugradjen izvor ili koji stvara jonizujuće zračenje treba dati osnovne karakteristike kao što su vrsta izvora,vrsta zračenja,i druge karakteristike,kao što su:način kapsuliranja i fizičko-hemijski oblik kao i normalne i maksimalne jačine ekspozicionih doza zračenja i maksimalni nivoi kontaminacije koji bi mogli biti stvoreni.

U slučaju da je u jednoj prostoriji ili mestu prisutno više izvora zračenja dovoljno je dati te podatke samo za izvor najjače aktivnosti ako su izvori iste vrste a ukoliko su različiti onda za svaki izvor pojedinačno sa podacima o radiotoksičnosti.

Da bi se ublažile posledice eventualnih akcidenata potrebno je Uputstvom predvideti i mere za lokalizaciju nastalog akcidenta, eventualne primarne mere sanacije kao i evakuaciju do dolaska posebnih službi i ekipa koje će izvršiti trajne mere sanacije...ako prilikom požara,eksplozije i drugih nezgoda može doći i do akcidenta

sa izvorima jonizujućih zračenja,Uputstvom za postupak u slučaju akcidenta treba dati način delovanja u takvim situacijama.

Treba predvideti postupak sa licem koje dodje u dodir sa radioaktivnim materijalom ili njegovom emanacijom kao i način upotrebe sredstava i opreme za lokalizaciju akcidenata i ograničavanje i obeležavanje opasne zone.

Uputstvom treba regulisati i mere i akcije u slučaju akcidenata ako se izvori jonizujućih zračenja koriste van radne organizacije.Posebno treba predvideti mere i akcije za slučaj akcidenata koji bi mogli nastati pri transportu izvora jonizujućih zračenja.Pored toga u Uputstvu se mora precizirati način alarmiranja i izveštavanja.U sklopu načina alarmiranja koji može biti prikazan i šematski treba da se nalaze i nazivi institucija i službi i imena odgovornih lica koje je potrebno alarmirati-izvestiti o nastanku akcidenta,zatim brojevi telefona i teleksa kao i njihove adrese.

Sa po jednim primerkom Uputstva treba da raspolažu:

- odgovorno lice za zaštitu od jonizujućih zračenja i njegov zamenik
- služba zaštite na radu
- najbliži SUP
- najbliža vatrogasna brigada
- ovlašćena ustanova za poslove zaštite od jonizujućih zračenja
- opštinski odnosno Republički sanitarni inspektorat

Sa Uputstvom treba da budu upoznata sva lica koja dolaze u dodir sa izvorima jonizujućih zračenja,odgovorna lica i odgovarajuće službe.

Upoznatost odnosno spremnost za delovanje u slučaju akcidenta potrebno je povremeno proveravati.Proveravanje se najbolje postiže probnim vežbama.Probne vežbe se mogu izvoditi kao posebne ili uz opšte probne vežbe.

Uputstvo odnosno izvodi iz Uputstva treba takodje da se nalaze na vidnom mestu u prostoriji gde se koriste izvori zračenja.Ako je prostorija većih dimenzija onda i na mašinama i uredjajima,u kojima su ugradjeni izvori zračenja,i drugim dostupnim mestima.Uputstvo se takodje mora nalaziti i u vozilu koje prevozi izvore jonizujućih zračenja i kod pratioca transporta.Po jedan primerak treba da se nalazi i kod portira,noćnih čuvara i u prostoriji glavne portirnice na ulazu u radnu organizaciju.

Z A K L J U Č A K

Postojanje odgovarajućeg Uputstva za postupak u slučaju akcidenta rešilo bi mnoge dileme. Pre svega procenili bi se vrsta i obim akcidenta, i mere i akcije koje treba preduzeti. Izbegli bi se mnogi nesporazumi kao i eventualne dramatizacije ili potcenjivanja opasnosti. Takodje bi se postigla odgovarajuća informisanost ljudi, službi i institucija kao i preciziralo njihovo mesto i uloga u slučaju nastanka akcidenta sa izvorima jonizujućih zračenja.

ABSTRACT

In this paper the elements of a Guide for measurements to be taken in the case of an emergency during work with radioactive sources applied in industry and medicine, are discussed.

VIII simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Herceg-Novi, od 20. do 23. maja 1975.

Ćirić Vladimir, Saobraćajni fakultet, Beograd
Radenković Dragoljub, Republički sekretarijat za narodnu odbranu SR Srbije, Beograd
Buzadžić Zdravko, Savezni sekretarijat za narodnu odbranu, Beograd

ZAŠTITA OD ZRAČENJA U ZAKONU O NARODNOJ ODBRANI

Rezime: Zakon o narodnoj odbrani je usvojila Skupština SFRJ, aprila 1974. godine. Zaštita od zračenja, za potrebe opštenarodne odbrane, sprovodi se u okviru jedinstvene zaštite od radijaciono-biološko-hemijskih (RBH) dejstava, kako u okviru civilne zaštite, tako i kroz druge društvene strukture. Dat je kratak prikaz dužnosti i obaveza građana, organizacija udruženog rada i drugih organizacija i državnih organa i društveno-političkih zajednica na sprovođenju RBH zaštite.

Uvod

Zakon o narodnoj odbrani[1)] je usvojila Skupština SFRJ aprila 1974. godine.

Zaštita od zračenja se razmatra u Zakonu:

- u sklopu dužnosti organizacija udruženog rada (OUR), koje se bave naučnoistraživačkim i razvojnim radom (gl. IV, čl. 89),
- u okviru rada službe osmatranja, javljanja, obaveštavanja i uzbunjivanja (gl. VII, čl. 129-132),
- u civilnoj zaštiti (gl. VIII),
- u okviru osposobljavanja i obučavanja za odbranu i zaštitu (gl. X), i
- u poglavlju o finansiranju narodne odbrane (gl. XII, čl. 220.).

Razmatranje odredbi koje govore o zaštiti od zračenja

1. U glavi IV, koja nosi naslov: "Osnovna prava i dužnosti OOUR i drugih samoupravnih organizacija i zajednica", čl. 89. obavezuje "Organizacije udruženog rada koje se bave naučnoistra-

živačkim i razvojnim radom i OUR i organi koji pokreću ili finansiraju istraživačke ili razvojne projekte, dužni su obezbediti da se u programe istraživanja i razvoja uključe i istraživanja od interesa za narodnu odbranu koja odgovaraju predmetu istraživanja". Prema tome, ovo se odnosi i na OUR koje se bave poslovima zaštite od zračenja (instituti, laboratorije, zavodi i sl.).

To znači, da pojedinci, grupe istraživača, laboratorije ili instituti, koji se bave problemima, na primer, detekcije, dozimetrije, dekontaminacije, radiobiologije, medicinske intervencije i sl. su dužni da prate kroz literaturu i dostignuća u nauci i tehnici, s aspekta narodne odbrane, i na zahtev organa narodne odbrane da daju mišljenje predlog, savet ili neku informaciju o pitanju za koje je organ narodne odbrane zainteresovan. Isto tako, kod izrade studija, elaborata, projekata i drugih dokumenata potrebno je, gde god je to moguće, sagledati određeni problem i s aspekta narodne odbrane. Na primer: kod izrade projekata za nuklearne reaktore, laboratorija za primenu radioizotopa i sl., potrebno je voditi računa i o elementima zaštite od mogućih posledica u ratnim uslovima (na primer u slučaju klasičnog bombardovanja tog objekta i sl.).

2. U glavi VI, koja nosi naslov "Nadležnosti organa federacije", Savezni sekretarijat za narodnu odbranu vrši posao koji se odnosi na "organizovanje i funkcionisanje opšteg sistema osmatranja, javljanja, obaveštavanja i uzbunjivanja i sistema otkrivanja i utvrđivanja opasnosti od radijaciono-biološko-hemijskih sredstava, za slučaj neposredne ratne opasnosti i u ratu" (čl. 115., t. 9.). U stvari ovo predstavlja osnovni zadatak u oblasti RBH zaštite iz kojeg proističu svi ostali, a u čijem rešavanju treba da učestvuju sve društvene strukture, na svim nivoima.

3. Dužnost službe osmatranja, javljanja, obaveštavanja i uzbunjivanja je da "otkriva opasnosti od svih vrsta ratnih dejstava (iz vazduha, sa kopna, mora i dr.)", što podrazumeva i radijacionu opasnost (gl. VII, čl. 129.).

Službe zaštite od zračenja, koje se u redovnoj delatnosti bave ovom problematikom, imaju utvrđene obaveze prema službi osmatranja, javljanja, obaveštavanja i uzbunjivanja, a sastoji se u sledećem:

"Organizacije udruženog rada i druge organizacije,

službe i državni organi, koji se, u okviru svojih zadataka, redovno bave osmatranjem i utvrđivanjem određenih pojava, a naročito hidrometeorološke i vatrogasne službe, zdravstvene službe, službe radiološke zaštite, službe u oblasti, poljoprivrede, vodoprivrede, elektroprivrede, pomorstva i druge službe, za vreme ratnog stanja ili slučaja neposredne ratne opasnosti, dužne su da centrima za obaveštavanje i uzbunjivanje odmah dostavljaju podatke značajne za narodnu odbranu za koje saznaju prilikom obavljanja svojih poslova.

Organi, organizacije i službe iz stava 1. ovog člana dužni su da se osposobljavaju za otkrivanje opasnosti od radijaciono-biološko-hemijskih sredstava (RBH) i drugih pojava i opasnosti značajnih za organizovanje i izvođenje odbrane i zaštite (čl. 131., st. 1. i 2.).

4. Konstitutivni elementi civilne zaštite jesu: samozaštita radnih ljudi i građana, mere civilne zaštite, jedinice civilne zaštite i štabovi civilne zaštite.

Zaštita od zračenja se sprovodi u civilnoj zaštiti u okviru RBH zaštite. RBH zaštita je zastupljena u svim konstitutivnim elementima civilne zaštite, što se vidi iz sledećeg:

"Samozaštita obuhvata mere i postupke za neposrednu ličnu zaštitu i uzajamnu kolektivnu zaštitu građana i radnih ljudi u stambenim zgradama, organizacijama udruženog rada i drugim organizacijama i državnim organima" (čl. 141., st. 1.).

"Organizacije odnosno zajednice i organi koji gazduju i upravljaju stambenim i drugim zgradama obezbeđuju sredstva i opremu za potrebu kolektivne zaštite u stambenim i drugim zgradama kojima gazduju i upravljaju" (čl. 142.).

Navedena dva člana se odnose i na RBH zaštitu iako to nije izričito naglašeno, ali se podrazumeva. Na osnovu članova 142. i 163. doneta je "Odluka o minimumu obaveznih sredstava za ličnu i kolektivnu zaštitu od ratnih dejstava"2). (Napomena aut.: Ova Odluka je doneta na osnovu prethodnog Zakona o narodnoj odbrani, ali su odgovarajući članovi skoro isti). Obavezna sredstva za ličnu i kolektivnu zaštitu sadrže i sredstva za RBH dekontaminaciju.

Jedna od mera civilne zaštite jeste radijaciono-biološko-hemijska zaštita. Ova mera se "organizuje i sprovodi radi

sprečavanja, ublažavanja i otklanjanja posledica od radijacionih, bioloških i hemijskih dejstava na stanovništvo, biljni i životinjski svet i materijalna dobra" (čl. 162.)

Savezno izvršno veće utvrđuje minimum obaveznih sredstava za RBH zaštitu. Ova sredstva su dužni da obezbede:
- građani za ličnu zaštitu,
- organizacije udruženog rada i druge organizacije i državni organi za kolektivnu zaštitu svojeg ljudstva i imovine,
- opštine za kolektivnu zaštitu stanovništva i zaštitu biljnog i životinjskog sveta i materijalnih dobara na svojoj teritoriji (čl. 163.).

U zakonu je posebno istaknuto da "naučnoistraživačke organizacije i organizacije i organi hidrometeorološke službe i drugih stručnih službi, koji raspolažu odgovarajućim sredstvima i stručnim kadrovima za obavljanje poslova RBH zaštite, naročito su dužni da učestvuju u izvršavanju mera i zadataka RBH zaštite, u skladu sa poslovima koje obavljaju i svojim mogućnostima, a prema uputstvima nadležnih organa" (čl. 164.). Na osnovu ovog člana i odgovarajuće odredbe u Zakonu o opštenarodnoj odbrani (čl. 39., t. 3.)[3], u SR Srbiji je donet "Pravilnik o merama za učešće u radijaciono-hemijsko-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada"[4], o čemu je podneto saopštenje na VII simpozijumu Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja.

U našem samoupravnom socijalističkom društvu opštine igraju vrlo značajnu ulogu u svim oblastima delatnosti, pa i u narodnoj odbrani. U oblasti RBH zaštite, a u okviru službe osmatranja, javljanja, obaveštavanja i uzbunjivanja, opština ima neposrednu ulogu organizatora otkrivanja i utvrđivanja opasnosti od radijacionih, bioloških i hemijskih sredstava i stara se o organizaciji RBH zaštite na svojoj teritoriji kao i o sprovođenju propisanih mera u slučaju neposredne ratne opasnosti i u ratu (čl. 165.).

Savezni sekretar za narodnu odbranu ima velika ovlašćenja u oblasti RBH zaštite jer donosi "bliže propise o načinu otkrivanja i utvrđivanja opasnosti od radijacionih, bioloških i hemijskih sredstava i stručna uputstva za organizovanje i sprovođenje mera RBH zaštite" (čl. 166.).

Jedinice civilne zaštite svih specijalnosti imaju određenu ulogu na planu RBH zaštite. Specijalizovane jedinice RBH zaštite imaju vrlo značajnu ulogu obzirom na njihovu obučenost i specijalnu opremu. Ove jedinice obrazuju društveno-političke zajednice i organizacije udruženog rada što obezbeđuje masovnost, a to je značajan faktor kod udesa širih razmera.

5. Osposobljavanje i obučavanje za RBH zaštitu se sprovodi u okviru programa "osposobljavanja i obučavanja za odbranu i zaštitu" (gl. X), a odnosi se na:

- osposobljavanje i obučavanje omladine u školama svih nivoa i namena,
- osposobljavanje i obučavanje stanovništva, kao i
- osposobljavanje i obučavanje kroz razne druge oblike u većem ili manjem obimu, već prema tome koja kategorija ljudi je u pitanju (pripadnici jedinica civilne zaštite, članovi štabova civilne zaštite, kadrovi koji rade na poslovima narodne odbrane i drugi za koje se ukaže potreba).

U svim programima obuke navedenih kategorija pripadnika civilne zaštite, gradana, omladine i drugih struktura, zastupljena je i RBH zaštita u obimu koji je neophodan za tu kategoriju. Primera radi da navedemo da je u nastavnom programu predmeta "odbrana i zaštita" za srednje škole, RBH zaštita zastupljena u velikom obimu.

Sva ova prava i obaveze u oblasti odbrane i zaštite u širem, i RBH zaštite u užem smislu, potvrđuju se i obavezom finansiranja u zavisnosti na kojem nivou su te obaveze (federacija, republike, pokrajine, opštine, OUR i dr.).

Tako, na primer, na planu masovne zaštite, u prvom redu od RBH sredstava, predviđa se da "OUR i druge organizacije finansiraju" i to:

- "obezbeđivanje propisanih sredstava kolektivne zaštite za svoje radnike i sredstava za zaštitu materijalnih dobara od ratnih dejstava" (čl. 220., t. 2.), o čemu je bilo više reči u tač. 4. ovog saopštenja;
- "izgradnju skloništa i drugih objekata i prilagođavanje pogodnih podrumskih prostorija i drugih građevinskih i prirodnih objekata za sklanjanje svojih radnika i svoje imovine" (čl.220., t.5).

Izgradnjom skloništa predviđa se da ista pruže određenu zaštitu od nuklearnih zračenja (primarno) i radioaktivnih padavi-

na, dok zaštita od udarnog dejstva je ograničena na 0,5 kp/cm^2 u načelu, što ne znači da ne treba graditi skloništa i veće zaštitne moći.

Razmatranjem zaštite od zračenja, u najvažnijim odredbama Zakona o narodnoj odbrani, mogu se izvući određeni

Zaključci

1) Zaštita od zračenja stanovništva i ostalih struktura našeg društva je postavljena na masovnoj osnovi.

2) Za sprovođenje zaštite od zračenja zahteva se sprovođenje obuke i opremanje stanovništva i svih struktura društva, koji će učestvovati u zaštiti u bilo kojem obimu.

3) Zakon nalaže pojedincima i radnim organizacijama, koje se bave problemima zaštite od zračenja u redovnoj delatnosti, da razmatraju i ugrađuju zaštitu od zračenja, s aspekta narodne odbrane, u poslove, probleme i zadatke svoje redovne delatnosti.

4) Finansiranje zaštite od zračenja je takođe obaveza građana, OUR, društveno-političkih zajednica i ostalih struktura koje su dužne da sprovode ovu zaštitu.

Reference

1) Zakon o narodnoj odbrani; "Službeni list SFRJ", broj 22/74, od 4.V 1974. god.

2) "Odluka o minimumu obaveznih sredstava za ličnu i kolektivnu zaštitu od ratnih dejstava"; "Službeni list SFRJ", broj 13/70.

3) Zakon o opštenarodnoj odbrani; "Službeni glasnik SR Srbije", broj 27/70.

4) Pravilnik o merama za učešće u radijaciono-hemijsko-biološkoj zaštiti naučnoistraživačkih instituta, laboratorija, hidrometeorološke službe i drugih organizacija udruženog rada; "Službeni glasnik SR Srbije", broj 14/73.