

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠТИTU OD ZRAČENJA

RADOVI SA SAVETOVANJA O ORGANIZACIJI I
METODAMA LIČNE DOZIMETRIJE

9. i 10. novembra 1978. god.
Novi Sad

INFLUENCE OF CULTIVARS AS UPTAKE CONCENTRATORS



Fig. 1. Influence of cultivars as uptake concentrators.

P, K, Zn = Phosphorus, Potassium, Zinc.

Savetovanje je održano u prostorijama Zavoda za medicinsku rada Instituta za zdravstvenu zaštitu SAP - Vojvodine, u Novom Sadu a u organizaciji Društva za zaštitu od zračenja SAP Vojvodine.

Savetovanje je otvorio, predsednik Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja Doc.Dr Sci.med. Dušan Panov.

U uvodu Dr Panov je istakao značaj održavanja ovog Savetovanja u iznalaženju najboljih metoda lične dozimetrije, koje bi dale dovoljno sigurnih podataka za preduzimanje mera zaštite i evaluaciju eventualnih radijacionih oštećenja kod profesionalno izloženih lica.

Savetovanje je isto tako pozdravio i poželeo uspešan rad Doc. dr Petar Muđrinjić u ime Zavoda za medicinu rada i Društva za zaštitu od zračenja SAP Vojvodine.

Savetovanju je prisustvovalo oko 50 učesnika iz cele zemlje i nekoliko učesnika iz Engleske i Austrije.

Podneto je četiri referata o ličnoj dozimetriji metodom TL dozimetrije i izvršena demonstracija Toledo-čitača proizvodnje firme "Pitman" iz Engleske.

Na Savetovanju je održana i diskusija za okruglim stolom o problemima sistema i postupaka za obradu podataka dobijenih ličnom dozimetrijom. (Uvodno izlaganje dao je P.Mirić).

Zaključak Savetovanja:

Posle vrlo žive diskusije, u kojoj je učestvovalo oko dvadeset diskutanata, zaključeno je da uvođenje TL dozimetrije u ličnoj dozimetriji predstavlja kvalitativni napredak u određivanju primljene doze kod lica koja se profesionalno izlažu ionizujućim zračenjima.

Pri uvođenju TL dozimetrije u praktične svrhe potrebno je da se zainteresovane institucije dogovaraju o metodologiji i opremi koja će se primenjivati u Jugoslaviji.

Posle saslušanih referata (naših i stranih autora) i opširnih diskusija po njima skup je doneo sledeće zaključe:

- U ličnoj dozimetrijskoj kontroli potrebno je postepeno preći na TLD.
- Kako se u IRK - Vinča proizvode TLD, koji spadaju u najbolje što se danas na tom planu u svetu proizvodi, učesnici skupa smatraju da bi sve ustanove u zemlji, koje se po ovlašćenju bave ličnom dozimetrijskom kontrolom, trebalo da koriste ove TL dozimetre.
- Skup smatra da sve ustanove koje se bave ličnom dozimetrijskom kontrolom treba da se dogovore o tome da kupe isti tip TLD - čitača.
- Ovlašćene ustanove treba da se dogovore o sistemu i vidu finalizacije i jedinstvenog jugoslovenskog prezentiranja rezultata dozimetrijske kontrole.

TERMOLUMINESCENTNA DOZIMETRIJA U LIČNOJ DOZIMETRIJSKOJ KONTROLI

Dr Mirjana Prokić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

Abstract - U radu su iznete mogućnosti i prednosti termoluminescentne dozimetrije za primenu u ličnoj dozimetrijskoj kontroli. TL dozimetri usled svojih kvalitetnih osobina i velikih mogućnosti, zamenjuju film-dozimetre u većini zamalja koje primenjuju izvore ionizujućeg zračenja.

1. Uvod

Razvoj nuklearne energetike kao i sve veća primena izvora zračenja u različitim oblastima ljudske delatnosti - primena izvora zračenja u industriji, medicini, nauci, za potrebe armije, građnja nuklearnih elektrana, itd. - uslovljava da je u današnje doba sve veći broj ljudi izložen dejstvu izvora zračenja. Poslednjih godina se, kao posledica ove primene, posvećuje velika pažnja ispitivanjima efekata dugotrajnog izlaganja velikog dela stanovništva niskim dozama zračenja i njihovom uticaju na zdravlje ljudi. U cilju procene toga uticaja neophodno je, sa najvišom mogućom tačnošću izmeriti vrednosti doza zračenja koju prima osoba ili stanovništvo u kontrolisanoj sredini.

Za kontrolu ozračenosti lica izloženih izvorima zračenja, zakonom je obavezno korišćenje ličnih dozimetara u svim zemljama sveta u kojima se koriste izvori zračenja. Milioni takvih dozimeta su u upotrebi i taj broj se neprestano povećava sa rastućom primenom izvora zračenja. Osnovni cilj lične dozimetrije jeste smanjenje ozračenosti lica profesionalno izloženih zračenju. Istovremeno, personalna dozimetrija je blisko vezana za problem ozračenosti grupe stanovništva u sredinama sa povišenim nivoom zračenja

(NE, gromobrani) kao i sa ozračivanjem cele populacije izvorima zračenja koji se primenjuju u medicinske svrhe, s obzirom da je doza zračenja osnovni parametar za određivanje stepena rizika, a time i uticaja zračenja na čoveka, njegovo zdravlje i život.

Dozimetrijaci sistem koji je prvi korišćen kao lični dozimetar, bio je film-dozimetar. Još 1929. godine su Eggert i Luft⁽¹⁾ prvi sugerirali korišćenje filma u cilju dozimetrijske kontrole lica izloženih zračenju, i koji je od tada postao osnova radijacione zaštite. Međutim, u današnje vreme film - dozimetri više ne zadovoljavaju potrebe savremene personalne dozimetrije pred kojom se postavljaju sve veći i strožiji zahtevi koji imaju značaja sa stručnog, medicinskog, zakonodavnog, administrativnog, kao i psihološkog stanovišta. Neki od tih zahteva su: mogućnost merenja niskih doza zračenja sa visokom preciznošću i tačnošću, neosetljivost na spoljašnje faktore, neograničen vremenski interval između eksponiranja dozimetara i merenja doza zračenja, merenje doza zračenja svih vrsta, energija i nivoa, mogućnost automatizacije, kompjuterske obrade rezultata lične dozimetrijske kontrole, produženje frekvencije očitavanja dozimetara za osoblje koje nije neposredno izloženo izvorima zračenja, itd. Nema sumnje da je poslednjih godina personalna dozimetrija ušla u period transformacija kako iz fundamentalnih - zamena film-dozimetara sa kvalitetnijim sistemom, tako i iz razloga racionalizacije sistema kontrole što dosadašnji sistem kontrole nije omogućavao. Na osnovu diskusija, zaključaka i preporuka^(2,3,4,5) velikog broja eksperata iz oblasti personalne dozimetrije, optimalni sistem koji zadovoljava zahteve savremene lične dozimetrije su termoluminescentni dozimetri*.

U okviru ovoga rada iznete su mogućnosti i prednosti termoluminescentnih dozimetara u ličnoj dozimetrijskoj kontroli na osnovu podataka i iskustava velikog broja nuklearnih i zdravstvenih centara u svetu koji su kao lični dozimetar uveli termoluminescentne dozimetre.

* Termoluminescentni dozimetri su takvi sintetički ili prirodni materijali koji pri zagrevanju, ako su prethodno bili izloženi zračenju, emituju svetlost čiji je intenzitet proporcionalan apsorbovanoj energiji zračenja - dozi zračenja. Očitavanje intenziteta termoluminescencije vrši se na specijalnim aparaturama sa visokim nivoom osetljivosti i reproducibilnosti.

2. Možnosti termoluminescentne dozimetrije

Sve veća primena izvora zračenja uslovila je intenzivan razvoj novih, kao i poboljšanje postojećih dozimetrijskih sistema i metoda za što preciznije merenje doza zračenja. Naime, posle pedesetih godina učinjen je značajan napredak u nauci u smislu otkrivanja novih principa detekcije zračenja u oblasti dozimetrije čvrstog stanja, otkrića novih materijala i detektora, napredak u objašnjenu procesa, mehanizma i kinetike efekata koji se odvijaju u ozračenim detekcionim sistemima, detaljne studije problema povećanja osetljivosti detektora, kao i razvoj pouzdane i osetljive instrumentacije. Na osnovu velikog broja eksperimenata, analiza, diskusija, i realnog sagledavanja prednosti i nedostataka postojećih dozimetrijskih sistema čvrstog stanja, (termoluminescentni dozimetri, radiofotoluminescentni dozimetri, TSEE, OSEE sistemi, itd.) došlo se do zaključka da je termoluminescentna dozimetrija apsolutno najpogodnija integralna dozimetrijska metoda u različitim oblastima dozimetrije zračenja, posebno u ličnoj dozimetriji.

Primena efekta termoluminescencije u radijacionoj dozimetriji nije sagledana sve do oko 1952. godine, kada Daniels⁽⁶⁾ sa svojim saradnicima Cameron-om i Boyd-om ostvaruje prvi TL dozimetar na bazi LiF, između ostalog i za ličnu dozimetrijsku kontrolu u Američkoj armiji. Tek posle 1960. godine, TL dozimetrija beleži nagli porast u svojoj primeni s obzirom da neophodna i adekvatna instrumentacija koja se nije uporedo razvijala sa TL materijalima, dostiže neophodni kvalitet i omogućava uporedo razvijanje kako malih komercijalnih TL sistema, tako i automatizovanih analizatora velikih mogućnosti. Kao posledica ovakvog razvoja, poslednjih 6-8 godina sve veći broj nuklearnih centara u svetu prihvata TL dozimetriju kao zvaničan dozimetrijski sistem. Zamena film-dozimetara sa TL dozimetrima je u toku u velikom broju institucija u svetu, dok se velike svetske firme (Elektronska i hemijska industrija) kao što su Harshaw Co, Teledyne Isotopes, Victoreen Instr. Co, Eberline Instrument Corp., Pitman, itd., nadmeću u ostvarivanju i ponudi sve savršenijih TL dozimetara i odgovarajućih aparatura za merenje emitovane termoluminescencije. Pored USA, Kanade, Velike Britanije, Francuske, Danske, Holandije, S.R. Nemačke, Švedske, Belgije, Japana,

i u SSSR-u, Poljskoj, Čehoslovačkoj, Mađarskoj, Bugarskoj, D.R. Nemačkoj, zatim Indiji, Finskoj, Brazilu, itd., proizvode se TLD dozimetri i aparature za očitavanje TLD visokog kvaliteta. Samo do 1971. godine, u SAD je kontrolisano pomoću TLD-a 40.000 lica (oko 500 000 TLD godišnje), Kanada 800 000 TLD godišnje, Danska 7 200 TLD godišnje, Holandija oko 84 000 TLD godišnje, a posle 1974. godine kontroliše se više od 20 000 lica, odnosno 250 000 TLD godišnje, Francuska 420 000 TLD godišnje, SR Nemačka oko 360 000 TLD godišnje, dok za ostale zemlje, posebno za SSSR ne postoje precizni podaci.

Termoluminescentna dozimetrija je, zahvaljujući svojim kvalitetnijim osobinama u odnosu na ostale tipove integralnih dozimetrijskih sistema, zamenila u ličnoj dozimetriji najviše korišćen sistem - film dozimetre. Danas praktično ne postoji nuklearni centar, nuklearna elektrana ili zdravstveni centar u kojima se ne koriste termoluminescentni dozimetri. Široke mogućnosti primene termoluminescentne dozimetrije koje nisu svojstvene ni jednoj dosada poznatoj integralnoj dozimetrijskoj metodi, omogućene su ekstremno visokom osetljivošću TLD, od kojih neki TLD imaju osetljivost koja je za oko 1 000 puta viša od osetljivosti film dozimetra. Za razliku od film dozimetara, TLD su neosetljivi na spoljašnje faktore (vlažnost, temperaturna ambijenta, hemijski činioci, prašina, svetlost) dok je posebna prednost TLD nizak fading (gubitak intenziteta emitovane termoluminescencije u funkciji vremena). Fading za film dozimetre pri relativnoj vlažnosti od 60% na temperaturi od 30°C, iznosi 50% u toku svega 8 nedelja, dok za relativnu vlažnost od 80% na istoj temperaturi, fading za film dozimetre iznosi blizu 80% u toku 5 nedelja.

Mogućnosti primene termoluminescentne dozimetrije u personalnoj kontroli primljenih doza zračenja može se grupisati u nekoliko podoblasti:

- akcidentalna dozimetrija
- merenje doze X i gama zračenja za celo telo
- merenje doza zračenja koje prima koža (omogućeno prepracijem tankih slojeva tkivnoekivalentnih TLD)

- detekcija doza od alfa i beta zračenja
- detekcija doza od alfa i beta zračenja pri inhalaciji radona
- merenje doza neutronskog zračenja (mogućnost direktnе diskriminacije neutronске i gama doze)
- merenje doza zračenja koju prima medicinsko osoblje pri medicinskoj primeni izvora zračenja (dijagnostička, terapijska primena, itd.).

U toku poslednjih godina učinjen je veliki napredak u TL dozimetriji. Stalni porast interesovanja za TL dozimetriju se reflektovao u više od hiljada publikacija kao i u oko deset različitih tipova TLD koji se komercijalno proizvode. TLD sistem se ekstenzivno razvijao u cilju korišćenja - na prvom mestu - u ličnoj i kliničkoj dozimetriji. TLD sistem ima sve karakteristike dozimetaра čvrstog tela: veliku gustinu, mogućnost preparacije minijaturnih dozimetara, dugovremensku stabilnost koja omogućava merenja doza zračenja u bilo koje vreme posle ozračivanja, veoma širok raspon merenja ekspozicionih doza zračenja, od oko 10^{-4} R do 10^8 R ($2,58 \times 10^{-8}$ Ckg $^{-1}$ do $2,58 \times 10^4$ Ckg $^{-1}$). U poređenju sa drugim dozimetrijskim sistemima, osnovno preim秉tvo TLD je velika fleksibilnost oblika TL materijala: prah, kristali, polikristali, stakla, sinterovane pastile, TL materijal zatopljen u cevčice, TL materijal presovan sa teflonom (u obliku niti, trake, itd.). Različit hemijski i izotopski sastav različitih termoluminescentnih dozimetara (na pr. CaSO₄, LiF, CaF₂, ⁶LiF, ⁷LiF, Li₂B₄O₇, ⁷Li₂¹¹B₄O₇, itd.) omogućava merenje doza zračenja različite vrste i energije (gama, X-zračenja, beta, alfa, neutronskog zračenja različitih energija, itd.). Dodavanjem malih količina elemenata različitog atomskog broja, dobijaju se, prema potrebi, TLD koji direktno mere apsorbovanu dozu u vazduhu, tkivu, mekom tkivu, ili kostima. S obzirom da dimenzije TL dozimetara mogu biti veoma male, 1 mm x 3mm, a sprašeni materijal omogućava oformljavanje veoma tankih slojeva, d = 5 μm, TLD se koriste za merenje doza alfa i beta zračenja, niskoenergetskog X zračenja ispod 20 KeV, kao i za merenje niskih doza zračenja ekstremno niskoenergetskog zračenja - na primer, elektrona energije 1 KeV - 4 KeV koje se javlja kod elektronskih mikroskopa; TLD se zatim koriste za merenje ekspozicije pri aplikaciji

UV zračenja u medicini, za određivanje doza zračenja kod impulsnih ozračivanja (na pokazivanje TLD ne utiče jačina doze zračenja čak i od 10^8 Gyec^{-1} ($10^{10} \text{ rad sec}^{-1}$), itd.

Mogućnost preparacije TL materijala koji pokazuju energetsku nezavisnost, tkivnoekivalentni (ili vazduhovivalentni) TL dozimetri sa efektivnim atomskim brojem za fotoelektričnu apsorpciju $Z_{\text{eff}} = 7,42$ ($Z_{\text{eff}} = 7,64$) kao i TL dozimetara sa efektivnim atomskim brojem za fotoelektričnu apsorpciju $Z_{\text{eff}} > 50$, omogućava, pored određivanja doza zračenja, i određivanje spektralnih karakteristika mekog X zračenja.

TL dozimetri se odlikuju brzom regeneracijom, dok izvestan broj novih tipova TLD ne zahteva regeneraciju posle merenja doze zračenja i ponovnog eksponiranja. Poslednjih nekoliko godina je iznenadjujuće brz razvoj termoluminescentnih materijala visokog kvaliteta od kojih neki omogućavaju detekciju ekstremno niskih doza zračenja - uz specijalnu aparaturu moguće je merenje ekspozicionih doza zračenja od oko 5 μR ⁽⁷⁾.

Zahtevi za korišćenje TLD u ličnoj dozimetriji - Da bi bio korišćen kao lični dozimetar, TL materijal mora da ispunjava nekoliko zahteva: reproducibilnost i preciznost merenja doza zračenja sa TLD mora biti visoka; ne sme da bude osetljiv na dnevnu svetlost, pritisak, hemikalije, vlažnost vazduha, prašinu, itd; emitovana termoluminescencija mora biti visoka, odnosno dozimetri bi trebalo da registruju ekspozicionu dozu zračenja od 1 mR ($2,58 \times 10^{-8} \text{ Ckg}^{-1}$) ili 10 mR ($2,58 \times 10^{-7} \text{ Ckg}^{-1}$), a emisioni spektar termoluminescencije da se nalazi daleko od infracrvene oblasti. Najpogodnija temperatura na kojoj se pojavljuje pik TL krive isijavanja je između 180°C i 280°C - jer je u ovom temperaturskom intervalu zanemarljiv fading, dok je za $T_{\text{max}} > 300^\circ\text{C}$ visoka emisija infracrvenog zračenja grejne podloge. Takođe je poželjno da TLD ne sadrži više od jednog izraženog pika, da nije toksičan, itd. Iako je termoluminescencija vrlo rasprostranjen fenomen, i postoji veoma veliki broj termoluminescentnih materijala, relativno mali broj ispunjava stroge zahteve za korišćenje u ličnoj dozimetriji. Najčešći korišćeni TLD su LiF, Li₂B₄O₇:Mn, CaSO₄:Dy/Tm, CaF₂:Dy/Mn, itd. U tabeli br.1 je dat pregled TL dozimetrova koji se najčešće

Tabela br.1. - TL dozimetri koji se koriste u ličnoj dozimetriji

Materijal	Aktivator	Fabrički naziv	Proizvodjač
BeO	Na,Li		Matsushita,Osaka, Japan
BeO	Si,Fe,Mg	Termalox 995	Bruch Beryll.
BeO	?		Consolidated,Beril- lium,Ltd. Milford Haven,Wales,U.K.
$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Mn		Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Mn,Si		Danish AEC,Risø Roskilde,Denmark
LiF	Mg,Ti	TLD-100	Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
⁷ LiF	Mg,Ti	TLD-700	-
⁶ LiF	-	TLD-600	-
LiF	Mg,Na	PTL 710	CEC Montrouge,France
⁷ LiF	-	PTL 717	-
LiF	Mg,Ti	200-Ti	Dohna-lum,VEB,Fluor- werke,Dohna,East Germany
LiF	Mg,Ti	Throw-away	Radiat.Detect.Co Mountainview,Calif.
CaSO_4	Dy		Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
CaSO_4	Tm		Matsushita,Osaka,Japan
CaSO_4	Mn		Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
CaP_2	Dy		-
CaP_2	Mn		-
CaP_2	Mn		EG & G,Salem,Mass.
Mg_2SiO_4	Tb		Dai Nippon Toryo Co., Chigosaki,Japan
$\text{Mg}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Tb		-

koriste u ličnoj dozimetriji.

Fundamentalna i primenjena istraživanja u oblasti termoluminescencije i termoluminescentne dozimetrije, kao i veliki interes za ovu oblast, vodi ka neprekidnom pronalaženju novih, kvalitetnijih TL materijala. Pri tome se teži da svaka zemlja ima sopstvene TL dozimetre da bi se na taj način obezbedila nezavisnost od uvoza. Odabiranje najpogodnijeg tipa, odnosno tipova TLD zavisi od tehničkih i ekonomskih uslova neke zemlje, odnosno centra, pri čemu treba imati u vidu da svaki lični dozimetar sa drži najmanje dva TL dozimeta, dok je za kontrolu osoblja koje ima veći rizik od ozračivanja, poželjno da postoje bar tri TLD od kojih treći služi za proveru u slučaju akcidentalnih ozračivanja. Takodje se postavljaju pitanja koja lica kontrolisati, koju vrstu zračenja, koju energiju i nivo doza zračenja meriti; kolika je preciznost potrebna s obzirom da je povećan interes za uticaj niskih doza zračenja na čovekov organizam, kakav je oblik personalnog dozimeta najpogodniji, o centralizaciji lične dozimetrijske kontrole, o nivou automatizacije i korišćenju rezultata, kompjuterskoj obradi rezultata, itd. Na osnovu diskusije, mišljenja, i zaključaka velikog broja eksperata iz oblasti personalne dozimetrije, jasno je da automatizacija ima apsolutna preimущества u pogledu brzine i tačnosti očitavanja u velikim centralizovanim laboratorijima, ali pri tome treba imati u vidu da uvek pored automatizovane aparature mora da postoji i manuelni sistem za slučaj pojedinačnih, spornih slučajeva. Ideja o centralizaciji lične dozimetrijske kontrole i kompjuterskoj obradi rezultata lične dozimetrijske kontrole, ostvareno je u više centara u svetu koje su uvele visokoautomatizovanu kontrolu pomoću TL dozimetara: CNEN (Italija), Kanada, PTB (Berlin), Francuska (Fontenay-aux-Roses), Harwell (NRPB), Finska (IRP, Helsinki), itd. U pogledu frekvencije očitavanja dozimetara, postoji tendencija i preporuka eksperata da se produži period monitoringa od 3 - 12 meseci za osoblje koje nije neposredno izloženo izvorima zračenja, a od 1 - 3 meseca za osoblje koje je direktno u kontaktu sa izvorima zračenja (HOT laboratoriјe, reaktori, NZ, lekari medicinsko osoblje u direktnoj primeni radioizotopa i Rö aparata) što je bilo nemoguće sa film dozimetrima. U više laboratorijskih testova^(8,9) je pokazano da i pored idealnih uslova pri

eksponiranju i razvijanju, film dozimetri daju daleko nepreciznije rezultate od TL dozimetara. Jedan od osnovnih argumenata koji se daje film dozimetrima jeste činjenica da je jeftin. Međutim, posle prvog ulaganja u novu metodu, razlike nestaju, ~~tim~~ više što se isti TLD mogu koristiti praktično neograničen broj puta.

Nema sumnje da je lična dozimetrija u celom svetu ušla u period promena, došlo je vreme da se reše neki stari problemi, da se redefinišu potrebe, i kritički pristupi analizi postojeće metode, film dozimetrije, kao i načinu sprovodjenja personalne dozimetrije. Naime, ako već postoji bolja metoda od postojeće, obaveza svih stručnjaka jeste da prihvate tu metodu sve do onog dana kada se pojavi nova, još kvalitetnija metoda.

3. Zaključak

Termoluminescentna dozimetrija je, zahvaljujući svojim superiornim osobinama u odnosu na ostale tipove dozimetrijskih sistema čvrstog stanja, prihvaćena kao najpogodniji integralni dozimetrijski sistem u oblasti personalne dozimetrije i na taj način zamenila, u ovoj oblasti najviše korišten sistem - film dozimetre. Prednosti TL dozimetara u odnosu na film dozimetre i ostale metode dozimetrije čvrstog stanja, uslovile su naglu ekspanziju termoluminescentne dozimetrije u svim zemljama sveta koje primenjuju nuklearnu energiju i izvore ionizujućeg zračenja.

Termoluminescentna dozimetrija uvodi nov kvalitet u ličnu dozimetriju, a to su visoka pouzdanost, tačnost, i osetljivost, kao i mogućnost uvođenja automatizacije procesa merenja. Široke mogućnosti primene TL dozimetrije koje nisu svojstvene ni jednoj do sada poznatoj integralnoj dozimetrijskoj metodi, njena fleksibilnost, odnosno mogućnosti korišćenja istog TLD sistema koji se koristi za ličnu dozimetriju i za druge namene, posebno za radiacioni monitoring okoline, u medicini, interkalibracijama i standardizaciji radiacionih polja, izvora zračenja i dozimetara, interkomparacijama dozimetrijskih sistema, itd., pružaju osnovu za prevazilaženje i proširivanje standardnih postupaka i metoda u problematici dozimetrije zračenja.

Reference

1. J.Eggert und F. Luft, Röntgenpraxis 1, 188, 1929.
2. F.H. Attix, Health Physics, 22, 287, 1972.
3. K. Becker, First Asian Congress on Radiation Protection, Bombay, Dec. 16-20, 1974.
4. "Technical recommendation for the use of TL dosimetry" CCE Radioprotection - 3 EUR 5, 358, 1976.
5. D.Hahn and R.Nink, Proc. 5th Intern. Conf. Lumin. Dosimetry, 14-17 February, Sao Paolo, Brazil, 175, 1977.
6. F.Daniels, Report 4th Symp. Chem. Phys. Rad. Dosimetry, Part I, Army Chem. Center, Edgewood, 148, 1950.
7. J.Lippert and V.Mejdahl, Proc. 1st Intern. Conf. Lumin. Dosimetry, Stanford, p.204, 1967.
8. P.Christensen, IAEA/SM-143/19, Vienna, 23-27, November, 1970.
9. N.W. Julius, K.K. Shvarts, H.Francois, A.O. Sherman (Panel Discussion) Proc. 4th Intern. Conf.Lumin.Dosimetry, Krakow, 1974.

ISKUSTVA U LIČNOJ DOZIMETRIJSKOJ KONTROLI
POMOĆU TLD PROIZVEDENIH U IBK - VINČA

Dr Mirjana Prokić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

Abstract - Laboratorija za zaštitu od zračenja u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, prvi put je u našoj zemlji uvela ličnu dozimetrijsku kontrolu pomoći termoluminescentnih dozimetara sopstvene proizvodnje. Lična dozimetrijska kontrola pomoći TL dozimetara omogućila je precizno merenje doza zračenja u šest laboratorija u IBK kao i u nekoliko zdravstvenih i drugih organizacija.

1. Uvod

U Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, u Laboratoriji za zaštitu od zračenja, razvijeni su termoluminescentni dozimetri višoke osetljivosti ^(1,2). Osvajanje tehnike preparacije velikog broja TLD u obliku pogodnom za rukovanje - sinterovanih TLD - omogućilo je serijsku proizvodnju velikog broja TLD kao i jednostavnije i brže rukovanje sa TL dozimetrima u toku procesa merenja doze zračenja ⁽³⁾.

Institut "Boris Kidrič", Vinča (Laboratorija za zaštitu od zračenja) je prva institucija u Jugoslaviji koja je uvela TL dozimetre kao lični dozimetar, a u skladu sa mogućnostima koje pruža Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja.

Zamena film dozimetara sa TL dozimetrima izvršena je januara 1978. godine u šest laboratorija u IBK, u Urološkoj klinici Beograd, kao i u nekim drugim institucijama, dok su SSUP Beograd, Institut bezbednosti, Aerodrom Beograd i drugi, uveli TL dozimetre kao lična dozimetrijska sredstva; takodje u VP 4309 su od juna meseca ove godine vršena uporeda merenja doza zračenja sa TL i film dozimetrima. Ukupan broj kontrolisanih lica iznosio je 560, dok je u periodu januar-novembar očitano preko 5 600 komada TLD. Povećanje

broja lica koja se kontrolišu pomoću TL dozimetara predviđa se tek uvođenjem automatizovanog procesa očitavanja TL dozimetara.

2. Lični TL dozimetar TLD IBK-1

Lični TL dozimetar TLD IBK-1, (slika br.1 i slika br.2) za kontrolu doza gama zračenja u laboratorijama u kojima se koriste izvori gama zračenja, kao i za merenje fona, se sastoji od sinterovanog TLD visoke osjetljivosti proizvedenog u IBK (LZZ) na bazi $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$. Dimenzije ovih TL dozimetrova su $\varnothing = 6$ mm debljine 0,9 mm. Za merenje doza gama zračenja energija nižih od 200 KeV sa TLD na bazi kalcijum sulfata čiji efektivni atomski broj za fotoelektričnu apsorpciju iznosi $Z_{\text{eff}} = 15,3$, koriste se metalni filteri (Pb) debljine 0,8 mm (slika br.3). Merenje doza X zračenja efektivnih energija nižih od 200 KeV kao i za beta zračenje, koriste se TL dozimetri sa $Z_{\text{eff}} = 7,4$ i $Z_{\text{eff}} = 8$, odnosno tkivno i približno vazduhukvalentni TL dozimetri takođe proizvedeni u IBK (LZZ), slika br.4. Razvijeni termoluminescentni dozimetri na bazi $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn},\text{Si}$ su tkivnoekivalentni materijali i, ujedno jedan od najviše korišćenih TLD u svetu. Variranjem veziva u procesu sinteza dobiveni su specijalni TLD na bazi litijumtetaborata koji su približno vazduhukvalentni. Dimenzije ovih TLD su $\varnothing = 12$ mm debljine 1,1 mm, mase 200 mg; takođe je osvojena metoda preparacije termoluminescentnih stakala (na bazi litijumtetaborata) koji su sešeni u pločice dimenzija $6 \times 6 \times 0,7$ mm i $3 \times 3 \times 0,4$ mm (slika br.4 i slika br.5). U toku prve polovine godine sva merenja su vršena paralelno sa TLD-100 (LiF), proizvodnje Harshaw Chemical Co u cilju komparacije rezultata merenja doza zračenja pomoću domaćih i komercijalnih TLD. Za merenje doza zračenja koje prima osoblje u proizvodnji radioizotopa u IBK, koriste se TL dozimetri koji se nose na ruci. U toku je, s obzirom da male dimenzije TLD to omogućavaju, merenje doza zračenja na prstima osoblja u proizvodnji radioizotopa (slika br.6). Za merenje doza od termalnih neutrona, koriste se TL dozimetri koji sadrže Li i B, sa visokim efikasnim presekom za reakciju sa termalnim neutronima (slika br.4). Doza gama zračenja u mešovitim (n,γ) poljima zračenja određuje se sa kalcijum sulfatnim TL dozimetrima čija je osjetljivost na neutrone zanemarljivo niska.

3. Određivanje doza zračenja

Prema usvojenoj frekvenciji kontrole ozračenosti lica izloženih izvorima zračenja, očitavanje TLD vršeno je jednom mesečno. Rezultati izmerenih doza zračenja su dati kao zbir osnovnog fona i, u slučajevima sa povиšenim nivoom zračenja, dodatnog ozračivanja. Visoka osetljivost $TLD\text{-CaSO}_4\text{:Dy}$ dozimetara, omogуćava merenje doza zračenja koje potiče od prirodnog fona i za period mnogo kraći od mesec dana. Sinterovani TL dozimetri na bazi CaSO_4 , koji se koriste u ličnoj dozimetrijskoj kontroli imaju visoku osetljivost i omogуćavaju merenje ekspozicionih doza od 0,5 mR; ekspozicije od 10 mR merene su sa standardnom devijacijom od svega $\pm 3\%$.

Kalibracija TL dozimetara, odnosno poredjenje očitane vrednosti emitovane termoluminescencije za poznatu dozu zračenja, vrše-
no je sa radioaktivnim izvorom Ra-226. Kalibracija TLD osetljivih na terminalne neutrone, vršena je na terminalnoj koloni reaktora RA, dok je za beta zračenje energija jednakih i viših od 1,0 MeV vrše-
na sa kalibriranim ^{90}Sr (^{90}Y). Osetljivost oba tipa TL dozimetara se nije menjala u funkciji broja (10 puta) ponovnog korišćenja istih dozimetara, tako da, uz odgovarajuću kalibraciju TL analizatora, kalibraciju TL dozimetara je dovoljno vršiti svaka tri meseca. Naime, TL dozimetri koji su korišćeni od januara o.g. nisu promenili svoje karakteristike do danas. Standardno temperaturno tretiranje TL dozimetara pre ozračivanja se sastoji od tretiranja u toku 15 minuta na 300°C i neobavezognog tretiranja u toku 16 časova (preko noći) na 80°C ; ovaj niskotemperaturski tretman utiče na stabilizaciju elektronskih trapova odgovornih za glavni dozimetrijski pik, odnosno na povećanje osetljivosti TLD u odnosu na dozimetre tretirane po standardnom postupku, za oko 20%. Merenja su vršena sa Harshaw Model 2000 TL Analyzer (slika br.7).

4. Diskusija rezultata

Najniže doze zračenja, odnosno fon za lica koja nisu profesionalno izložena izvorima zračenja, kreće se u zavisnosti od lokacije objekta (da li se Laboratoriјa nalazi u IBK ili ne), kao

i od tipa gradjevinskog materijala zgrade u kojoj osoblje provodi pretežni deo radnog vremena, u granicama od 6 - 10 mrem/mesečno.

U okviru lične dozimetrijske kontrole pomoću TL dozimetara, prvi put su registravane doze zračenja ovako niskih vrednosti i na taj način je omogućeno da medicinska kontrola ima evidenciju i vrši analize uticaja malih doza zračenja na ljudski organizam. Doze zračenja iznad fona takođe predstavljaju podatke sa, do danas najtačnije izmerenim vrednostima doza zračenja koje su, prima lica profesionalno izložena zračenju, i koje, na medicinskom i zakonodavnom planu predstavljaju sigurne parametre za preduzimanje akcija, odnosno donošenje propisa i beneficija za lica profesionalno izloženim dejству zračenja. Analiza vrednosti doza zračenja izmerenih sa TL dozimetrima za različite grupe lica profesionalno izloženih zračenju, biće tema buduće publikacije.

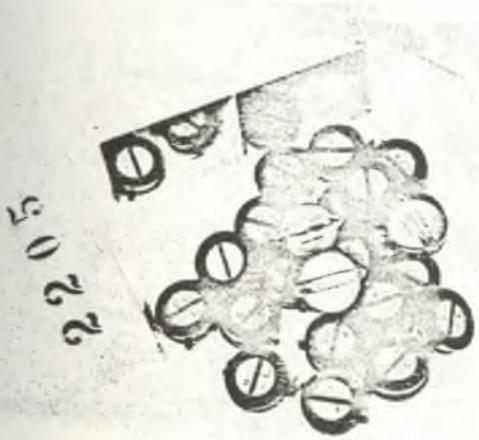
Visoka osetljivost, tačnost, odnosno veća pouzdanost izmerenih vrednosti doza zračenja pomoću TL dozimetara su direktna potvrda neophodnosti prihvatanja novih, kvalitetnijih metoda i tehnika detekcije doza zračenja u oblasti lične dozimetrije.

Reference

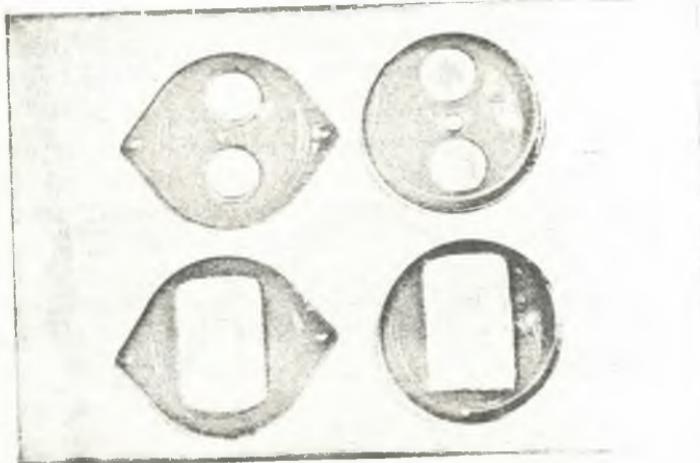
1. M.Prokić, Doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1976.
2. M.Prokić, Zbornik radova X simpozijuma JDZZ, Jajce, str.6, 1977.
3. M.Prokić, Nucl.Instr.Meth., 151, 603, 1978.



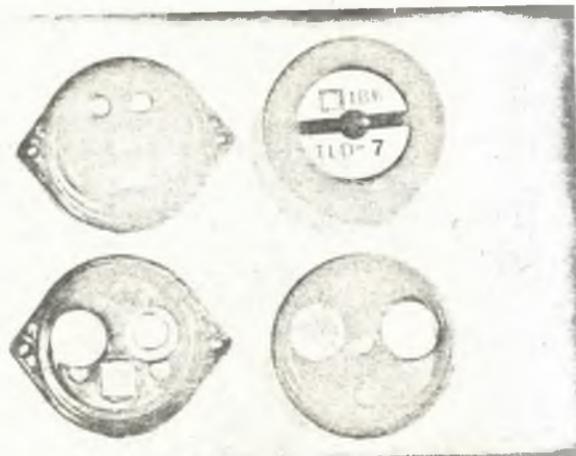
Slika 1



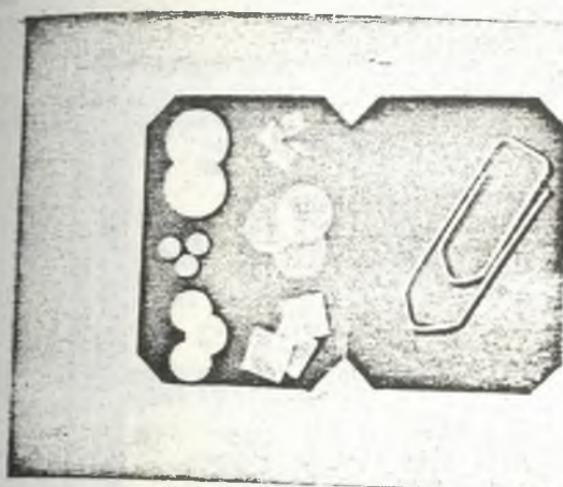
Slika 2



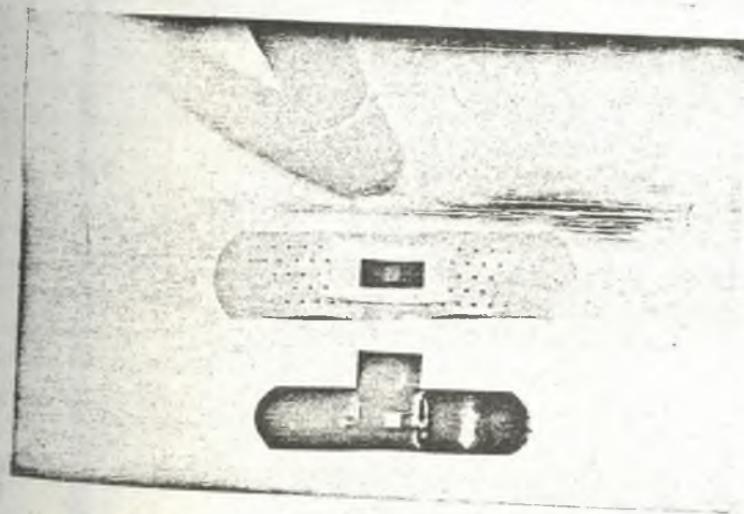
Slika 3



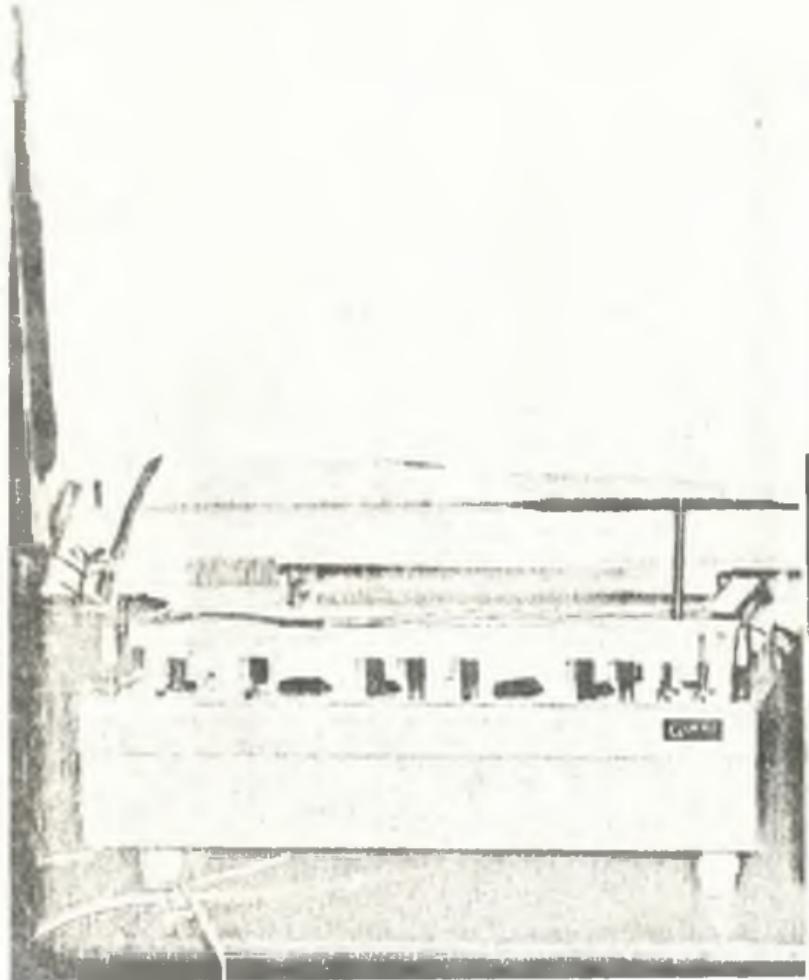
Slika 4

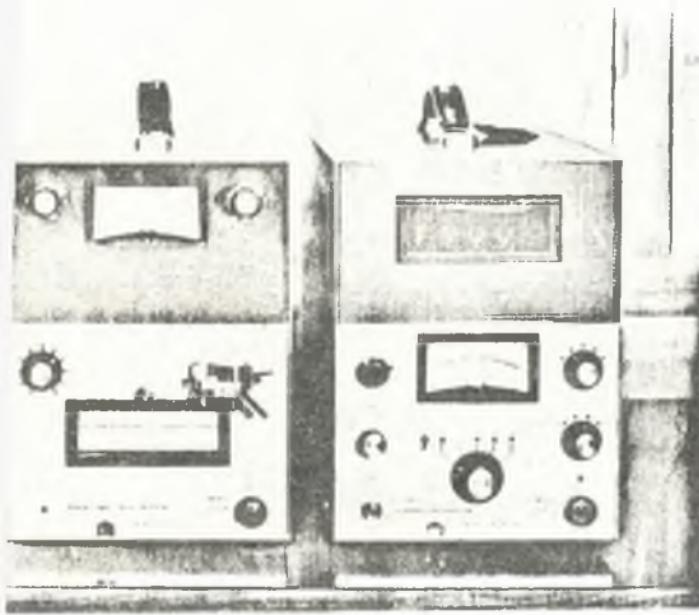


Slika 5



Slika 6





REZULTATI UPOREDNE DOZIMETRIJSKE KONTROLE POMOCU
TERMOLUMINESCENTNIH - DOZIMETARA I FILM - DOZIMETRA
(prethodno saopštenje)

Dr Mirjana Prokić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

Mr Radica Mijailović

Zavod za preventivno medicinsku zaštitu Beograd
VP-4309

1. Uvod

Termoluminescentna dozimetrija (TLD) poslednjih godina zamenjuje film-doziometriju u mnogim zemljama sveta koje koriste izvore ionizujućeg zračenja. Visoka osjetljivost, pouzdanost i brzina dobijanja rezultata, kao i druge prednosti i pogodnosti (TLD), bili su povod da se izvrše prva ispitivanja i u nas. U tom cilju je organizovana saradnja sa Institutom "Boris Kidrič" (Laboratorijom za zaštitu od zračenja) u kojoj se komercijalno proizvode termoluminescentni dozimetri.

U cilju uporedjivanja rezultata lične dozimetrijske kontrole pomoću TL dozimeta i film-dozimeta, oba načina su korišćena uporedo. Ispitivanja su izvršena u 50 lica izloženih izvorima ionizujućeg zračenja. Vremenski intervali u kojima su vršena komparativna merenja su iznosila jedan i dva meseca. Termoluminescentni dozimetri su proizvedeni, očitavani i rezultati merenja interpretirani u IBK (Laboratorijska zaštita od zračenja). Film-dozimetri u ovim ispitivanjima su standardni i koriste se više od 15 godina u ličnoj dozimetrijskoj kontroli osoblja koje je izloženo dejstvu X zračenja u sanitetskim ustanovama.

2. Rezultati uporedne kontrole

Rezultati koji su dobijeni u komparativnim merenjima TL dozimetara i film-dozimetara, pokazali su dobro slaganje, kako za doze zračenja koje su primila lica izložena zračenju, tako i za relativno visoke vrednosti ekspozicionih doza X zračenja $E_{eff} = 60 \text{ KeV}$ kojima su, film-dozimetri zajedno sa TL dozimetrima bili izloženi u cilju provere slaganja za (relativno) visoke ekspozicije.

U tabeli br.1 dati su komparativni rezultati izmerenih doza zračenja pomoću TL i film-dozimetara u toku jula i avgusta meseca ove godine. U tabeli br.2 dati su komparativni rezultati izmerenih doza zračenja pomoću TL i film-dozimetara ozračenih sa $E_{eff} = 60 \text{ KeV}$.

3. Zaključak

Rezultati uporedne dozimetrijske kontrole pomoću TLD i film-dozimetara pokazali su da se, zbog niže osetljivosti film-dozimetara (preko 30 mR) od TL dozimetara (više od 0,5 mR), mogu sa sigurnošću porebiti vrednosti ekspozicionih doza zračenja tek preko 30 mR. Za više vrednosti doza zračenja slaganje je zadovoljavajuće. Visoka preciznost merenja doza zračenja sa TLD (+5%) kao i mogućnost merenja najnižih doza zračenja (fona u objektima) nedvosmisleno govori u prilog postepene zamene film-dozimetara sa TL dozimetrima.

tabela br.1. - Komparativni rezultati izmerenih doza zračenja
pomoću TL dozimetara i film-dozimetara koje je
primilo osoblje u VP-4309 u toku jula i avgusta
meseca 1978. godine

Broj dozimetra	Doza (mrem)		
	TLD	film	
1	2	3	
5	450	400	
8	97,5	75	
16	103	115	
17	380	360	
31	380	300	
33	125	100	
35	85	50	
39	160	140	
44	55	40	
48	90	70	
49	152	120	
1	71	40	
35	32	40	
38	34	45	
38	78	55	
41	58	45	
45	50	60	
46	68	60	
1	18	ispod 30	
2	18	ispod 30	
3	18	ispod 30	
4	20	ispod 30	
6	16	ispod 30	
10	8	ispod 30	
13	13	ispod 30	
24	13	ispod 30	
25	13	ispod 30	
22	8,8	ispod 30	

1	2	3
28	15	ispod 30
29	13	ispod 30
36	15	ispod 30
37	15	ispod 30
43	24	ispod 30
6	20,6	ispod 30
8	22	ispod 30
9	21	ispod 30
14	19	ispod 30
15	19	ispod 30
18	22,5	ispod 30
19	22	15
20	20	ispod 30
21	17,5	ispod 30
23	12	ispod 30
26	10	ispod 30
28	8	ispod 30

Tabela br.2. - Komparativni rezultati izmerenih doza zračenja pomoću TL dozimetara i film-dozimetara ozračenih x zračenjem $E_{ff} = 60$ KeV

Broj dozimetra	D o z a (mrem)	
	TLD	film
11	2000	2100
31	1700	1690
32	1400	1360
43	2000	2200
50	38	25

Pitanja za referate Dr M. Prokić:

1. Koja je donja granica osetljivosti za vaše dozimetre?

Odgovor:

Donja granica osetljivosti za TL dozimetre na bazi $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ je 0,5 mrad.

2. Da li dolazi do promene osetljivosti TL dozimetara posle odredjenog broja ciklusa ozračivanja - otčitavanje?

Odgovor:

Osetljivost TLD-IBK dozimetara se nije promenila u toku deset meseci korišćenja istih TL dozimetara u ličnoj dozimetrijskoj kontroli.

3. Da li upotrebljavate neki "annealing" postupak?

Odgovor:

"Annealing" postupak odnosno termičko tretiranje TL dozimeta pre ozračivanja je dat u članku.

4. Da li imate fading ?

Odgovor:

Fading, ili spontano opadanje intenziteta termoluminescencije za period od 40 dana je za dozimetrijske pikove oba TL materijala zanemarljiva.

5. Da li ste proverili odgovor dozimeta pod ekstremnim uslovima, tj. na -20°C i $+70^{\circ}\text{C}$?

Odgovor:

Na temperaturi od 70°C , opadanje TL za CaSO_4 , iznosi svega nekoliko procenata, za $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn},\text{Si}$ iznosi 15%.

6. Da li ste vršili upoređivanje tačnosti odgovora TL i film - dozimetara za uslove u ličnoj dozimetriji?

Odgovor:

Rezultati uporedne dozimetrijske kontrole sa film i TL dozimetrima dati su u referatu Dr M. Prokić i Mr R. Mijailović.

LICNA DOZIMETRIJA U INSTITUTU "JOZEF STEFAN"

M.Mihailović, M.Ančik

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

U sledećem ćemo ukratko izneti metode merenja doza profesionalno izloženih lica, rezultate merenja doza u zadnjih sedam godina, kritički pregled stanja u ličnoj dozimetriji, te planovanja za budućnost.

Služba lične dozimetrije na Institutu "Jožef Stefan" počela je sa radom u toku 1959. godine. Prihvaćena je metoda merenja doza gama zračenja pomoću filmova, koju su i isto vreme usvojili svi republički centri za zaštitu od zračenja. Upotrebljavani su Adox filmovi i kasete sa tri bakarna filtra različite debeline. S obzirom na izvore zračenja koji su tada bili u upotrebi na institutu određivana je samo gama doza. Umeravanje filmova je vršeno na radioterapijskom rentgenu Stabilipan.

Neutronска doza je odredjivana čitanjem tragova na emulziji neutronskih filmova. Filmovi su bili baždareni na Po-Be neutronskom izvoru.

Pregled rezultata merenja doza na Institutu u toku zadnjih sedam godina je dat u Tabeli 1. Broj filmova koji je bio iznad, tj. broj pročitanih doza, zavisio je od aktivnosti na institutu. Tako vidimo da je broj filmova od 1970 do 1977. opao za približno 20%, što je došlo kao posledica prestanka aktivnosti na radiobiologiji.

Rezultati merenja pokazuju da se procenat doza na godinu koje su veće od 50 mrem smanjivao, tako da je od 3,31% u 1970. godini bio 1,78% u 1977. godini. U sledećim intervalima doza, od 50-100 mrem, od 100-150 mrem opaža se isti trend, tj. procenat doza na godinu u pojedinim intervalima se smanjuje, od 1970 do 1977.

godine, osim u intervalu od 150-200 mrem gde imamo da je u 1970. godini bila 0,34% a u 1977. godini isto toliko, 0,34%, doza u tom intervalu. Stalan doprinos prekoračenju doza u tom intervalu dolazi od filmova, koje nose lica zaposlena na odseku za nuklearnu kemiju i laboratoriji za pripremu izotopa.

Iz gore izloženog vidimo da služba lične dozimetrije ispunjava svoju obavezu, ali na način kako je bila zamišljena da je vrši pre osamnaest godina. U današnjim uslovima smatramo, da je obaveza lične dozimetrije mnogo veća. Evo nekoliko promena koje smatramo da treba da se izvrše. S obzirom na preporuke međunarodne komisije za zaštitu od zračenja, smatramo da bi bilo potrebno meriti i doze manje od 50 mrem, da je potrebno ocenjivati doze u epidermi i doze u većoj dubini (tj. za uslove 5 mg/cm^2 i uslove za 100 mg/cm^2), potrebno je obuhvatiti i doprinose beta doza mada se oni pojavljuju samo povremeno, mnogo više pažnje treba posvetiti kvalitetu merenja doza. Pod tim mislimo kalibraciju dozimetara pomoću baždarenih instrumenata i izvora zračenja u svim područjima zračenja kojima će dozimetri biti izloženi, dobro poznavanje osobina detektoru zračenja, film ili TL dozimetra (što bi omogućili tačnu interpretaciju pročitane doze), obavezna interkomparacija merenja sa drugim laboratorijama.

Grupa za zaštitu od zračenja na Institutu je pre dve godine odlučila da, s obzirom na veće mogućnosti za postizanje boljeg kvaliteta merenja, te jednostavnosti rukovanja, umesto film uvede TL dozimetar. Naručili smo Harshaw čitač 2000, te dozimetre sa kasetama namenjene merenju rentgenskih, gama, beta i neutronskih doza. Počeli smo sa kalibracijom dozimetara i aparature i nadamo se da ćemo u toku sledećih par meseci preći potpuno na TL dozimetriju.

Narešeno pitanje ostaje još mogućnost kalibracije dozimetara pomoću baždarenih instrumenata i izvora zračenja. Pitanje formiranje laboratorije za kalibraciju instrumenata za merenje ionizirajućeg zračenja i laboratorije sa standardnim izvorima ne može brzo da se reši, zato smo predviđeli da koristimo mogućnosti za kalibraciju koje imamo u Ljubljani i u drugim mestima, s tim da prihvatamo sve objektivne nedostatke, koji proizlaze iz takvog načina kalibracije.

Tabela 1. - Broj izdatih filmova na godinu i procenat doza
od 1970. do 1977. godine

		1970.	1971.	1972.
izdati broj filmova (γ)	* 1481	1347	1386	
broj doza većih od 50 mrem	3,31	2,67	1,38	
od 50 - 100 mrem	1,76	0,30	0,29	
od 101 - 150 mrem	0,95	1,41	0,65	
od 151 - 200 mrem	0,34	0,59	0,36	
preko 200 mrem	0,27	0,37	-	
izdati broj neutronskih filmova	368- 1000	372- 1000	374- 1000	
broj doza većih od 50 mrem	-	-	0,27	
od 50 - 100 mrem	-	-	-	
od 101 - 150 mrem	-	-	-	
od 151 - 200 mrem	-	-	-	
preko 200 mrem	-	-	-	

* Izdati broj filmova = 1000.

u različitim intervalima

1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
1303	1209	1083	1040	1167
1,00	0,91	2,03	2,21	1,78
0,31	0,25b	0,28	1,35	1,11
0,31	0,17	1,29	0,58	0,26
0,31	0,25	0,37	0,29	0,34
0,08	0,25	0,09	-	0,09
404-	439-	438-	423-	452-
100%	100%	100%	100%	100%
-	5,01	0,68	0,47	-
-	4,56	0,68	-	-
-	0,23	-	-	-
-	0,23	-	-	-
-	-	-	-	-

28

THE NRPB AUTOMATED THERMOLUMINESCENT DOSEMETER
AND DOSE RECORD KEEPING SYSTEM

T.O.Marshall

NRPB, Harwell, Didcot, Oxon. OX11 RDQ

1. Introduction

The National Radiological Protection Board is at present operating a postal dosimetry service based on film badges and supplies dosimeters from three different centres to about 35,000 individuals, of whom only about 1,000 are exposed to neutron radiation. The average customer receives ten films per issue for his employees. Of the returned films 96% indicate an exposure to radiation in one month of less than 0,040 rem, 99% to less than 0,100 rem and only 0,04% to more than 1 rem; ie, only about one or two dozen dosimeters in each month indicate doses approaching the maximum permissible levels. The system relies heavily on manual labour for both film processing and the transmission of data, with the inevitable introduction of errors and rapidly increasing costs. Many of the customers have a high turnover of staff employed on radiation work and the system of maintaining dose records for individuals through Transfer Records is difficult and time consuming in operation. These disadvantages could be obviated by the introduction of an automated dosimeter system and a centralised and computerized record keeping service. However, automated systems need to be viable for quite long periods of time to allow the development and capital costs to be amortised at a rate that does not add excessively to the unit costs of the system and, for a personal dosimetry system, twenty years would not be unreasonable. Thermoluminescence offers certain technical advantages over film and these have led to its increasing use and popularity. This trend

could lead to the virtual abandonment of film for routine personal dosimetry in the longer term and make the viability of an automated system based on that form of dosimeter doubtful. Among the advantages of radiation induced thermoluminescence must be listed the following:

- some thermoluminescent materials approximate more closely to tissue in their response to radiation than does film, and therefore can be used more easily to make a simple and accurate dosimeter suitable for the needs of the service;
- in most thermoluminescent materials the induced response to radiation is stable for long periods and dosimeters made from them can be issued for longer periods than is possible with film;
- thermoluminescent dosimeters will measure doses accurately over a much wider range than is possible with a single film emulsion;
- the same type of thermoluminescent dosimeter can be used for both routine issue and operational control dosimetry, and in the latter application allows rapid estimation of the dose;
- thermoluminescent dosimeters offer substantial advantages of accuracy for extremity dosimetry, and in this application can employ the same materials and methods as those used for body dosimetry.

Feasibility studies within the Board indicated that the cost of issuing an automatically-processed thermoluminescent dosimeter could be cheaper, even after allowing for development costs and interest charges on the capital employed, than the current cost of issuing film dosimeters, which does not include development costs. These studies also indicated that adequate precision, accuracy and stability could be achieved with a dosimeter based on

lithium fluoride embedded in polytetrafluorethylene as the thermoluminescent element. The difference in cost between an automated thermoluminescent dosimetry system and an automated photographic film dosimetry system was not sufficiently large to become a significant factor in a choice between such systems.

Towards the end of October 1973 the Board prepared, with the help and advice of the Sira Institute, a technical specification for a fully automated personal dosimeter system based on thermoluminescence and suitable for the needs of the Board's service. Several manufacturers were approached with an invitation to tender for the detailed design and subsequent manufacture of the major parts of the system; other parts are being designed and manufactured by the Board. The Board was willing to receive either conforming or nonconforming tenders. Conforming tenders were those that corresponded to the technical concepts evolved within the Board; nonconforming tenders were those which achieved the same objective ie, a fully automated system, but departed in some significant way in their technical details from those called for by the Board. Three tenders were received. After evaluation with the assistance of the Sira Institute, the contract was awarded to a consortium of Frazer-Nash Ltd. and D.A. Pitman Ltd., who submitted a conforming tender. An advantage of their proposed system was its suitability for the exact requirements of the Board's service, in particular the ruggedness of the dosimeter, the security of the identification system, and a high rate of dosimeter processing.

Apart from the development and manufacture of the automated system, the development and design of a computer program to control the issue of dosimeters and to record dose histories was required. This development and design was undertaken under contract to the Board by the Environmental and Medical Sciences Division of the Atomic Energy Research Establishment of the IKAER.

The conceptual sequence of actions for the dosimetry system is: the issue of an identified dosimeter that is wrapped to protect it from dirt, light and contamination, and labelled with the wearer's name; the dosimeter, on return, is automatically

and recorded. By individually calibrating each dosimeter the specification of the inherent radiation sensitivity of the lithium fluoride disks can be relaxed with considerable savings in costs.

2.3. Dosimeter processing system

The processing system itself comprises several sub-systems (Figure 1). Dosimeters are transferred manually between the various sub-systems in magazines holding up to 200 dosimeters. All the magazines are light-tight, apart from that used at the input to the system at the contamination check, and some can withstand a 300°C annealing temperature. The magazines that pass between the different sub-systems are not interchangeable. It is not possible, for example, to place the magazine that passes between the Reader and the Calibration Chock on to the Wrapper/Labeler machine.

The system is designed to process $5 \cdot 10^5$ dosimeters a year and could without difficulty be expanded to process twice this number. Each subsystem is capable of processing not less than 180 dosimeters an hour. The complete installation to process the required $5 \cdot 10^5$ dosimeters a year will consist of 2 contamination check machines, 2 unwrapping machines, 2 Readers and 2 Wrapper/Labellers.

2.3.1. Contamination check

On return, dosimeters will be subject to a check for contamination by radioactivity. This check is mainly to protect the system from the contamination of dosimeters and equipment which would lead to false dose readings. However, it may also be used as an indicator of the nature of the recorded exposure to radiation. It is anticipated that it will be possible to detect levels of activity that are greater than $2 \cdot 10^{-4}$ uCi of alpha activity or $2 \cdot 10^{-3}$ uCi of 2 MeV beta activity. Contaminated dosimeters will be ejected from the system for inspection and possibly for manual processing. In general, it may be expected that only contamination by the radioisotopes with comparatively long half-lives will be detected.

2.3.2. Unwrapping

After the check for radioactive contamination, the wrapped dosimeters will be fed through a machine that automatically removes the outer plastic cover and loads the dosimeters into light-tight magazines.

2.3.3. Read-out

The dosimeter Reader consists of a circular indexing table (Figure 4) that holds up to seven dosimeters at one time. The principal stages of the reading process are:

- (i) the identity of the dosimeter is read as it is extracted from the magazine and loaded onto the indexing table,
- (ii) the first thermoluminescent disk is read,
- (iii) the second thermoluminescent disk is read,
- (iv) the opacity is checked to ensure that the disks have not become discoloured and are still in place, and,
- (v) the disks are annealed by raising their temperature to 280°C for 15 seconds.

The dosimeter may be ejected automatically at the following stations in the Reader:

- (a) At the input, if the identity code is misread or corresponds to one that has been preset in the control computer; ie, if it is required to remove specified dosimeters from the system for any reason.
- (b) After the second read-out stage, if dose readings exceeding preset values (= 2 rem) are obtained from either disk. (Doses of more than 2 rem can be re-read by a technique using ultra violet light).

- (c) After the opacity check, if this falls outside prosed lower and upper limits.

If the dosimeter is not ejected at any of the above stations, it will be fed into one of two magazines, depending on its past history of accumulated dose and the number of times that it has been issued. Normally, each dosimeter will be fed into a magazine for a low temperature anneal and re-issue, but, alternatively, may be fed into another magazine for recalibration.

The feasibility studies by the Board have shown that, unless very high radiation doses are given, it is possible to carry out up to forty or more cycles of irradiation and read-out of polytetrafluoroethylene disks loaded with lithium fluoride with negligible change in sensitivity or background. However, it has been thought prudent to plan initially for recalibration of the dosimeters after every ten normal issues.

The indexing table is divided into eight sectors, seven for dosimeters and the eighth for a light source which is used to check the photomultiplier responses at the read stations. Each sector passes sequentially through eight stations, i.e., dosimeter input, read disk 1, read disk 2, high dose reject, opacity check and reject, partial high temperature anneal, normal output for dosimeters, and output for dosimeters requiring a calibration check.

The following parameters are monitored on the Reader, in addition to the light source check:

the shape of the thermoluminescent glow curves.

the heating cycles. (The disk heaters are raised from 100°C to 280°C at a rate of $15^{\circ}\text{C sec}^{-1}$, and the light emitted from the disk between 130°C and 280°C is integrated).

the applied voltage, dark current and light seal of the photomultiplier. (The applied voltage is automatically adjusted to maintain a constant gain, but only a certain range of adjustment is allowed).

the temperature of the annealing block.

the flow of nitrogen gas to the read positions.

Other checks are applied to monitor the movements of the various mechanical components of the Reader.

All the checks and monitoring procedures cause information to be supplied to the controlling computer, which can provide a stored history of operation and a print-out of information. Some of the information may be displayed locally on the Reader, eg, dosimeter numbers, disk readings, temperature of heaters, photo-multiplier voltage, gas flow and some local indication of fault conditions.

2.3.4. Low temperature anneal

Before re-issue, the dosimeters will be subjected to a low temperature anneal of 80°C for 16 hours to normalize the glow curve response to one main peak. In exceptional circumstances, for example after a dosimeter has been exposed to a large dose (ie, greater than the equivalent of 2 rem), it is also possible to introduce a high temperature anneal of 300°C for 1 hour before the low temperature anneal. The annealing ovens are designed to accommodate full magazines containing 200 dosimeters.

2.3.5. Packaging and labelling

After the low temperature anneal, the dosimeters in their magazines are passed to the Wrapper/Labeler (Figure 5). In this machine the dosimeter identity is read; the dosimeter is automatically wrapped in the plastic cover, which is heat sealed; and a new wearer's name and other information are printed on the plastic cover. The wrapped dosimeters are fed out of the machine into long trays with identifying tags placed between groups of dosimeters for different customers. Dosimeters for which the identity is misread, or whose identity corresponds to one that has been preset and stored in the control computer, are wrapped and appropriately labelled and ejected into a separate output from the normal.

As well as the wearer's name, the information printed on the plastic cover of the dosimeter includes a number that identifies the wearer to his parent organization (eg, his pay number), a number that identifies the parent organization or customer to the Board, and the date when the dosimeter should cease to be worn and returned to the Board. This information will be visible when the dosimeter is in the plastic holder that is retained by the wearer.

2.3.6. Calibration check

Dosimeters that require recalibration, after being fed into the appropriate magazine on the Reader, will be transferred to the calibration machine by way of the low temperature annealing oven. In this machine the dosimeter identity is read and each thermoluminescent disk subjected to about 0.5 rem of penetrating beta-radiation. The machine is under the control of the local computer, which can cause the irradiation to be omitted, if required. The irradiated dosimeters are fed into a magazine which is passed back to the Reader, where the disks are read and the calibration factors calculated and stored in the computer.

2.3.7. Local computer

The local computer, which forms part of the system, is a Data Equipment Corporation PDP11/10 with facilities for reading from and writing on to magnetic tapes and disks, and for printing out information either on a teletypewriter or a fast line printer. Although all the sub-systems can be operated directly by manual controls, they will normally respond to typed commands on the computer teletypewriter keyboard.

The function of the computer is to control, monitor and record data from the various sub-systems. Each day the computer will receive a list of customers and persons to whom dosimeters are to be issued as the Issue File written on magnetic tape. This tape is prepared by the computer program (DIRK) in an IBM 370 computer that is responsible for all dosimeter issue information, the

preparation of despatch instructions and the recording and storage of individual dose records. This program is described below (Section 3). The PDP11/10 computer controls the labelling of the dosimeters by the Wrapper/Labeler using information from the Issue File and also prepares on magnetic tape the Issue Return and Dose Return Files which return information to the DIRK computer program in the IBK 370. The Issue Return File associates wearer's names with identified dosimeters, and the Dose Return File contains the dose measurements obtained from identified dosimeters that have been returned to the system.

As well as handling and preparing information for exchange with the record keeping system in the main computer, the local computer will maintain a diary on magnetic tape of all events and data generated within the automated system. This diary provides an overall check of the system and will aid recovery from any equipment breakdown. As an additional safeguard against failure all information generated by the system is stored on both magnetic tape and magnetic disk.

The local computer maintains a file of information about each dosimeter used by the system. Records for up to 200,000 dosimeters can be kept in this file, which can be used to locate any dosimeter within the system. It will keep the latest calibration factors for each dosimeter, the number of cycles of issue since the last calibration, and the total accumulated dose during these issues.

3. Outline of the Dosimeter Issue and Record Keeping System

As from late 1975 it is anticipated that the entire NRPB personal dosimetry service will be controlled by a computerised dosimeter issue and record keeping system known by the acronym, DIRK. Figure 6 shows in schematic form the relationships between the components of the dosimeter service, the Board's Finance Office, the customers of the service and the Health and Safety Executive. A customer is defined as any organization or person who is responsible for nominating people to wear dosimeters and

may have responsibility for maintaining a record of received radiation doses.

Although the whole philosophical basis of DDIRK and the automated thermoluminescent dosimeter service is that of maintaining secure dose histories of individuals and relieving the customer of the necessity to keep records and issue Transfer Certificates, the customer need not make use of these facilities, in which case the system will merely issue dosimeters and the results of their evaluation. It is intended, however, that the system shall be capable of absorbing records of dosimeter measurements from other dosimetry services so that a truly national dose record system can be provided eventually.

3.1. The Records and Despatch Offices

At the heart of the dosimetry service will be an office called for the purposes of this description the Records Office, which is responsible for administrative control. The DDIRK system will be maintained on the main AERE IBM 370 computer at Harwell and operated from the Records Office. On instructions from the Records Office, information and documents will be issued by the DDIRK system. Documents containing dose record information will be issued as required to customers and to the Health and Safety Executive. Documents relating to accounting information will be sent to the Finance Office. Despatch notes and pre-addressed labels for the issue of dosimeters will be sent to an office called the Despatch Office for the purposes of this account. This office will also receive the magnetic tape containing the Issue File of persons to whom the addressed dosimeters should be issued by the automated thermoluminescent dosimeter system.

The Despatch Office will be responsible for operating the automated thermoluminescent dosimeter system, and also for the issue of film dosimeters, neutron dosimeters and extremity thermoluminescent dosimeters (it is thought that there may be a residual small demand for film dosimeters in some special applications where, when significant exposures to radiation occur, the type of radiation may

be uncertain and difficult to determine by any other method). Although only thermoluminescent body dosimeters will be issued to named individuals, DIRK is so constructed that it may eventually be possible to issue other dosimeters on the same basic. Thermoluminescent body dosimeters may in some circumstances be issued on an "unspecified" basis, ie, without being labelled with a specific wearer's name, in which case the dosimeter will be labelled with a unique serial number.

All types of dosimeter supplied by the Board will be issued from the Despatch Office at Harwell, but only the thermoluminescent body and extremity dosimeters will be returned to and processed by this Office. The results of the evaluation of the returned dosimeters will be sent from the Despatch Office to the Records Office in the case of the thermoluminescent body dosimeters as the Dose Return File from the PDP11/10 computer. Film dosimeters will be returned to and processed by the Board's Scottish Centre at Glasgow, which will return dosimeter information directly to customers and, when appropriate, to the Records Ofice. Nuclear emulsion neutron dosimeters will be returned to and pro-cessed by the Board's Northern Centre at Leeds, which, like the Scottish Centre, will return dose information to both customers and the Records Office.

3.2. The DIRK system

DIRK is based on the maintenance of five information files which are:

- (i) Master Detail File: this contains details of customers' addresses, their requirements for dosimeter issues and dose record keeping, and records of dosimeter issues. The File also contains for those individuals for whom dose records are kept, details of their employment address, their sex and date of birth as well as records of dosimeter measurements relevent to these individuals and summaries of their accumulated quarterly doses for the current and previous calendar years. Records of thermoluminescent body

dosemeter measurements will be kept separately from the records of other dosemeter measurements, some of which may originate from dosimetry services other than the Board's.

- (ii) Archive Detail File: this contains details of any customers who have ever made use of the service and the summarised dose records of all individuals for whom dose records have ever been kept by the system.
- (iii) National Insurance Number File: this contains the national insurance number of anyone for whom dose records have ever been kept by the system and cross-references to those records in the Master Detail and Archive Detail Files.
- (iv) Dosemeter Master File: this contains details of all thermoluminescent body dosemeters that are, or have been, used by the dosimetry service. It contains a record of the dosemeter, the number of times that it has been issued, the total accumulated dose to which it has been subjected, and a note as to whether it has been damaged or contaminated with radioactivity.
- (v) Dosemeter Serial File: this is a file that would contain details of all dosemeters other than thermoluminescent body dosemeters, if these other dosemeters were ever issued labelled with the wearer's name and other details.

At the end of each year new versions of the master Detail and Archive Detail File will be prepared, and copies of the old files will be made on magnetic tape. The old files will be kept for not less than 30 years.

As well as the five main information files, DIRK also has temporary files containing transaction records of information

that will be used to modify and up-date the information files on a daily basis. The computer programs that interrogate, manipulate and modify these files are written in the PLI computer language. Communication between the Records Office and DDIRK will be by means of teletypewriters, visual display units and punched cards. Information, including enquiries, that is not already in computer-compatible forms will be entered manually into the system by a teletypewriter incorporating a visual display. Most of this information will be entered by means of a standard "high level" language and syntax that is unique to the system.

4. Documentation

The Records Office will use DDIRK to produce routinely three types of documentation concerned with the dosimeter measurements and dose records, the administration of dosimeter issues, and the internal reports relevant to the management of the system. Statistical information eg, numbers of persons exposed to annual doses within defined limits, will also be available.

Customers are expected to use the system in two possible ways. Firstly, a limited use in which merely a supply of dosimeters is obtained, and, secondly, the full use of the system when, additionally, dose records are kept for the customer. There are differences in the documentation to be issued for these two methods of use.

4.1. Customers not requiring record keeping

For those individuals for whom a customer does not require record keeping, the results of measurements made on film, neutron and extremity dosimeters will be reported on a Laboratory Certificate identical in all respects to the Factory Inspectorat's Form 45 currently in use, but without comments as to the significance of the measurements that are often appended at the present time. When the customer is using the automated thermoluminescent body dosimeter, the Laboratory Certificate will be produced by the main computer with similar information to that given on the Form 45.

The names of the wearers will be printed on this form, although "unspecified" issues will only be identified by the issue serial number.

The dose values reported will be either zero or, for those that exceed the threshold of the dosimeter, in units of 10 millirem. The threshold depends on the instrumental background reading of the dosimeter and the expected natural radiation background during the period of wear. The minimum recognized dose is expected to be 5 millirem, reported as 10 millirem.

4.2. Customers requiring record keeping

Customers requiring record keeping will receive several different types of report, as follows: a Notification Report of dosimeter readings exceeding certain limits, and incorporating a Warning Dose Report listing employees with high accumulated dose levels and giving notifications of over-exposures; a Missing Dosimeter Report listing dosimeters that are not returned on time to the service; and Quarterly Dose Reports giving the current dose status of each employee at the end of each calendar quarter. Transfer Records or Closing Reports will be issued when an employee leaves a customer or is taken off radiation work. On special request a full record of all dosimeter measurements relevant to an individual can be obtained, if necessary over the entire period of which records have been kept.

(a) Notification Reports and Warning Dose Reports

In general, Notification Reports will only be issued when the dose measurements above the threshold exceeds the levels in Table 1. However, these reporting levels will depend in practice on the dose status of the individual. For an individual who has exceeded 60% of his permitted quarterly Maximum Permissible Dose, the values of all dose measurements will be reported. Measurements below the levels in Table 1, with the exception of dose to the eye lenses, even if not the subject of a Notification Report, will be

recorded in the Master Detail File. Dose to the eye lenses will be estimated from the body and surface doses (Section 2.1).

If an individual exceeds 60% of his permitted quarterly Maximum Permissible Dose or if he accumulates dose at a rate that indicates that the quarterly Maximum Permissible Dose could be exceeded within the quarter, then a Warning Dose Report will be included on the Notification Report.

Customers will be required to acknowledge the receipt of this type of report as well as notifications of actual over-exposures. The Warning Dose Report will contain information similar to the Quarterly Dose Report.

An imaginary example of a Notification Report is shown in Figure 7.

(b) Quarterly Dose Report

Customers using the record keeping service will receive a Quarterly Dose Report for each employee for whom active dose records are being kept. This report will contain information on the following: the doses derived from dosimeter evaluation (with notional doses for missing dosimeters) for the last calendar quarter; the doses in the previous quarters of the calendar year; the total accumulated lifetime doses; and the appropriate permitted quarterly and annual doses for the individual. No annual dose reports will be issued other than the Quarterly Dose Report for the fourth quarter of the year.

(c) Transfer Records and Closing Reports

When a registered employee either terminates his employment or stops working with radiation the system will issue, as soon as notified of the change, a Transfer Record or Closing Report for both customer and employee and, if necessary, for the Health and Safety Executive. These documents will give the dates on which record keeping began and ceased in the employment, the doses for the current quarter and current year, the accumulated

life-time dose and any other information relevant to the dose status, eg, estimated doses due to ingested or inhaled radioisotopes etc.

5. Acknowledgements

Many individuals have contributed to the technical development of the systems described in this report. Among them are the following: from the Board, E W Mason, P N Casbolt, G M Kendall and R J Pattison; from AERE, L Salmon and C D Carter; from CAP Ltd., M J Flevell; from the Sira Institute, S E Cole; from Frazer Nash Ltd., L Hads, B Hiscock, D Griffin, D Seradi and R Fenge; from D A Pitman Ltd., M Robertson and R Sheppard.

Table 1

Reporting Levels for Notification Reports

In general, only doses exceeding the levels given in this table will be reported in Notification Reports. The exact circumstances in which other reporting levels are used are given in the text.

Type of dose	Reporting Levels in Millirem		
	Monthly issue	Fortnightly issue	Weekly issue
Whole body or neutron	80	40	20
Surface	480	240	120
Extremity	1200	600	300
Eye lenses	240	120	60

TECHNICAL SPECIFICATION OF THE NRPB
THERMOLUMINESCENT DOSEMETER USED FOR
THE MEASUREMENT OF BODY DOSE AND SKIN
DOSE

T.O.Marshall
NRPB, Harwell, Didcot, Oxon. OX11 ORQ

1. Thermoluminescent Dosemeter

The NRPB thermoluminescent dosimeter is designed as a basic nondiscriminating dosimeter (CEC, 1975) and consists essentially of two parts, an outer plastic dosimeter holder and a dosimeter insert. The complete thermoluminescent dosimeter and its components are shown in Figure 1. Type testing and calibration data are given in a separate report (Shaw and Wall, 1977).

2. Dosemeter Holder

The polypropylene dosimeter holder consists of two parts, front and back, hinged at one end and the other edges are shaped to ensure a positive snap fastening when the dosimeter holder is closed. A recess in the back of the holder contains the dosimeter insert. The front part of the dosimeter holder contains the filter and the open window area together with a slot used for showing the wearer's name or serial number on the dosimeter insert. A safety pin for attaching the holder to the clothing of the wearer is at the back of the holder to ensure that the filter faces away from the body. The dosimeter holder, with its dimensions, is shown in Figure 2. All such holders currently issued for personal dosimetry are coloured black.

3. Dosemeter Insert

3.1. Duralumin plate, aluminium retention rings and ^{7}LiF in PTFE disks

A hard anodised duralumin plate, coded by a series of punched holes in binary coded decimal contains two thermoluminescent ^{7}LiF in PTFE disks securely held in the plate by aluminium retention rings. The duralumin plate has a cut-away corner to ensure correct orientation in the holder and has a half-moon cut-out for mechanical identification purposes. The code on the duralumin plate contains an identification code (type code) and a unique number (1 to 999,999) with parity check. The dimensions of the duralumin plate with retention rings and thermoluminescent disks are shown in Figure 3.

The specification of ^{7}LiF content, dimensions and tolerances for the ^{7}LiF in PTFE disks is given in the Appendix.

3.2. Wrapping material

The duralumin plate containing the ^{7}LiF in PTFE disks is wrapped in black polyethylene to protect the thermoluminescent disks from the effects of dirt, grease and light. The wearer's name and identification are printed on a matt white strip along this cover. The dimensions of the dosimeter insert are shown in Figure 4.

4. Location of the Dosemeter Insert Within the Dosemeter Holder

The correct association of each thermoluminescent disk with its appropriate filter must be ensured. The dosimeter insert is labelled with the wearer's name or number, the date for return of the dosimeter insert and an identification code. This label is visible through the slot in the front face of the dosimeter holder when the dosimeter insert is correctly loaded. In the recess in the back half of the dosimeter holder, instructions are given to facilitate the loading operation.

5. References

CEC (1975) Technical recommendations for monitoring the exposure of individuals to external radiation. Luxembourg, CEC, EUR 5287.

Shaw, K B and Wall, B F (1977) Performance tests on the NRPB thermoluminescent dosimeter. Harwell, National Radiological Protection Board, NRPB-R65.

APPENDIX

Technical specification of the ^{7}LiF :PTFE thermoluminescent disks:

^{7}LiF content, dimensions and tolerances

The following ^{7}LiF content, dimensions and tolerances apply:

^{7}LiF content (% weight)	Disk diameter (mm)	Disk thickness (mm)
30	12.7 ± 0.2	0.2 ± 0.03
30	12.7 ± 0.2	0.4 ± 0.05

The spread in weight of the disks is such that one standard deviation is less than 10%.

The ^{7}LiF powder in the disks is Harshaw TLD-700 standardised thermoluminescent dosimeter powder with uniformity of the integrated light output within $\pm 5\%$. The isotopic concentrations of the lithium are as follows (as given by the Harshaw Chemical Company):

Type	\approx ^{6}Li	\approx ^{7}Li
TLD-700	0.007	99.993

The grain size of LiF powder is less than 75 microns diameter.
All disks are produced from one batch of high quality PTFE.

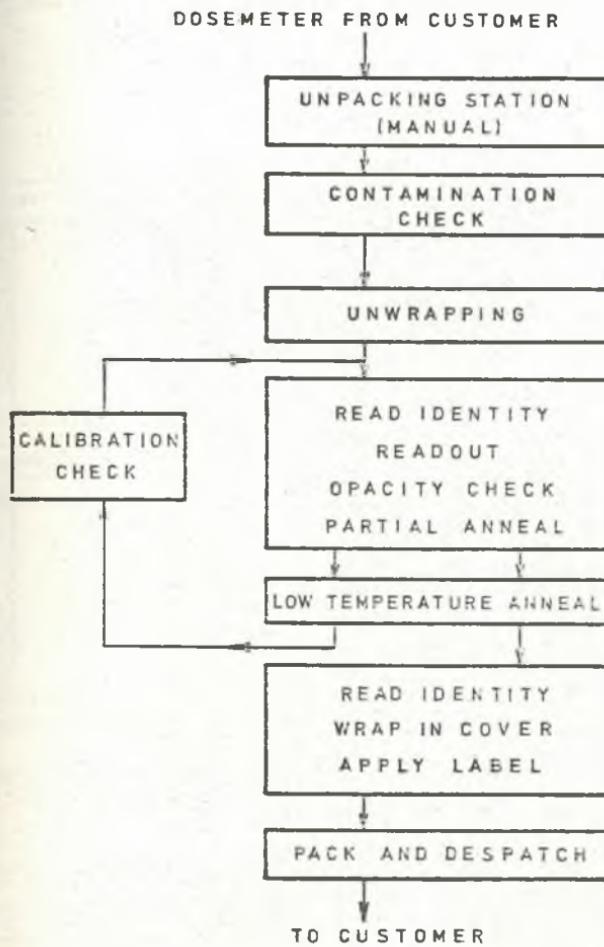


FIG.1. BLOCK DIAGRAM OF ESSENTIAL DOSEMETER PROCESSING SYSTEM

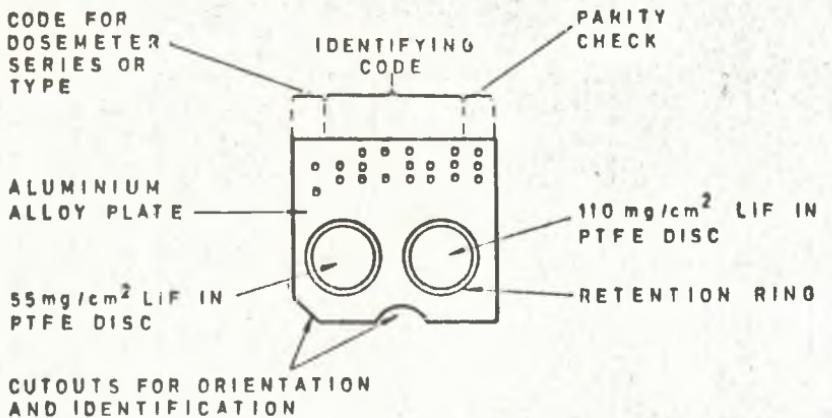


FIG. 2. DOSEMETR PLATE FOR NRPB PERSONAL
THERMOLUMINESCENT DOSEMETR

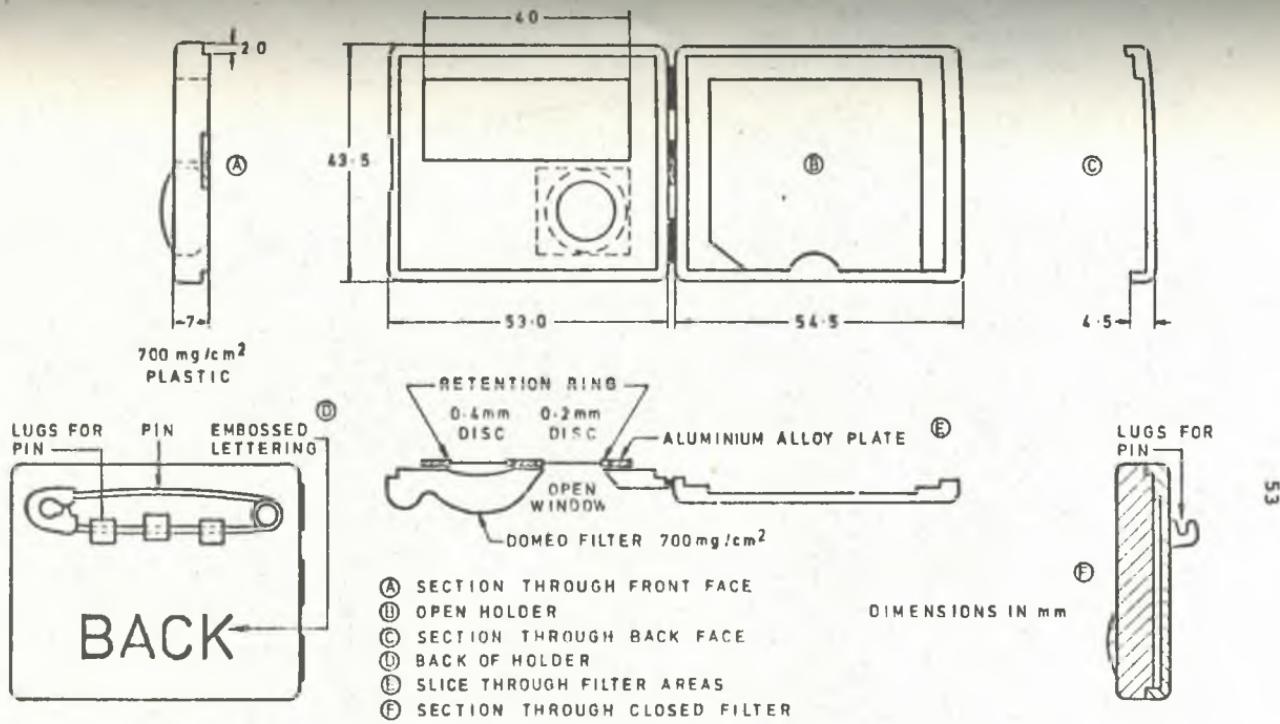


FIG. 3. PROTOTYPE THERMOLUMINESCENT DOSEMETER HOLDER

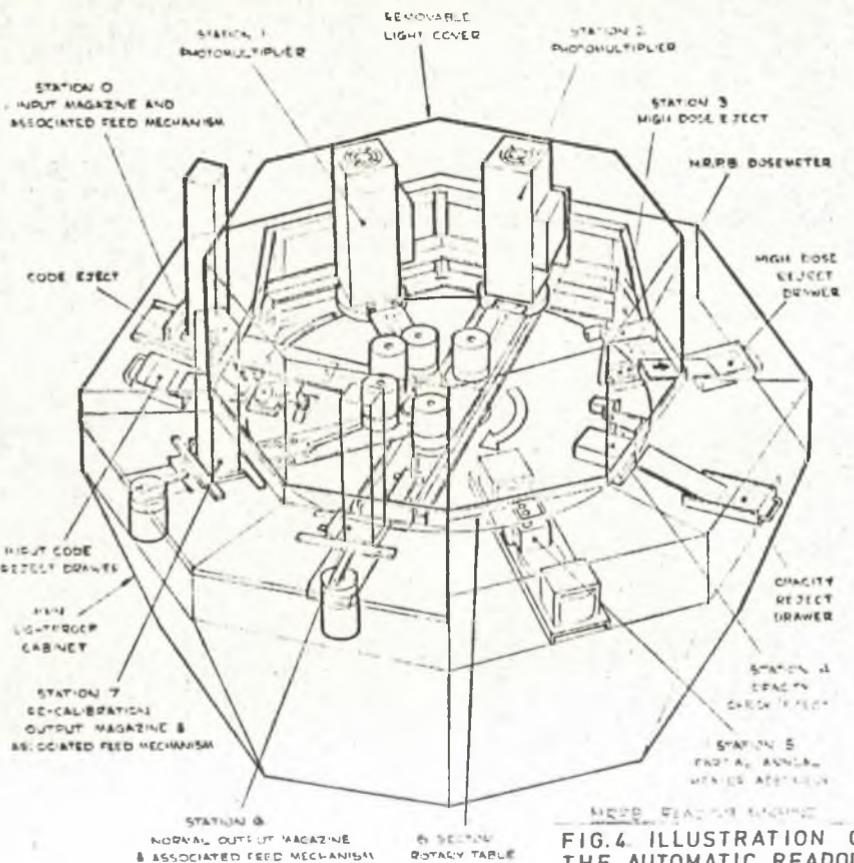


FIG. 4 ILLUSTRATION OF THE AUTOMATIC READOUT EQUIPMENT

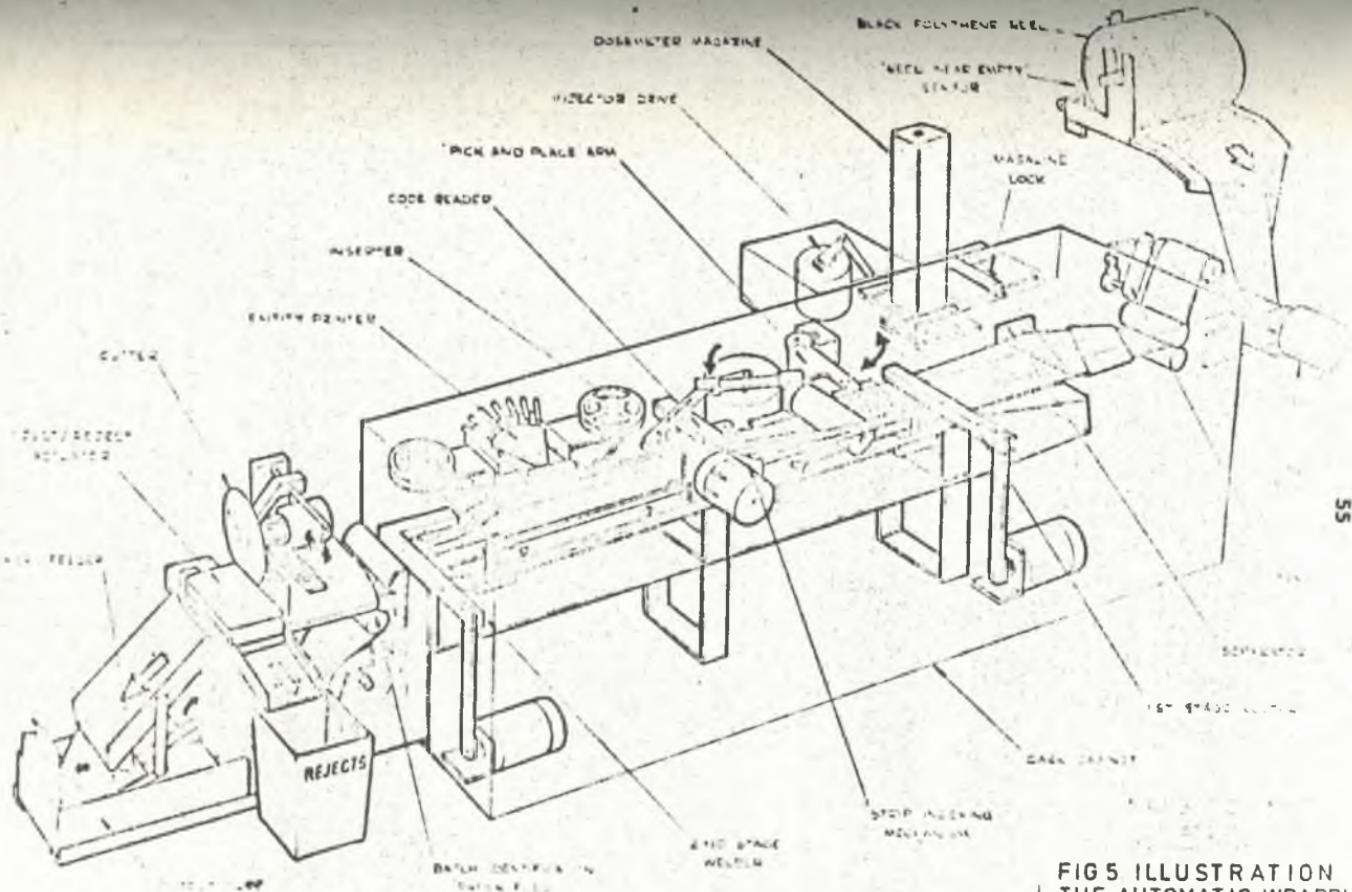


FIG 5 ILLUSTRATION OF THE AUTOMATIC WRAPPING & LABELLING EQUIPMENT

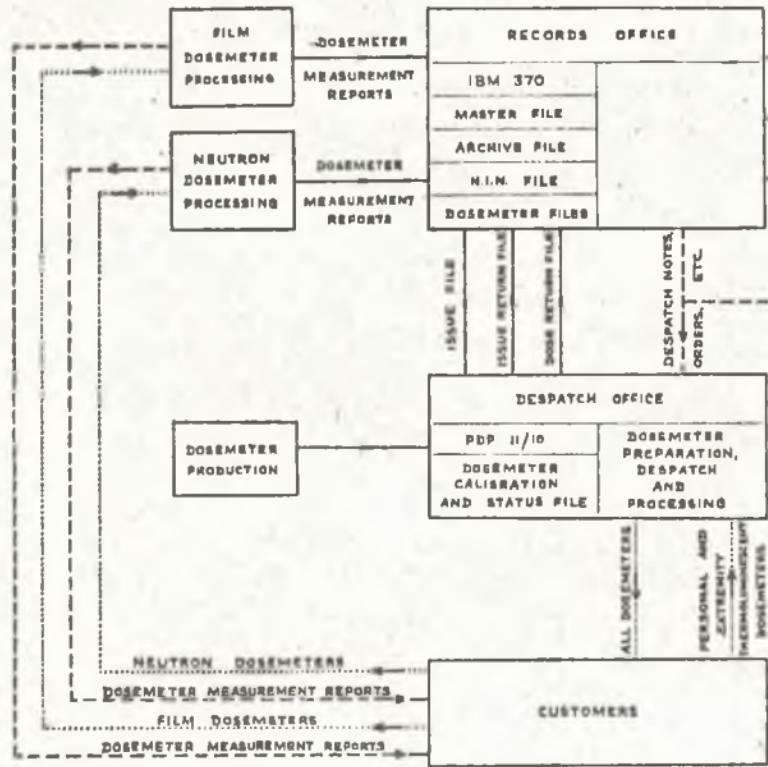
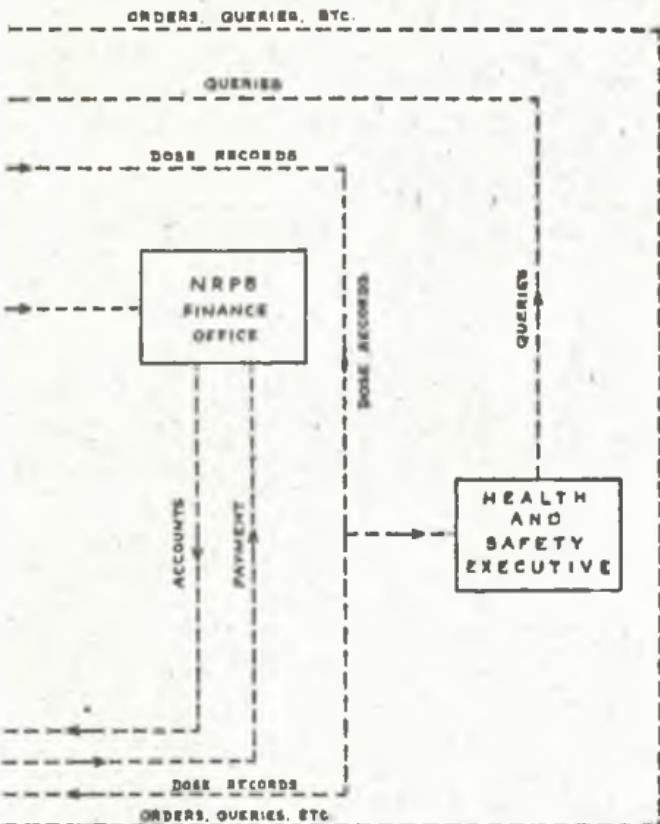


FIG. 6 NRPB DOSEMETER ISSUE AND
DOSE RECORD KEEPING SYSTEM



KEY

- INFORMATION IN COMPUTER COMPATIBLE FORM
- - - - - INFORMATION BY LETTER OR TELEPHONE
- DOSEMETERS

NATIONAL RADILOGICAL PROTECTION BOARD

H.R.P.B.

Ref. No. HL234

PERSONAL MONITORING SERVICE

HARWELL

OXFORDSHIRE OX11 ORQ

Tel No: Rowstock (023-583) 600

NOTIFICATION OF RADIATION DOSES REPORT

Address of occupier		Monitoring address			
BRITISH RADIATION, BUTTERFORD LAKE, CAVENHISE, HR4 PB1.		THE ACCELERATOR			
Name of Radiation worker					
Identifier Building					
Birth	Sex	Category			
Lofthouse G OL23	A1	Dose-Type SURFACE Measured TLD 7/6/74-4/7/74	0.31 rem		
10/9/54 M	C	Current Quarterly Dose 0.29 rem (Permitted 15.0 rem) Previous Quarterly Dose 0.86 rem Current Annual Dose 3.69 rem (Permitted 15.0 rem)			
Clarke M.E. 4567	A1	Dose-Type BODY Measured TLD 14/6/74-28/6/74	0.25 rem		
10/2/56 F	C	Current Quarterly Dose 0.66 rem (Permitted 1.3 rem) (includes notional dose 0.20 rem) Previous Quarterly Dose 0.73 rem (includes notional dose 0.10 rem) Current Annual Dose 2.68 rem (includes notional dose 0.80 rem) Life Dose to date 7.34 rem (Permitted 10 rem)			
Smith J.W. 8910	A1	Dose-Type SURFACE Measured FILM 1/6/74-28/6/74	3.87 rem		
18/10/50 M	C	Current Quarterly Dose 16.70 rem (Permitted 15.0 rem) Previous Quarterly Dose 1.75 rem Current Annual Dose 18.45 rem (Permitted 30.0 rem)			
WARNING - If continued this dose would result in the permitted Annual Dose being exceeded by the end of the year.					
(**ACTION**) Warning notes should be acknowledged PROMPTLY by the Occupier)					
EXCESS DOSE ***** THE PERMITTED QUARTERLY DOSE HAS BEEN EXCEEDED BY 1.7 REM. SMITH J.W. SHOULD CEASE RADIATION WORK IMMEDIATELY. (**ACTION**) This note should be acknowledged PROMPTLY by the Occupier)					

Figure 7. An hypothetical example of a Notification Report.

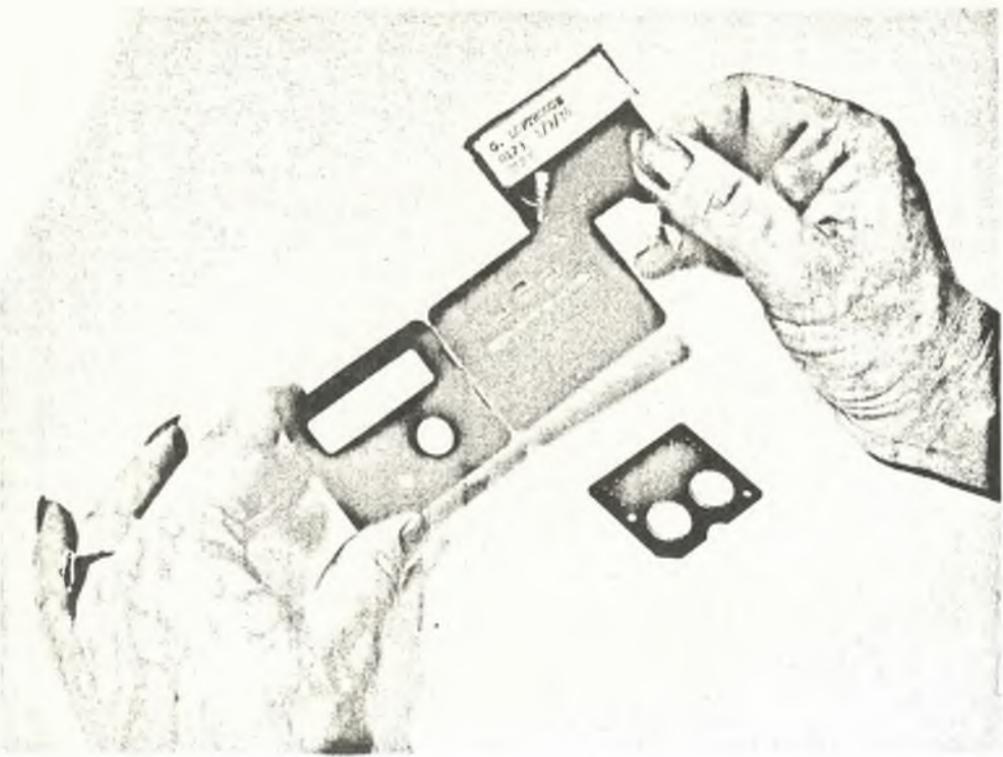
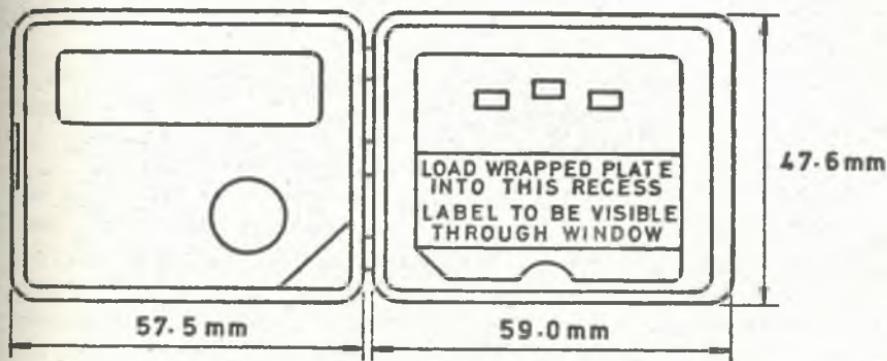
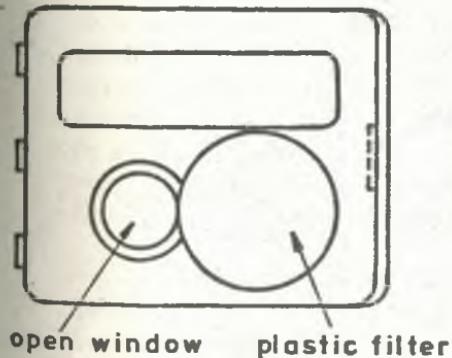


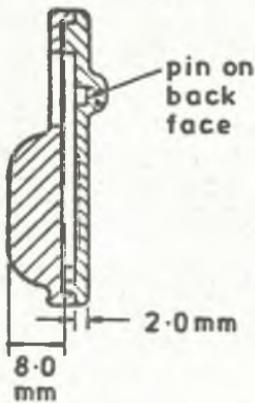
Figure 1. The dosimeter holder, dosimeter insert, duralumin plate, aluminium retention rings and thermoluminescent disks



(a) An open holder



(b) Front face



(c) Side view

Figure 2. The dosimeter holder

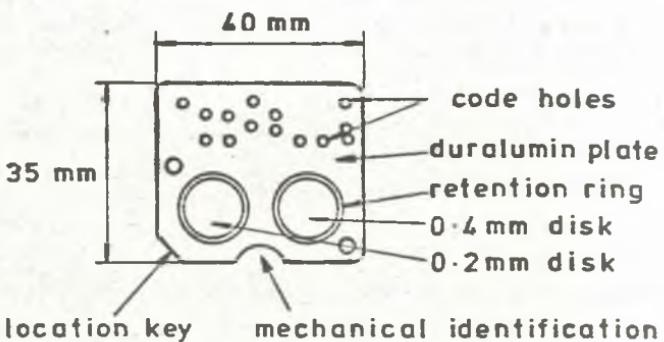


Figure 3. The duralumin plate, aluminium retention rings and thermoluminescent disks

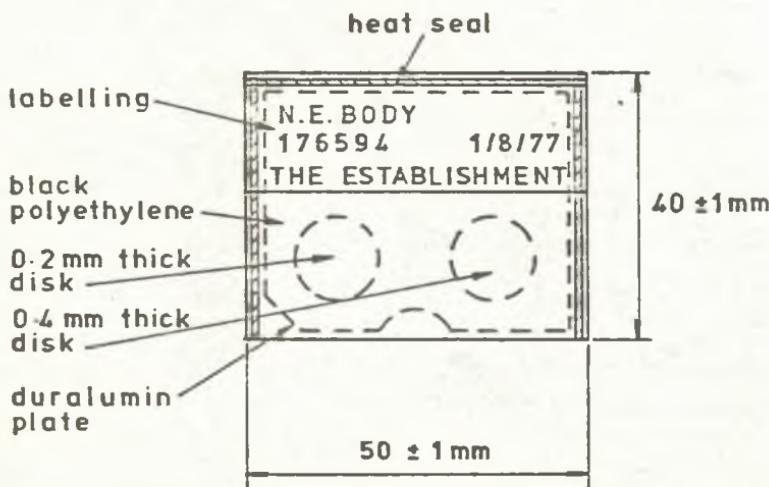


Figure 4. The dosimeter insert

Diskusija po predavanju Dr Marshal-a

Dr D.Panov: Da li možete da objasnite zašto u AERE, u Harwel-u još upotrebljavaju film-dozimetre u ličnoj dozimetriji?

Dr Marshal: Razlog za to je finansijske prirode. Ukratko ću vam objasniti kako je došlo do toga. U vreme kada smo počeli da mislimo na prelazak sa film na TL dozimetriju, to je bilo pre pet godina, vršili smo službu filmske dozimetrije bez ikakve automatizacije. Zapošljavali smo dosta ljudi i troškovi su počeli da rastu. Kada smo se odlučili da predjemo na TL dozimetriju rešili smo da uvedemo automatske postupke za kalibraciju dozimetara, za odčitavanje doze za obradjivanje podataka, a takodje i za pakovanje dozimetara. Pošto smo napravili sve aparature i dosada izvršili oko 100.000 merenja vidimo, da smo napravili dobru odluku. Troškovi po pojedinom čitanju dozimetra su prihvatljivi za potrošače, i manji su na što smo očekivali. Međutim, su u Harwellu u ranijim godinama prešli na automatske postupke za obradjivanje doze pomoću filmova. Pošto im se ta investicija još nije isplatila oni ne mogu da ulažu u novu. Sada su suočeni činjenicom da filma Kodak, u Engleskoj, u roku od dve godine prestaje da proizvodi film dozimetre. Zbog toga će uskoro morati da se odluče, da li da prihvate usluge NRPB službe za TL dozimetriju ili da osnivaju svoju TL dozimetriju.

Mr M.Mihailović: Da li imate komentar na podatak iz literature /W.A. Langmead, National and International Radiation Dose Intersomparisons, IAEA, WHO, 1971/ o merenjima koja su vršena na vašem institutu s ciljem, da se uporedi tačnost TL dozimetara i film dozimetara koji se upotrebljavaju u ličnoj dozimetriji, a koji o rezultatima merenja zaključuje da je od ukupnog broja TL dozimetara, 75,5% a od ukupnog broja film dozimetara 77,5%, pokazala tačnost u zahtevanom intervalu $1,0 \pm 0,5$.

Iz citiranih rezultata ne bi mogli zaključiti da TL dozimetri imaju prednost.

Dr Marshal: Sedam se tih merenja jer sam učestvovao u njima. Na rezultate tačnosti film dozimetara je u velikoj meri uticao način ozračivanja film dozimetara koje smo upotrebili. Mi smo filmove ozračivali pod pravim uglom na ravan dozimetara. To je kao što znate, najpogodniji način za ozračivanje filmova jer osjetljivost filmova zavisi od upadnog ugla zračenja. Osetljivost TL dozimetara od upadnog ugla zračenja smo proverili za ugao od 35 stepeni i ustanovili da odgovor TL dozimetra ne zavisi od ugla pod kojim je ozračen.

Mr M.Mihailović: Kako ste rešili pitanje merenja beta doza?

Dr Marshal: Merenje beta doza od niskih energija beta nismo još rešili. Na tome sada radimo.

Mr M.Mihailović: Za šta (čemu) upotrebljavate UV svetlost u vašoj aparaturi? Da li koristite transfer mehanizam u LiF pri drugom odčitavanju:

Dr Marshal: Da.

Mr M.Mihailović: Kako ste rešili čuvanje podataka o dozama vaših potrošača.

Dr Marshal: Naši potrošači su zadovoljni sa načinom čuvanja podataka u centralnom računskom centru u Harwellu. Čuvanje podataka o dozama je bio jedan od uslova da potrošači prihvate TL dozimetriju.

Diskusija: Petrović Dragoslava

Institut za medicinu rada i Radiološku zaštitu
SRS, Beograd

Postoji problem merenja malih brzina doza kojima je izloženo stanovništvo SFRJ (od transporta radioaktivnih izvora, radioaktivnih izvora ugradjenih u gromobrane itd.). Do sada ovaj problem - ozračivanje stanovništva - nije ni zakonski ~~bilo~~-rešen, tako da je bio izvan domena interesovanja i merenje. Ovaj problem postoji aktuelan donošenjem novih zakonskih propisa koji su regulisali pitanje ozračivanje stanovništva.

Primenom TL dozimetrije i u ovoj oblasti bi počeli da vršimo sistematska, odgovorna i tačna merenja niskih brzina doza na nivou prirodne brzine doze - prirodnog fona.

Pogotovo, ako se postigne dogovor o jedinstvenom opremanju određenim tipom TL dozimetra na celoj teritoriji SFRJ.

Ovaj postupak - snimanja niskih brzina doza - i njegova šira primena na teritoriji SFRJ može se iskoristiti i u akcijskim uslovima - ratnim uslovima merenje brzina doza u akcijskim uslovima sa radioaktivnim materijama.