

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-86/42(R)
12 Settembre 1986

**A. Esposito e M. Pelliccioni:
PROVEDIMENTI DI RADIOPROTEZIONE PER IL CANALE
BX1 DEL LABORATORIO PWA**

PROVVEDIMENTI DI RADIOPROTEZIONE PER IL CANALE BX1 DEL LABORATORIO PWA

A. Esposito e M. Pelliccioni
INFN - Laboratori Nazionali di Frascati, P.O.Box, 13 - 00044 Frascati (Italia)

1. - INTRODUZIONE

Com'è noto, il Laboratorio PWA è costituito da due Sale: una parzialmente interrata detta Sala Esperienze, all'interno della quale è stata ricavata un'area di esclusione intorno al canale BX1; l'altra al primo piano detta Sala Preparazioni. Entrambe le Sale sono classificate come zone controllate.

Il canale BX1 raccoglie la radiazione di sincrotrone originata dal magnete wiggler installato sulla sezione dritta n. 9 di Adone. Esso rappresenta attualmente la facility più critica dal punto di vista della trasmissione della gas bremsstrahlung prodotta nell'anello.

In una precedente nota ⁽¹⁾ sono stati presentati i risultati di misure effettuate allo scopo di valutare le dosi dovute a tale sorgente di radiazione, unitamente alle relative considerazioni di ordine protezionistico. Si mise così in risalto come la radiazione in parola potesse costituire un rischio di rilievo nei punti allineati con le sezioni dritte della macchina. In tali condizioni si trova il canale BX1 attraverso la cui guida la radiazione di cui trattasi viene trasmessa al di fuori delle schermature, ove deve essere adeguatamente attenuata per evitare sovraesposizioni del personale, o comunque indebite esposizioni.

In questa nota verranno descritti i problemi di radioprotezione e i relativi provvedimenti adottati nel caso del canale BX1 proprio a causa della gas bremsstrahlung in esso trasmessa.

2. - LA PRIMA VERIFICA DI RADIOPROTEZIONE DEL CANALE BX1

La prima verifica di radioprotezione per il Laboratorio PWA è stata effettuata quando nel canale BX1 non era stato ancora installato il cristallo del monocromatore e quindi con il fascio bianco di radiazione di sincrotrone che veniva trasmesso sino al termine del canale stesso.

Prima di passare ad esaminare i problemi posti dalla gas bremsstrahlung, può essere interessante riepilogare i risultati degli altri controlli dosimetrici effettuati.

Le dosi misurate durante l'iniezione nell'anello sono riassunte nella Tabella I. Per i raggi gamma si è fatto uso, a seconda dei casi, di dosimetri a termoluminescenza (bulbi al CaF_2), di un monitor Victoreen mod. 471 o di una camera a ionizzazione della Reuter Stokes mod. RS111. Le misure dei neutroni sono state sempre effettuate con un rem-counter Alnor mod. 2202.

TABELLA I - Esito dei controlli dosimetrici di prima verifica effettuati nel Laboratorio PWA durante la fase di iniezione in Adone.

	Raggi gamma (μSvh^{-1})	Neutroni (μSvh^{-1})
Sala Preparazioni	0.3 \pm 1.2	0.15 \pm 1.10
Sala Esperienze (zona recintata)	4 \pm 7	$7 \cdot 10^{-2}$
Sala Esperienze (zona esterna)	0.2 \pm 1.2	$1.7 \cdot 10^{-2} \pm 3.6 \cdot 10^{-2}$

Nella Tabella I, per la zona recintata della Sala Esperienze, sono indicate due coppie di valori per i raggi gamma, la prima relativa alle usuali condizioni di lavoro, la seconda a misure effettuate iniettando e distruggendo il fascio via via che veniva accumulato.

Quando nell'anello vi era il fascio accumulato e il beam-stopper del canale BX1 era inserito, nella zona recintata della Sala Esperienza, in prossimità della guida del canale, sono state misurate dosi comprese tra $1\mu\text{Sv}$ e $6\mu\text{Sv}$ mentre il fascio si riduceva di 74 mA. Nelle stesse condizioni le dosi in tutti gli altri ambienti sono risultate ancora più trascurabili.

Sempre con fascio accumulato e beam-stopper inserito, sono state inoltre effettuate misure anche all'interno della guida del canale mediante TLD 700 lasciati esposti nella camera EXAFS, allo scopo di raccogliere informazioni in ordine all'eventuale

esposizione delle mani da parte degli sperimentatori che, in queste condizioni, è previsto possano compiere operazioni sulla linea del fascio.

Le misure sono state eseguite sia con wiggler acceso (per il tempo necessario a perdere 100 mA), sia con wiggler spento (40 mA persi), e in un caso lasciando i dosimetri esposti anche durante l'iniezione in Adone per un tempo effettivo d'iniezione pari a circa 50 minuti (complessivamente 400 mA persi). In tutti i casi le letture dei dosimetri non sono risultate distinguibili dal fondo strumentale.

Aprendo invece il beam-stopper, con un fascio accumulato di 100 mA iniziali a 1.5 GeV e wiggler alimentato a 4000A, sono stati rilevati in Sala Esperienze i livelli di radiazione mostrati in Fig. 1.

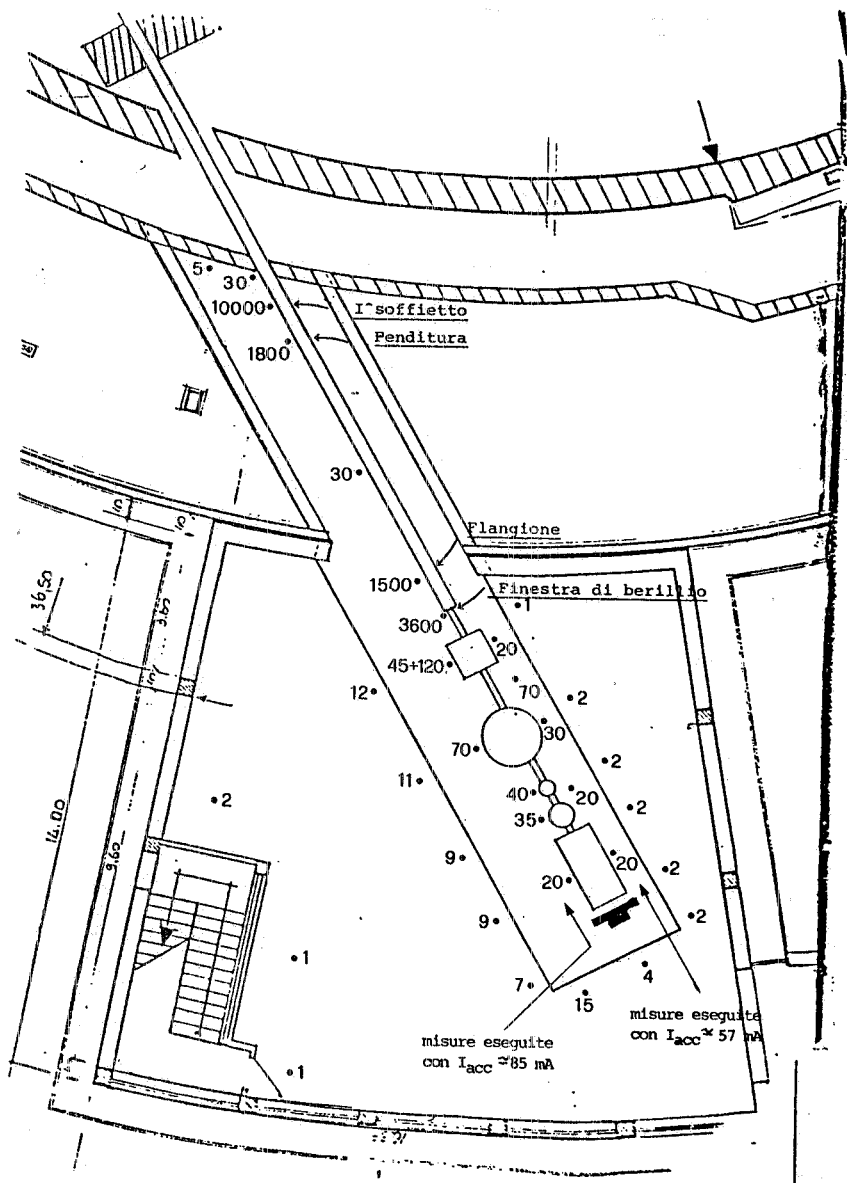


FIG. 1 - Ratei di esposizione (μSvh^{-1}) misurati in vari punti della Sala Esperienze nelle seguenti condizioni di lavoro: $E = 1.5$ GeV; $i_{acc} = 100$ mA (inizialmente); $I_w = 4000$ A; beam stopper aperto.

Dopo aver schermato localmente con piombo la zona del canale ove erano state misurate le dosi più elevate, si è passati a studiare l'origine di questa radiazione. Si è così osservato che i livelli di esposizione rimanevano praticamente costanti diminuendo la corrente di alimentazione del wiggler, com'è mostrato in Fig. 2 a proposito del rateo di esposizione misurato nella zona tra la finestra di berillio e l'alloggio del monocromatore.

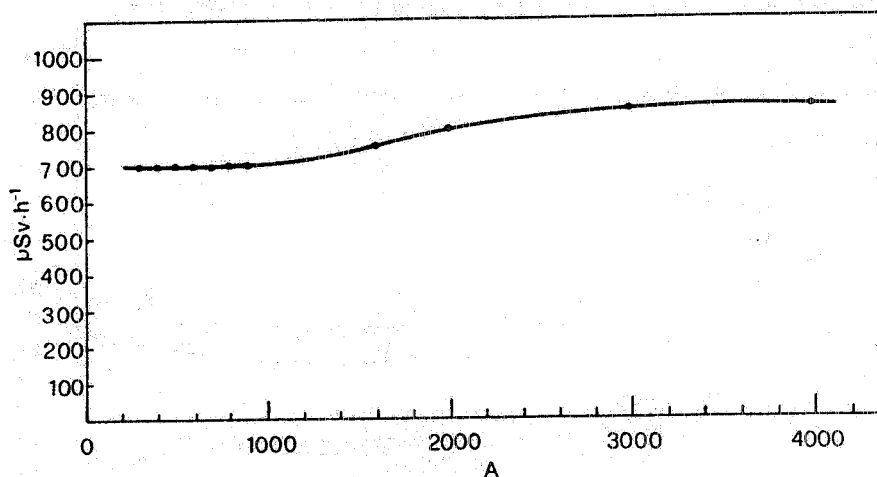


FIG. 2 - Rateo di esposizione misurato nella zona del canale BX1 tra la finestra di berillio e il monocromatore in funzione della corrente di alimentazione del wiggler. L'apparente diminuzione che si riscontra al diminuire della corrente del wiggler è in effetti dovuta a una diminuzione della corrente circolante nell'anello.

Detti livelli di radiazione aumentavano invece quando peggiorava il vuoto nella sezione dritta ove è installato il magnete wiggler, passando nella stessa zona di cui sopra da circa $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \text{ mA}^{-1}$ con un vuoto di $2.2 \cdot 10^{-8}$ mbar a circa $28 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \text{ mA}^{-1}$ con $5.2 \cdot 10^{-8}$ mbar.

Tenuto anche conto della distribuzione in avanti delle dosi misurate, si è concluso che trattavasi di radiazione di alta energia proveniente dall'anello e intercettata prima del pozzetto di piombo finale dalle apparecchiature presenti lungo il canale. Detta radiazione sembra originata principalmente dalle perdite per bremsstrahlung sul gas residuo che gli elettroni accumulati subiscono nel tratto della camera da vuoto ove è installato il magnete wiggler.

Tra le apparecchiature che intercettano, diffondendola, la radiazione in parola, la sorgente più importante, dal punto di vista radioprotezionistico, è stata localizzata in corrispondenza della struttura di supporto della finestra di berillio, che è stata pertanto schermata con 10 cm di piombo. Lungo il tratto del canale che attraversa

la Sala Esperienze è stato inoltre installato un muretto di piombo di 5 cm di spessore. La situazione è così migliorata notevolmente, come si può osservare dalla Fig. 3.

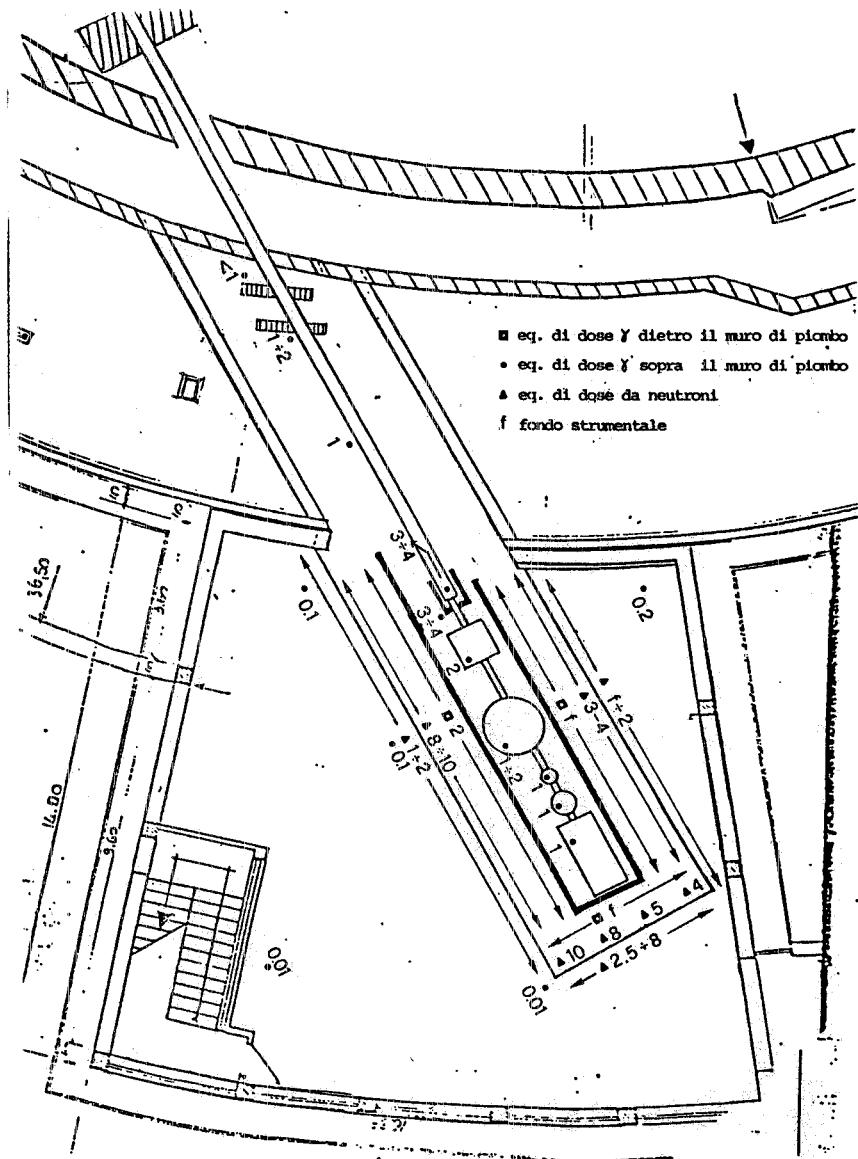


FIG. 3 - Livelli di radiazione gamma e di neutroni ($\mu\text{Sv h}^{-1}$) misurati in vari punti della Sala Esperienze nelle seguenti condizioni di lavoro: $E = 1.5 \text{ GeV}$; $i_{\text{acc}} = 96 \text{ mA}$ (inizialmente); $I_w = 4000 \text{ A}$; beam stopper aperto.

Sono state anche messe in opera due sicurezze allo scopo di limitare eventuali inattesi innalzamenti dei livelli di dose: una camera a ionizzazione comanda l'inserimento del beam-stopper nel canale qualora il rateo di esposizione al confine della recinzione superi $15 \mu\text{Sv h}^{-1}$; analoga funzione è assicurata per mezzo di un vacuometro presente nei pressi della sezione wiggler, qualora il vuoto divenga peggiore di $0.75 \cdot 10^{-7} \text{ mbar}$ (10^{-7} torr).

Dopo l'installazione del cristallo del monocromatore non sono state osservate variazioni di rilievo dei livelli di radiazione sopra illustrati.

Tutto intorno al canale è stata disposta una rete passiva di sorveglianza per mezzo di TLD a bulbo (CaF_2), dislocati come indicato in Fig. 4. I risultati delle

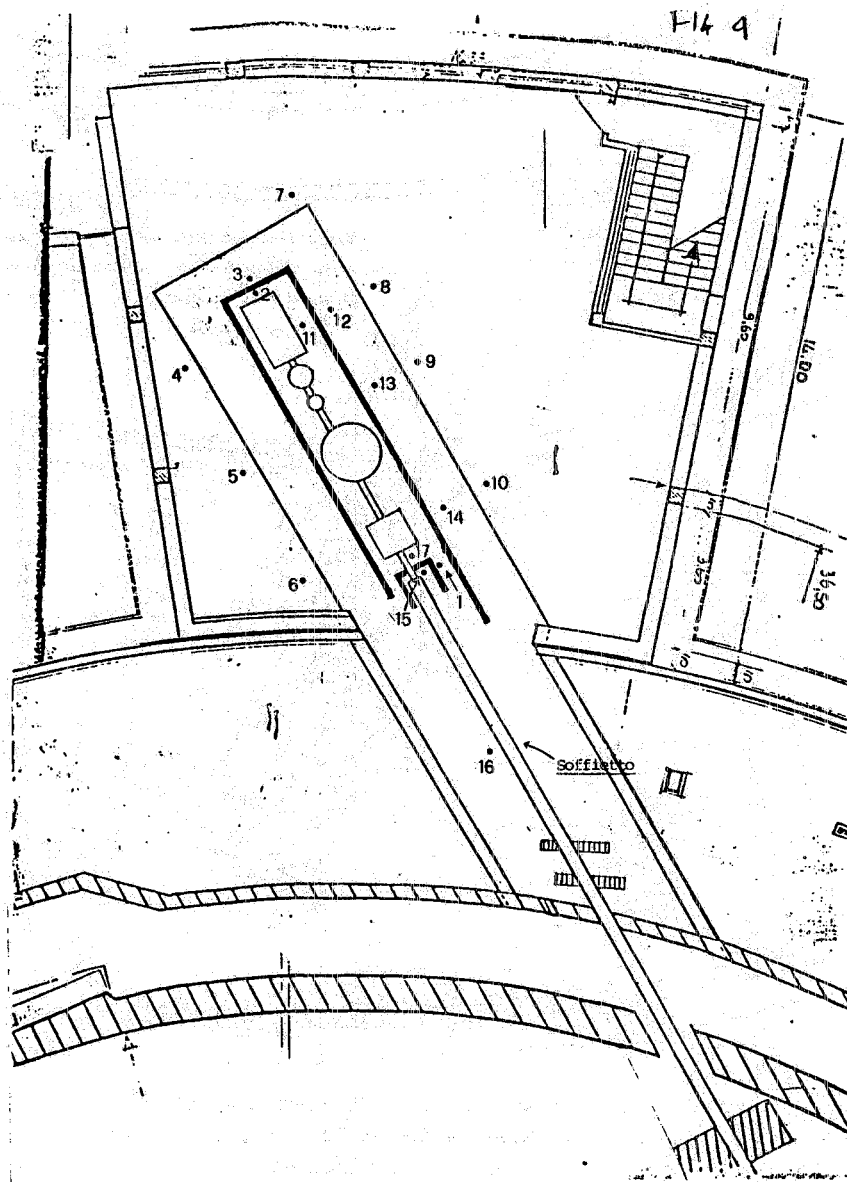


FIG. 4 - Dislocazione dei TLD intorno al canale BX1.

letture di detti dosimetri relativamente al periodo 8/1/86 - 8/4/86 sono riassunti nella Tabella II. Si noti che i dosimetri posti sulla rete di recinzione (n. 4,5,6,9,10, 11) si trovano a quota più elevata sia rispetto al muretto di piombo sia rispetto ai dosimetri posti su di esso (n. 12, 13, 14).

TABELLA II - Risultati delle letture dei TLD della rete di sorveglianza passiva del canale BX1.

Punto di controllo	Eq. di dose (μSv) (comprensivo del fondo strumentale)				Eq. di dose totale per il periodo 8/1-8/4/86 al netto del fondo strumentale (μSv)
	8-1/3-2	3-2/24-2	24-2/18-3	18-3/8-4	
1	61	41	54	42	28
2	119	43	75	60	127
3	71	55	70	52	78
4	110	77	104	76	197
5	89	63	82	62	126
6	122	104	144	106	306
7	98	78	99	74	179
8	116	90	119	87	242
9	109	85	111	90	225
10	108	83	105	85	211
11	102	50	85	61	128
12	73	59	70	55	87
13	78	64	77	58	107
14	75	59	71	55	90
15	$5.3.10^5$	398	$2.7.10^5$	$1.7.10^5$	$9.8.10^5$
16	353	54	196	150	583
17	$1.6.10^5$	108	$9.7.10^4$	$5.1.10^4$	$3.1.10^5$
Turni LDS nel periodo (giorni)	9	<1	10	7	26

L'esame dei risultati mostrati nella Tabella II conferma da un lato la pericolosità della sorgente localizzata in corrispondenza della finestra di berillio e dall'altro l'efficacia delle schermature messe in opera. Si noti che non si osservano livelli di rilievo in corrispondenza del pozzetto finale di piombo (20 cm di spessore all'epoca di queste misure).

3. - MISURA DELLA GAS BREMSSTRAHLUNG ALL'INTERNO DEL CANALE BX1

Si è provato anche ad effettuare una misura dell'intensità del fascio di gas bremmstrahlung, con le modalità già illustrate nella precedente nota⁽¹⁾, esponendo all'interno del canale BX1, nella zona tra la finestra di berillio e il monocromatore,

una matrice di 66 TLD700 (0.32x0.32x0.075 cm), protetta da una lamina di piombo di 2 mm di spessore per eliminare la radiazione di sincrotrone.

Durante la misura, l'energia del fascio di elettroni circolanti era pari a 1500 MeV, la pressione nella sezione wiggler $1.8 \cdot 10^{-8}$ mbar, la vita media soltanto 1h, e la corrente persa 25.1 mA.

Purtroppo il fascio non è stato completamente centrato nella matrice dei dosimetri, come si può notare dalla Fig. 5, ove è riportato il profilo rilevato sia in orizzontale

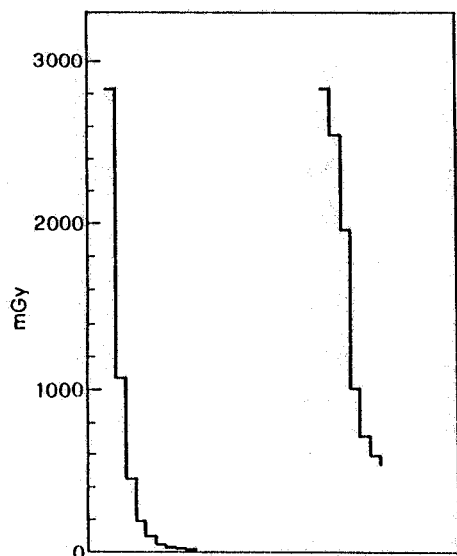


FIG. 5 - Profili orizzontale e verticale del fascio di gas bremsstrahlung misurati nel canale BX1 con un mosaico di 66 TLD700. Ciascun tratto nelle ascisse rappresenta un singolo dosimetro (0.32 cm).

che in verticale. La dose massima misurata, 2.85 Gy, è tuttavia sorprendentemente elevata, anche tenuto conto delle cattive condizioni di vuoto presenti nella macchina. Essa è circa 14 volte maggiore di quella attesa sulla base del calcolo condotto con i criteri precedentemente illustrati ⁽¹⁾.

Sorprendentemente modesta, tenuto conto della distanza dall'anello (circa 30 m), anche la superficie su cui il fascio sembra concentrato (circa 1.26 cm^2 considerando i semiassi della macchia ellittica a metà dell'altezza del picco).

Qualora la dose così misurata fosse effettivamente caratteristica delle abituali condizioni di lavoro, assumendo 200 giorni all'anno di funzionamento per turni di luce di sincrotrone, con 3 riempimenti dell'anello al giorno, si avrebbero circa $6.7 \cdot 10^3$ Gy/anno. Immediatamente dietro un pozzetto di piombo spesso 20 cm detta dose si ridurrebbe soltanto a 6.7 Gy/a, mentre a 2m di distanza si avrebbero ancora circa 45 mGy/a.

Nell'ipotesi che la dose misurata fosse stata originata da una perdita uniforme del fascio lungo tutto l'anello, si potrebbe ricavare nel caso di perdita catastrofica del fascio in un punto una dose dell'ordine di $1.6 \cdot 10^2 \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$. In tale evenienza, con un fascio di 100 mA, si avrebbe in corrispondenza del pozzetto di piombo una dose dell'ordine di 180 Gy, che si ridurrebbe dietro ad esso a 0.18 Gy e a 2 m di

distanza a 0.12 mGy.

Le dosi così ricavate sarebbero oltre 200 volte maggiori di quelle valutabili in base ad altre misure effettuate su Adone⁽¹⁾, sicché se da un lato si è portati ad escludere l'ipotesi sopra avanzata di una perdita uniforme del fascio lungo l'intero anello durante la misura, dall'altro non sembra fuori luogo pensare anche ad origini diverse da quelle fin qui ipotizzate per la radiazione in parola.

Mentre ci si riserva di continuare a studiare il problema, se possibile, ripetendo più accuratamente la misura, si è ritenuto opportuno raccomandare intanto di aumentare lo spessore di piombo al termine del canale di altri 10 cm, introducendo così un ulteriore fattore 100 di attenuazione, sebbene i risultati riportati nella Tabella II sembrano far ritenere superfluo tale provvedimento.

BIBLIOGRAFIA

- 1) A. Esposito and M. Pelliccioni, Gas bremsstrahlung production in the Adone Storage Ring, Nota Interna LNF-86/23.