

Radioprotezione negli Impianti Acceleratori nel C. R. Enea Frascati con Sistemi di Monitoraggio delle radiazioni con collegamento remoto

Manuela Guardati (1), Marco Raule (1), Luciano Sperandio (1), Moira Straface (1), Vincenzo Surrenti (2)

(1) ENEA IRP – SIL C. R. Frascati via E. Fermi n. 45 00044 Frascati (RM)
(2) ENEA NUC – TECFIS C. R. Frascati via E. Fermi n. 45 00044 Frascati (RM)

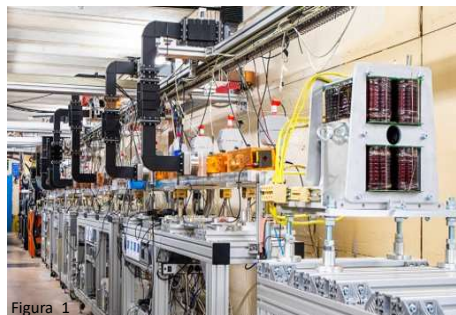


Figura 1

INTRODUZIONE

L'impianto acceleratori in funzione presso il C.R. Enea Frascati è costituito da un insieme di n. 3 acceleratori di particelle collocati in diversi bunker dell'edificio 30. Per esso è stato realizzato un sistema di monitoraggio radiologico ambientale con accesso remoto e centralizzato che consente di visualizzare in tempo reale l'andamento del rateo di dose.

Il sistema monitora il mantenimento delle radiazioni al livello più basso ragionevolmente possibile, consente di valutare le condizioni di lavoro e le esposizioni individuali, garantendo condizioni radiologiche accettabilmente sicure e consente di verificare l'efficacia delle schermature costruite attorno ai bunker.

Nel bunker B1 è collocato l'acceleratore principale (per energia del fascio), l'acceleratore lineare (Linac) di protoni TOP-IMPLART (fig. 1), un prototipo di acceleratore per radioterapia oncologica con protoni. Top Implart attualmente può lavorare a un'energia massima 85 MeV e potenza media 0,4 W. La principale radiazione prodotta in seguito ad interazione di protoni aventi energia massima non superiore a 85 MeV è quella neutronica, le altre eventuali emissioni sono di gran lunga meno probabili ed ai fini della radioprotezione risultano trascurabili.

Si riporta un caso studio sull'andamento del rateo di dose in alcuni punti specifici della macchina mediante misure in campo con strumenti portatili, in seguito ad irraggiamento di un campione, con conseguente attivazione, al fine di stabilire un adeguato tempo di attesa per l'ingresso degli operatori in seguito ad utilizzo della macchina.

SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio è costituito da una rete di dispositivi per le misure di dose ambientale formata da dispositivi passivi e da monitori attivi. I primi sono dosimetri a integrazione per radiazione x e gamma del tipo a termoluminescenza (TLD), analizzati presso il laboratorio dell'ENEA di Bologna.

I monitori attivi sono suddivisi in:

- stazioni fisse per il monitoraggio nell'ambiente del campo gamma e stazioni fisse per i campi neutronici;
- apparecchiature portatili per il monitoraggio radiologico, ai fini del controllo diretto della eventuale attivazione dei materiali.

Il sistema di monitoraggio fisso comprende n. 11 stazioni di monitoraggio attive e fornisce misurazioni dell'equivalente di dose ambiente nelle aree di lavoro. I rivelatori per gamma e neutroni presenti in ogni stazione sono collegati a concentratori locali per la visualizzazione del risultato consultabile in rete interna ed esterna. Ogni monitor è dotato di un display che mostra la dose equivalente rilevata sia istantaneamente che integrata nel tempo. In caso di rilevamento di una dose eccessiva, il sistema avvisa i lavoratori esposti che operano nelle vicinanze della stazione di misura con un segnale acustico. Ciascuna stazione di misura è collegata tramite una rete LAN a un'unità di controllo e archiviazione (QNAP) dei dati dosimetrici. I dati trasmessi dalle singole unità vengono memorizzati in un database con un software che fornisce la comunicazione e la gestione degli allarmi, in fig. 2 si riporta una schematizzazione del sistema.

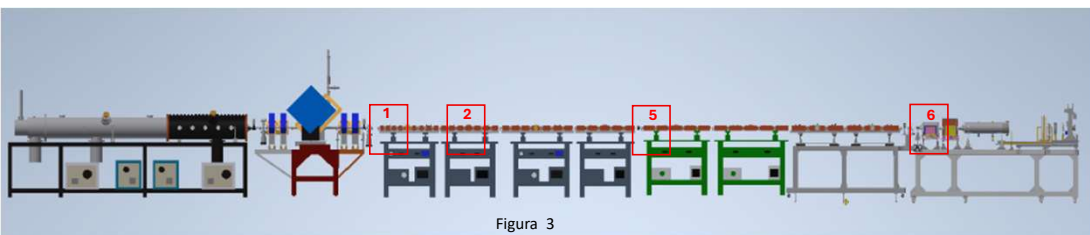


Figura 3

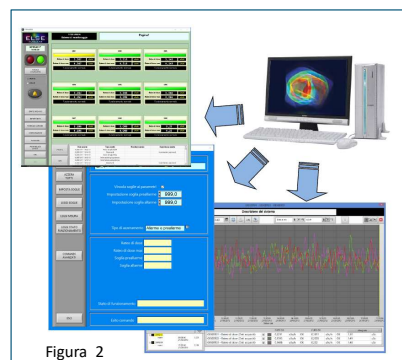


Figura 2

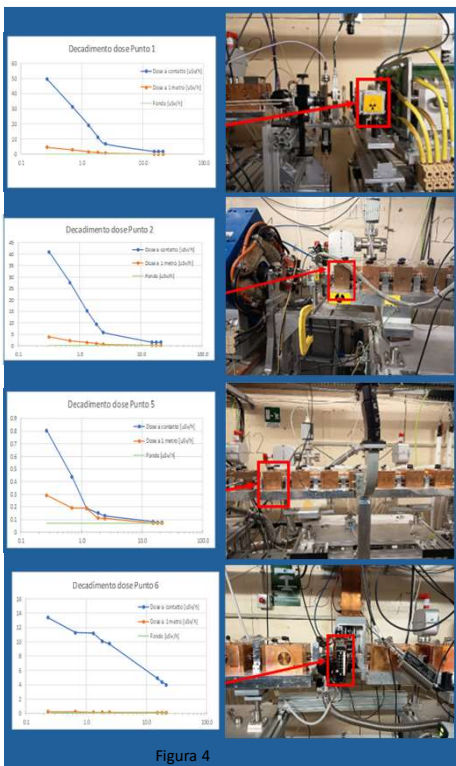


Figura 4

CASO STUDIO: ATTIVAZIONE DEI COMPONENTI di TOP IMPLART

La produzione neutronica per TOP-IMPLART può essere valutata considerando le interazioni di protoni da 85 MeV su rame, che costituisce il primo strato del pozzo di spegnimento, per cui si valuta una produzione di 0,15 neutroni per protone incidente. La distribuzione spaziale dei neutroni per le energie considerate si può assumere essenzialmente in avanti, entro un angolo di 30°, mentre l'energia varia a seconda dei materiali bersaglio con una media dell'ordine di alcuni MeV ed un massimo inferiore all'energia dei protoni incidenti ma prossimo a questa.

Le valutazioni teoriche portano ad avere, ad 1 m dal punto considerato, un rateo di dose di 28,8 mSv/h (senza considerare: frazione di fascio effettivamente persa, auto assorbimento e attenuazione degli schermi).

La perdita reale di fascio lungo la linea non supera il 5% e pertanto ad 1 m si avranno non più di 1,44 mSv/h.

La struttura del pozzo di spegnimento è così costituita: primo strato di 5 mm di rame, 30 cm di piombo e 20 cm di polietilene. Considerando la produzione di neutroni su rame già valutata, si ottiene ad 1 m dal pozzo un'intensità di fluenza neutronica pari a $3,7 \times 10^2 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ con un'energia media molto ridotta che per cautela possiamo considerare pari ad alcuni MeV. Adottando il fattore di conversione per neutroni da 2 MeV si può valutare ad 1 m dal pozzo un rateo di dose di 0,288 mSv/h.

E' stata condotta una campagna di misure in prossimità di alcuni punti della linea dell'acceleratore dove gli operatori devono intervenire più frequentemente. Dopo lo spegnimento del fascio, il rateo di dose ambientale, a contatto e a 1 m di distanza, è stato monitorato nel tempo con strumentazione portatile (fig. 3 e fig. 4). In fig. 5 è riportato lo spettro gamma ad alta risoluzione, ottenuta con lo spettrometro portatile SPIR-ACE della Mirion (equipaggiato con uno scintillatore in LaBr_3) nel punto 1. Si possono identificare le righe spettrali gamma dovute all'attivazione neutronica del rame.

Il punto 1 mostra un rateo di dose iniziale più alto rispetto agli altri punti, si arriva a valori inferiori ai $1 \mu\text{Sv/h}$ a 1 m di distanza dopo circa 2 ore. Per tutti i punti dopo 2 ore circa si arriva a valori di rateo di dose a 1 m inferiori a $1 \mu\text{Sv/h}$.

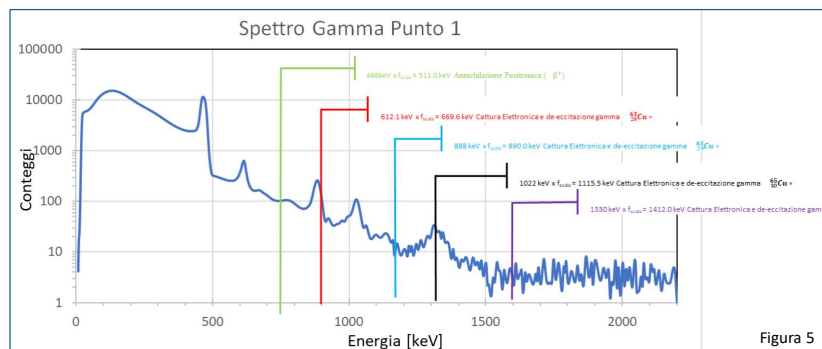


Figura 5

CONCLUSIONI

In accordo con il principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), le misure sperimentali consentono di definire le indicazioni di radioprotezione per il personale:

➤ Lavoratori in Transito: mantenere una distanza di rispetto di almeno 1–2 metri dalla struttura.

Non sostare in prossimità della macchina nelle prime 2 ore dallo spegnimento.

Livello di Rischio: trascurabile.

➤ Lavoratori a Contatto: tempo di attesa minimo di 1,5–2 ore dallo spegnimento prima di eseguire interventi a contatto.

Durante le ispezioni visive o le prime verifiche diagnostiche, impiegare prolunghe o utensili a manico lungo.

Ove possibile posticipare le lavorazioni al giorno successivo.

Per interventi prolungati a contatto eseguiti dopo 15 ore dal Beam-OFF, valutare la rotazione degli operatori in caso di manutenzioni meccaniche di lunga durata.

Livello di Rischio: Basso – Moderato.

I risultati confermano un approccio cautelativo delle indicazioni di radioprotezione utilizzate nell'ambito delle attività condotte con TOP-IMPLART.