Caratterizzazione della sorgente di Bremsstrahlung REX

Convegno Nazionale
8-10 Novembre 2017
Salerno

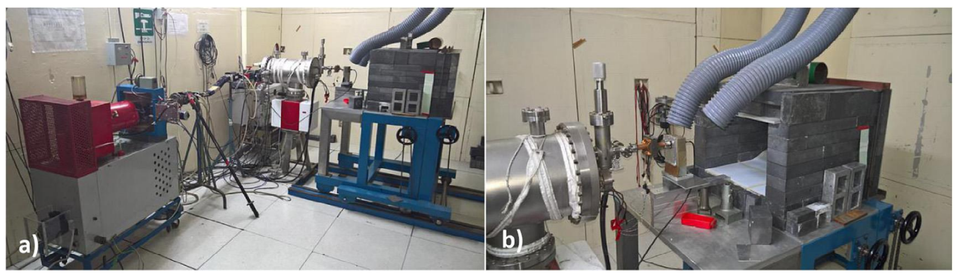
P. Ferrari[1], M. Vadrucci[2], F. Borgognoni[2], L. Campani[1], F. Mariotti[1]

1-ENEA-IRP Istituto di Radioprotezione, Via Martiri di Monte Sole 4, 40129 Bologna (BO)
2-ENEA-FSN-TECFIS-APAM, Via E. Fermi 45, 00044, Frascati (RM)
paolo.ferrari@enea.it

Il Progetto **CO.B.R.A.** ha come obiettivo principale lo Sviluppo e la diffusione di metodi, tecnologie e strumenti avanzati per la **CO**nservazione dei **B**eni culturali, basati sull'applicazione di **R**adiazioni e di tecnologie **A**bilitanti.

Il progetto ha avuto inizio il 21 luglio 2015 e terminerà il 20 Dicembre 2017. L'obiettivo generale è la diffusione ed il trasferimento alle PMI (operanti nel settore dei beni culturali) delle competenze ENEA e degli strumenti messi a disposizione nei Laboratori dei Centri di Ricerca e in spazi dedicati ai Dimostratori.

Nell'ambito di tale progetto è stato sviluppato un impianto prototipo per dimostrare come le radiazioni X possano essere facilmente utilizzate per contenere e rimuovere il biodegrado in materiali ligneo-cellulosici e quindi favorire la conservazione del bene culturale, senza alterarne le proprietà strutturali. Tale impianto è stato sviluppato partendo da un LINAC di tipo *standing wave* operante nei laboratori APAM dell'ENEA di Frascati, già impiegato per studi sugli effetti dell'interazione degli elettroni con la materia per applicazioni scientifiche, medicali e industriali. La radiazione X è prodotta dal materiale convertitore posto all'uscita dell'acceleratore.



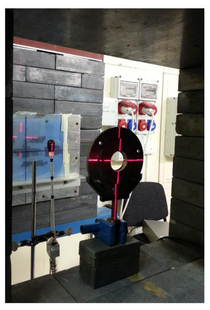
Impianto (a) e camera di irraggiamento (b)

Caratteristiche del LINAC

Corrente di estrazione	0.16	A
Periodo	54	ms
Frequenza degli impulsi	18.52	Hz
Lunghezza degli impulsi	3.40	μs
Corrente media	10.07	μA
Energia media	4.80	MeV
Potenza media	45.33	W

Caratterizzazione dosimetrica

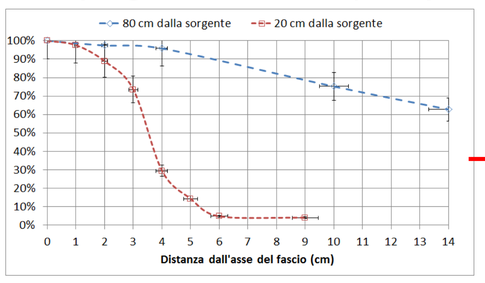
L'impianto dispone di una camera di irraggiamento costituita da una struttura in mattoni di piombo (pareti di spessore 10 cm) che riduce la dose ambientale nella sala del LINAC. All'interno di tale camera sono posti i campioni da sottoporre a trattamento.



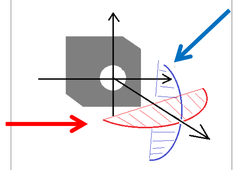
Una mappatura, in termini di kerma in aria, fatta impiegando la camera a ionizzazione FWT IC-17A, è necessaria per definire i limiti di uniformità del campo di irraggiamento.

Risultati

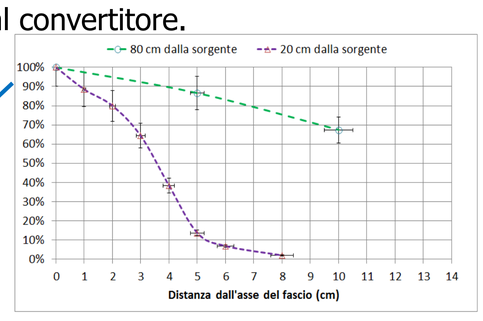
Nei grafici è riportata la mappatura eseguita su un piano perpendicolare all'asse del fascio (lungo i due assi del piano) a due distanze dal convertitore.



Distribuzione orizzontale



Collimatore in piombo



Distribuzione verticale

U. Bizzarri, G. Giubileo, G. Messina, L. Picardi, P. Raimondi, C. Ronsivalle, A. Vignati, D. Baraldi, A.M. Castagnola, S. Omarini, L. Fabiani, V. Leoni (1990) *Electron accelerators at the ENEA center at Frascati: Development and application*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 50, 331-337.

F. Borgognoni, M. Vadrucci, G. Bazzano, P. Ferrari, S. Massa, R. Moretti, M. Calvitti, C. Ronsivalle, A. Moriani, L. Picardi, *X-ray sterilization of insects and microorganisms for cultural heritage applications*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 406 (2017) 309-313.

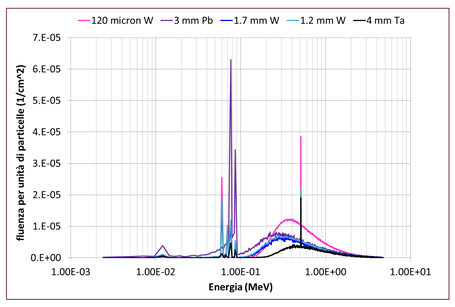
Scopo del lavoro

Mutando il materiale convertitore posto all'uscita dell'acceleratore, utilizzato nel progetto **CO.B.R.A** per la sterilizzazione dei materiali, si possono generare differenti distribuzioni spettrali X che possono essere efficacemente impiegate nella ricerca, nello studio dei materiali e in dosimetria. La caratterizzazione di tale sorgente denominata **REX** (**R**emovable target **E**lectron **X**-ray source) è lo scopo del presente lavoro.

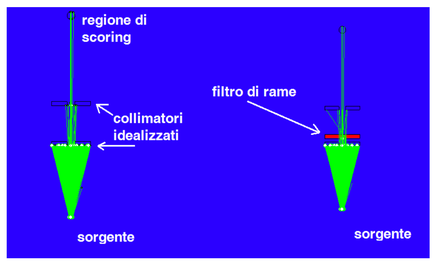
Studio della qualità del fascio

La simulazione dello spettro di Bremsstrahlung è stata fatta in condizioni idealizzate considerando una sorgente puntiforme di elettroni a 4.8 MeV posta al centro di due sfere concentriche, la prima costituita dal materiale convertitore e la seconda da aria (tale geometria 4π ha consentito di migliorare la statistica dei risultati). Variando lo spessore e la densità del materiale del convertitore si è studiata la differente distribuzione spettrale della radiazione X emessa.

Lo spettro di Bremsstrahlung generato è valutato in aria su 2000 intervalli energetici di 2.4 keV da 0 a 4.8 MeV.

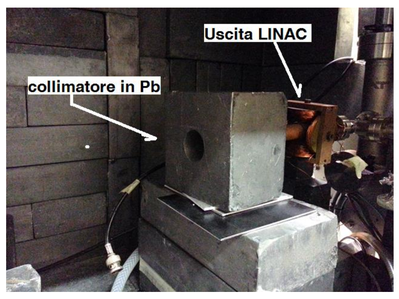


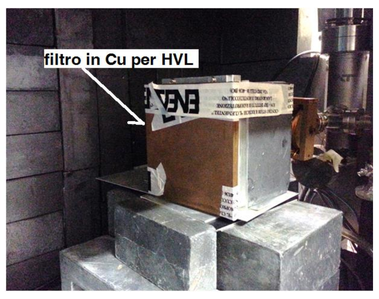
Allo scopo di verificare che lo spettro simulato con il Monte Carlo fosse sufficientemente rappresentativo di quello generato realmente dall'impianto, si è deciso di confrontare lo spessore emivalente (HVL) simulato con quello misurato.



La simulazione di HVL è stata fatta in condizioni idealizzate (collimatori con imp:p,e = 0, nella sintassi MCNP) ma con emissione conica di apertura corrispondente a quella reale.

Per le misure di HVL si sono utilizzati una camera a ionizzazione FWT IC-17A di volume attivo di 1 cm^3, ideale per alti ratei di dose, e alcuni filtri di rame di elevata purezza (99.2%).

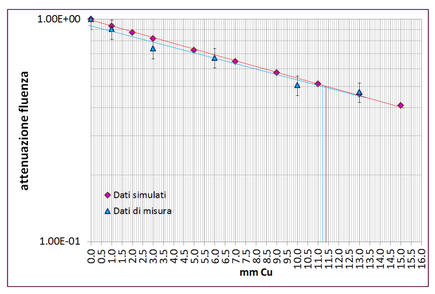




Risultati

Si può osservare un buon accordo tra lo spessore emivalente simulato, circa 11.4 mm Cu (incertezza 3%), e quello misurato, circa 11.2 cm di Cu (incertezza 10%): ciò significa che la rappresentazione dello spettro prodotta dal Monte Carlo, pur in condizioni idealizzate, è sufficientemente accurata.

Noto lo spessore emivalente è possibile esprimere lo spettro anche in termini di energia equivalente: lo spettro generato dal REX corrisponderebbe a un fascio monoenergetico da 800 keV.



Conclusioni

Le simulazioni Monte Carlo hanno consentito di ottimizzare la scelta del convertitore impiegato per generare radiazione di Bremsstrahlung e sono state validate sperimentalmente confrontando lo spessore emivalente simulato con quello misurato. Una prima mappatura, in termini di kerma in aria, della camera di irraggiamento ha evidenziato la necessità di dotarsi di un filtro appiattitore, da inserire prima del convertitore di tungsteno, in modo da poter ridurre l'effetto dovuto alla forma piccata del flusso di elettroni uscente dal LINAC. Tale studio sarà intrapreso nel prossimo futuro attraverso opportune simulazioni e verifiche sperimentali.