Studio preliminare del campo neutronico dell'impianto TOP-IMPLART

Convegno Nazionale
8-10 Novembre 2017
Salerno

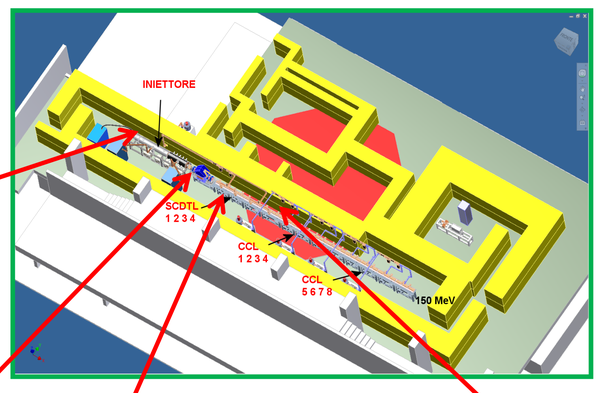
P. Ferrari[1], M. Vadrucci[2], A. Ampollini[2], L. Campani[1], F. Mariotti[1], L. Picardi[2] , C. Ronsivalle[2]

ENEA-IRP Istituto di Radioprotezione, Via Martiri di Monte Sole 10, 40129 Bologna (BO),
2-ENEA-FSN-TECFIS-APAM, Via E. Fermi, 45, 00044, Frascati (RM)
paolo.ferrari@enea.it

Il progetto TOP-IMPLART

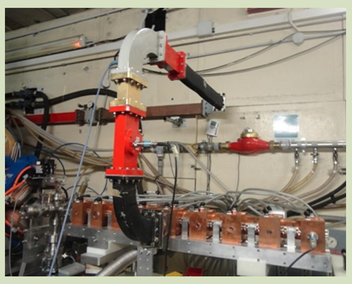
Il progetto TOP-IMPLART nasce dalla collaborazione tra l'Istituto Superiore di Sanità, l'ENEA e l'IFO-IRE Istituto Nazionale dei Tumori Regina Elena di Roma per la realizzazione di un acceleratore per protonterapia da realizzarsi presso l'IFO-IRE. La costruzione dell'impianto è iniziata nel novembre 2012 nei laboratori ENEA di Frascati. L'acceleratore TOP-IMPLART si basa su un sistema modulare di accelerazione che consentirà di produrre protoni sino a 230 MeV di energia. . Al momento è stato installato un primo insieme di cavità (SCDTL), che consente un'accelerazione massima fino a 35 MeV.

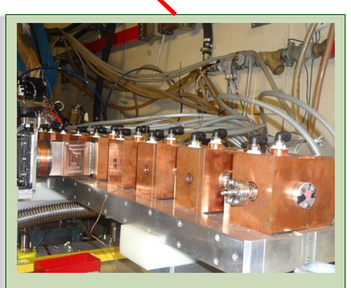
iniettore commerciale da 7 MeV (ACCSYS-HITACHI PL7 model, RFQ+DTL)



quadrupoli di focheggiamento

guida d'onda ad alta frequenza (2997.92 MHz)

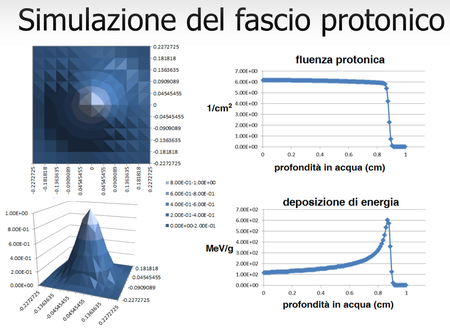


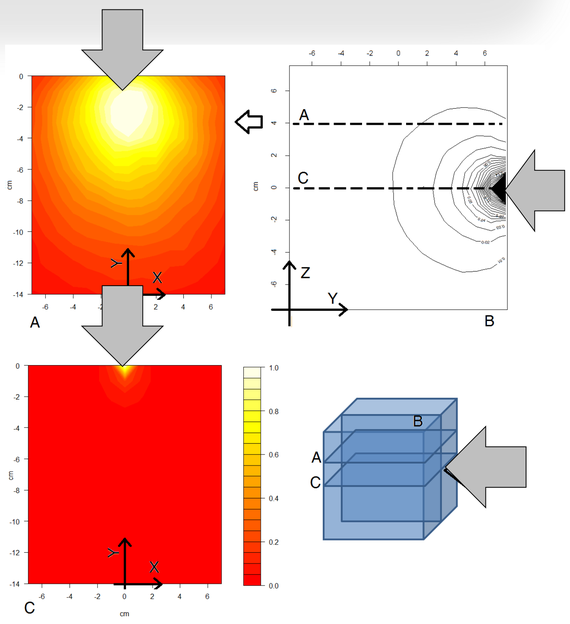


cavità acceleranti (SCDTL e SCL)

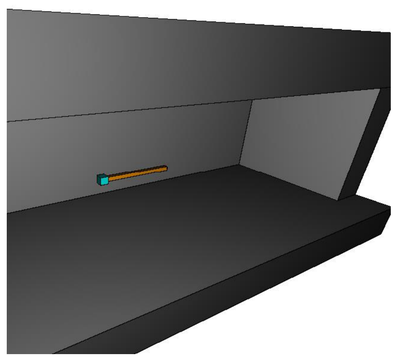
Simulazioni del campo neutronico

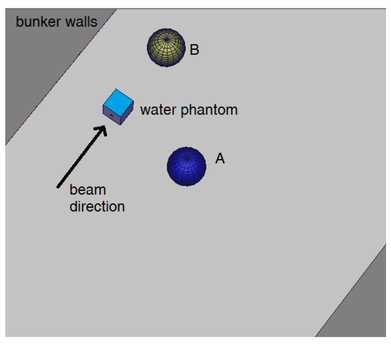
Simulazione del fascio protonico





Simulazione della componente neutronica, generata dai protoni a 27 MeV, all'interno di un fantoccio d'acqua posto all'uscita del fascio (i plot sono normalizzati rispetto al massimo sul piano considerato). La freccia grigia indica la direzione del fascio protonico incidente.





Simulazione delle condizioni di irraggiamento nel bunker per il confronto con le misure fatte con remcounter.

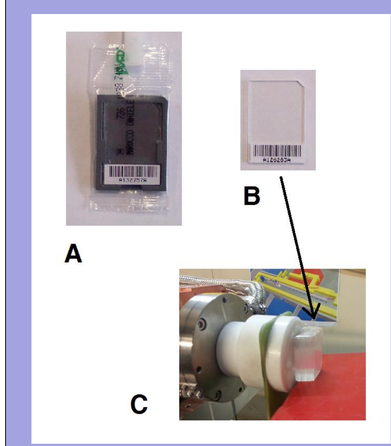
Risultati

Senza fantoccio	Con fantoccio	Rapporto
H*(10) simulato pSv per source part.	H*(10) simulato pSv per source part.	
$1.57\ 10^{-5}$	$1.10\ 10^{-5}$	1.43
Misurazioni Rateo di H*(10) µSv/minuto	Misurazioni Rateo di H*(10) µSv/minuto	
4.3	3.1	1.38

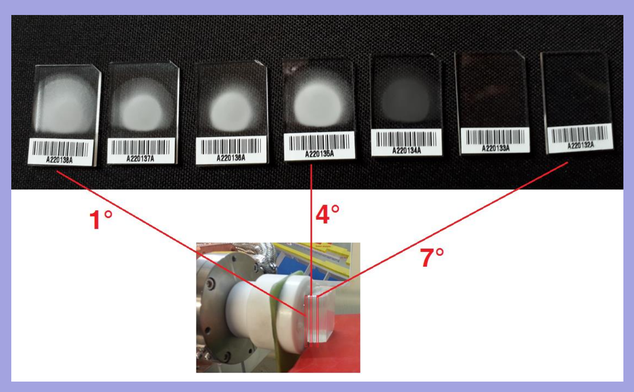
Scopo del lavoro

Il TOP-IMPLART non è un prodotto commerciale, misurazioni e simulazioni sono fondamentali per la caratterizzazione del sistema anche nel corso del suo sviluppo. Nell'ambito dello studio del campo di radiazioni prodotte dall'acceleratore, scopo del presente lavoro è stato validare le metodiche di simulazione Monte Carlo tramite il confronto con alcune misurazioni effettuate nel bunker dell'acceleratore. Il range dei protoni è stato invece verificato sperimentalmente impiegando campioni di PADC (poly-allyl-diglycol-carbonate) posti direttamente in asse con il fascio uscente.

Analisi della curva di Bragg

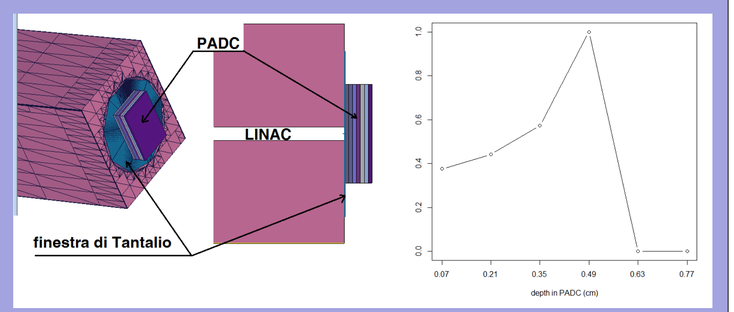


La curva di Bragg è stata valutata, qualitativamente, impiegando dosimetri PADC (**A e B**), costituiti da lastre di densità 1.35 g/cm3 e di dimensioni 3.5×2.5×0.14 cm3. Le tracce che si formano nel materiale al passaggio della radiazione sono "sviluppate" mediante un bagno chimico ed elaborate. La curva di Bragg per i protoni a 27 MeV è stata valutata ponendo una pila di PADC all'uscita dell'acceleratore (**C**).



PADC irraggiati «sviluppati» nel bagno chimico.

La deposizione di energia nel PADC è stata simulata con il codice Monte Carlo MCNP6, simulando la sorgente di protoni.



Risultati

Si può osservare un buon accordo tra la valutazione qualitativa della sperimentale con PADC e le simulazioni Monte Carlo. Il picco di Bragg si trova in corrispondenza del quarto dosimetro, a una profondità di circa 0.5 cm dalla finestra del LINAC. In questo caso l'intensità dei protoni è tale da danneggiare la superficie del dosimetro. Tale danneggiamento dei PADC aumenta sino al quarto elemento della pila, per poi cadere drasticamente al di là di esso, come ci si aspetta in corrispondenza del picco della curva di Bragg.

Conclusioni

Il risultati di questo lavoro devono ritenersi preliminari. Lo scopo di questa indagine era verificare, almeno qualitativamente, la curva di Bragg,, confrontandola con le simulazioni e la contaminazione neutronica prodotta dal fascio. Nonostante l'elevata semplificazione delle strutture nelle simulazioni, l'accordo trovato si può ritenere soddisfacente e sufficiente alla validazione di queste prime stime.

Prossimamente si cercherà di valutare il campo neutronico all'interno del fantoccio d'acqua impiegando direttamente dei dosimetri PADC, agganciati a una struttura di materiale plastico ideata per poter essere immersa nel fantoccio.

C. Ronsivalle, M. Carpanese, C. Marino, G. Messina, L. Picardi, S. Sandri, E. Basile, B. Caccia, D.M. Castelluccio, E. Cisbani, S. Frullani, F. Ghio, V. Macellari, M. Benassi, M. D'Andrea, and L. Strigari *"The TOP-IMPLART Project"* Eur. Phys. J. Plus (2011) 126: 68

G. Ottaviano, L. Picardi, M. Pillon, C. ronsisvalle, S. Sandri *"The radiation field around a proton therapy facility; a comparison of Monte Carlo simulations"* Radiation physics and Chemistry 95 (2014) 236-239.