

REX e TOP-IMPLART, due facilities uniche per la ricerca in campo spaziale

Nel Centro ENEA di Frascati operano due infrastrutture di particolare rilievo per la ricerca d'avanguardia nel settore dello spazio e dell'aerospazio, gli acceleratori di particelle REX e TOP-IMPLART, fra le poche facilities in Europa in grado di offrire servizi di Radiation Exposure Tests. Per le loro molteplici applicazioni e grandi potenzialità di impiego REX e TOP-IMPLART sono stati inclusi nel programma dell'Agencia Spaziale Italiana Asi Supported Irradiation Facilities e sono al centro di collaborazioni con istituzioni prestigiose quali ESA, CERN, DIAEE, INAF, CNR, INFN, industrie ed università per studi e ricerche scientifiche e tecnologiche.

DOI 10.12910/EAI2021-100

di Monia Vadrucci - Laboratorio di sviluppo di acceleratori di particelle per applicazioni medicali

Il potere di innovare e competere è stata la chiave per la crescita economica ed il miglioramento della qualità dello stile di vita. La ricerca nell'ambito delle tecnologie spaziali è stata una parte indispensabile di tale innovazione avendo rivoluzionato la nostra vita quotidiana grazie ai progressi in campi come le previsioni del tempo, la comunicazione globale, la gestione del traffico aereo, l'agricoltura, il monitoraggio del clima e dei cambiamenti ambientali, la telemedicina, l'intelligenza artificiale, la nanotecnologia, la robotica e la produzione ed immagazzinamento di energia. Tutto ciò è reso possibile dalle applicazioni sistematiche di varie discipline scientifiche come la fisica e l'ingegneria inserite in un complesso ecosistema costituito da imprese private, dipartimenti centrali, enti locali, centri accademici ed istituzioni pubbliche.

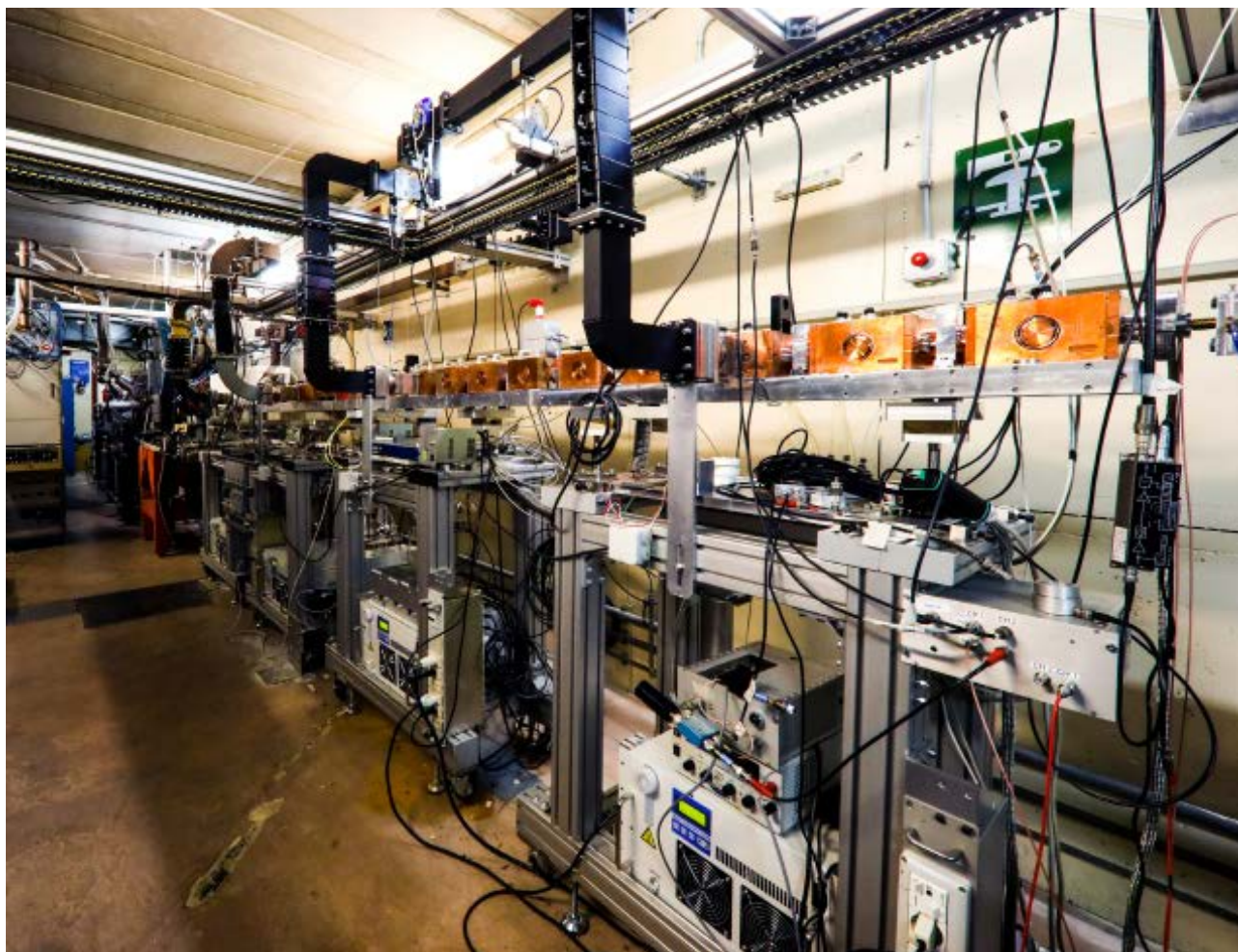
In questo panorama, presso il Centro di ricerche ENEA di Frascati, si svolgono diverse attività tecnologiche avanzate per il settore spazio fra le quali la simulazione della radiazione in ambiente spaziale interplanetario con macchine uniche quali gli acceleratori di particelle REX e TOP-IMPLART, in grado di riprodurre le condizioni del 90% del picco di flusso dei raggi cosmici.

I due impianti operano nel panorama internazionale ed offrono i servizi di Radiation Exposure Tests che solo pochissime altre facilities nel Nord Europa, specificatamente realizzate e destinate a queste finalità, sono in grado di proporre. Nello specifico, questi acceleratori in grado di generare rispettivamente fasci di elettroni/raggi-X e protoni, vengono impiegati per campagne sperimentali nelle quali sistemi biologici, elettronica, materiali e sensori innovativi sono

sottoposti ai campi di radiazione per caratterizzarne il comportamento nei casi di utilizzo in condizioni ostili come ad esempio in ambiente spaziale e nucleare.

Collaborazioni sinergiche con ASI, ESA, CERN, DIAEE, INAF, CNR, INFN

REX e TOP-IMPLART fanno capo al Laboratorio di sviluppo di acceleratori di particelle per applicazioni medicali dell'Agencia che ha da tempo solide collaborazioni con ASI, ESA, CERN, DIAEE, INAF, CNR, INFN, industria ed Università per studi e ricerche scientifiche e tecnologiche. La sinergia con queste diverse istituzioni è di grande interesse per l'intera comunità spaziale, anche perché la mutua contaminazione e cooperazione contribuisce alla definizione di nuovi approcci tecnici, oltre che commerciali. Di fatto, i costi di fattibilità per nuove



Vista d'insieme del tratto finale dell'acceleratore lineare TOP IMPLART nell'attuale configurazione

e più impegnative missioni, si basano su vari fattori e, in primis, sulla conoscenza dei meccanismi del danno indotto dalle radiazioni nell'ambiente interplanetario e dell'effetto delle radiazioni sulla sopravvivenza nello spazio di hardware e merci, campi nei quali gli acceleratori di particelle REX e TOP-IMPLART possono dare un apporto fondamentale.

La ricerca condotta con gli acceleratori di particelle REX e TOP-IMPLART in ambito spazio ed aerospazio è rivolta allo studio degli effetti della radiazione ionizzante sia sui sistemi biologici a breve termine per insorgenza di sindrome da radiazioni acute ed a lungo termine per

degenerazione dei tessuti ed insorgenza di tumori o leucemia, sia sui sistemi non biologici attivi e passivi, materiali e dispositivi, attraverso l'analisi della modifica delle loro proprietà.

Soluzioni innovative ed orientate al futuro in settori di punta

La ricerca d'avanguardia condotta con entrambe queste facilities nell'ambito spazio ed aerospazio è direttamente connessa con altri settori di punta e di primato in termini di ricerca, economia e proiezione internazionale: i test riguardano l'interesse verso l'incremento della conoscenza circa il com-

portamento dell'uomo e dell'hardware in ambienti ostili e pertanto sono di fondamentale rilievo nel campo dello sviluppo tecnologico. Ma non solo. La ricerca è rivolta anche ai settori della sicurezza e tutela della salute e delle scienze della vita attraverso lo studio della capacità di sopravvivenza di tessuti vivi, delle attività di rimedio cellulare, di predizione del deterioramento cellulare e della resistenza cellulare per lo studio delle parentele cellulari stesse. Tutto ciò è di notevole importanza sia in astronautica, sia in campo terrestre, nell'ambito della salute con particolare riferimento alle terapie oncologiche e degenerative e nel settore

degli interventi in emergenze radiologiche e nucleari e, dunque, nel comparto ambientale.

Di ulteriore e notevole interesse relativamente all'esposizione dei sistemi "in-vivo" sono poi le campagne di irraggiamento di sistemi biotici e lo studio della loro interconnessione, ovvero delle capacità dei microrganismi di colonizzare specifici ambienti e quindi di interesse per la geologia, nonché le campagne di interesse dell'area agro-spazio poi strettamente collegate allo sviluppo di tecnologie agrarie per la soluzione dei problemi di approvvigionamento di sostanze nutritive nello spazio per le missioni lunari ed interplanetarie di lunga durata, con il rilevante impatto nell'ambito del *Global Food Solving* sulla Terra. Gli sforzi e le soluzioni messe a punto in questi settori risultano inoltre

anche di fondamentale importanza nella **scienza dei materiali** dimostrando forti utilità e competitività se rivolti alla capacità di lavorazione delle materie prime Extra-Terrestri. Tutto ciò, per di più, attira ed istruisce persone giovani e di talento, incoraggiandole a partecipare alle attività che possono fornire soluzioni innovative ed orientate al futuro.

È per tali motivi, per le molteplici applicazioni e le grandi potenzialità di impiego degli acceleratori REX e TOP-IMPLART nel settore spazio ed aerospazio che essi sono stati inclusi nell'Asi Supported Irradiation Facilities. Questo programma dell' **Agenzia Spaziale Italiana** mira a stabilire un insieme coordinato e interattivo di sistemi di radiazione in tutto il paese, al servizio della comunità spaziale nazionale e internazionale, consentendo il

trasferimento di conoscenze dal campo della ricerca sulle particelle elementari e sui rivelatori di particelle alla comunità scientifica spaziale e all'industria, con innegabili ritorni competitivi sull'industria e sulla stessa ricerca spaziale. Le attività di ricerca finanziata da ASI riguardano i test per lo studio di:

- durabilità dei materiali: degradazione; erosione; modifica delle proprietà termiche, meccaniche, ottiche.
- strumentazione scientifica: rumore o riduzione delle prestazioni.
- elettronica: danno da spostamento; Indurimenti; effetto singolo evento; garanzia del prodotto spaziale; dose ionizzante totale.
- effetti delle radiazioni: effetti dannosi sui sistemi biologici; effetti a lungo termine (tumori, leucemia, degenerazione tissutale a lungo



Vista di una delle postazioni di controllo dell'acceleratore lineare TOP IMPLART. Il sistema di gestione e controllo è interamente realizzato in ENEA come il linac stesso

termine); effetti a breve termine da Solar Particle Event (sindrome da radiazione acuta).

Inoltre, le attività di REX e TOP-IMPLART, nonché le competenze scientifiche coinvolte, sono inclusi nel white-paper "Italian contribution to Moon exploration".

Le caratteristiche di REX e TOP-IMPLART

Presso il centro ricerche ENEA di Frascati, convivono due filoni principali di ricerca: quello legato alla sfida della produzione di energia dal processo di **fusione nucleare** nel quale vengono sviluppate tecnologie all'avanguardia per ogni aspetto del complesso sistema di un impianto di fusione termonucleare controllata, e quello relativo alle **tecnologie fisiche per la produzione e l'utilizzo delle radiazioni**. In quest'area di lavoro sono stati sviluppati gli acceleratori di particelle REX e TOP-IMPLART, di pertinenza del dipartimento Fusione e Sicurezza Nucleare e della divisione Tecnologie Fisiche per la Salute e la Sicurezza, presso il Laboratorio che sviluppa acceleratori di particelle per applicazioni mediche.

Qui vengono progettate e realizzate strutture e impianti per accelerare particelle cariche, principalmente al fine di

sviluppare impianti per trattamenti di terapia oncologica con radiazioni ionizzanti.

L'apparato REX è stato realizzato nell'ambito di un programma di ricerca industriale nel quale sono state realizzate le ormai commerciali macchine IntraOperativeRadioTherapy per trattamenti oncologici con fasci di elettroni accelerati all'energia dei megaVolt. Esso è stato aggiornato con un progetto finanziato dal governo locale della Regione Lazio per le applicazioni delle radiazioni ionizzanti alla scienza dei materiali ed alla conservazione del patrimonio e dei beni culturali.

REX è stato il dimostratore tecnologico di una sorgente di raggi-X prodotta dalla conversione di elettroni di media energia applicata al trattamento dei beni di interesse storico ed artistico, sia per il trattamento anti-bio-deterioramento, sia per lo studio specifico - in stretta collaborazione con le Università di Roma - delle proprietà dei materiali costituenti e degli effetti radioindotti su di essi. Questo impianto è anche attualmente richiesto per studi relativi ai campi della fusione nucleare volti alla caratterizzazione dei materiali utilizzati per la costruzione dei tokamak.

Fra i progetti più significativi attualmente in corso nel Laboratorio dedicato di Frascati vi è **TOP-IMPLART**,

per la realizzazione e lo sviluppo del primo prototipo di acceleratore lineare di protoni per terapia clinica, operante con microimpulsi di carica, a 3 GHz di frequenza di radiofrequenza. Il programma è finanziato interamente dalla Regione Lazio ed è condotto da ENEA in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità e l'IRCCS IFO con la partecipazione diretta dell'Istituto Tumori Regina Elena di Roma.

L'acceleratore TOP-IMPLART, interamente costruito ed ingegnerizzato da ENEA, è una macchina innovativa: tutte le caratteristiche fisiche del fascio di protoni (energia, intensità, direzione, ...) possono essere modificate in modo rapido e attivo, offrendo precisione e flessibilità nell'erogazione della dose di radiazione al bersaglio. Attualmente eroga fasci di protoni aventi l'energia adatta alla cura delle patologie cancerose più superficiali, quali il melanoma uveale ma, a breve, sarà adatto al trattamento di tumori di media e alta profondità.

Inoltre l'impianto TOP-IMPLART è impiegato per i test sugli effetti della radiazione, già descritti, e anche per diagnostica e studi di fisica delle superfici con i fasci di energia variabile.

Per info: monia.vadrucchi@enea.it