



Progetto TECHEA - Technologies for Health

WorkPackage WP2

Rapporto tecnico

DELIVERABLE 4

Concetta Ronsivalle, Alessandro Ampollini, Maria Denise Astorino, Giulia Bazzano, Fabio Fortini, Paolo Nenzi, Luigi Picardi, Vincenzo Surrenti, Emiliano Trinca

FSN-TECFIS-APAM, Frascati

Novembre 2022

INDICE

INTRODUZIONE	4
ATTIVITÀ SVOLTE NEL QUARTO ANNO	4
1. CARATTERISTICHE DEL PROTOTIPO TECHEA-WP2	5
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DOSIMETRICI DA IMPLEMENTARE SULLA MACCHINA.....	6
3. Messa in sicurezza dell'impianto.....	7
4. Movimentazione del sistema e posizionamento del paziente: specifiche tecniche	7
5. Conclusioni	8
BIBLIOGRAFIA	8

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Foto del prototipo TECHEA-WP2 nello stato attuale	5
Figura 2. Foto del linac seguito dal convertitore elettroni-X e dallo schermo di Piombo. Sono visibili i canali di raffreddamento a liquido (tubi verticali) e ad aria (tubi orizzontali) Nella foto di sinistra lo schermo di piombo è chiuso e nella foto di destra è aperto.	6
Figura 3. Disegno del prototipo finale con sistema di movimentazione e tavola-lettino.....	8

Introduzione

Obiettivo del workpackage TECHEA-WP2 è lo sviluppo di un sistema prototipale per radioterapia basato su acceleratore lineare compatto di elettroni da 3 MeV, con generazione di raggi X secondari, per un efficace irraggiamento dei tumori al seno. La geometria del generatore compatto di raggi X consente lo sviluppo di un sistema di irraggiamento laterale ottimizzato attraverso un lettino attrezzato ove la paziente prona possa esporre la sola mammella al fascio di radiazioni ionizzanti, limitando così gli eventuali danni collaterali ai tessuti circostanti.

Le attività consistono nella progettazione esecutiva dell'apparato, nella sua realizzazione e nella effettuazione dei test sperimentali della radiazione prodotta in zona radioprotetta (bunker B5 del laboratorio APAM a Frascati)..

L'operatività del prototipo TECHEA-WP2 era già stata dimostrata nel corso del terzo anno di attività come riportato nel relativo documento di deliverable [1] che contiene in dettaglio i risultati delle misure di caratterizzazione del fascio di elettroni accelerato e di produzione dei raggi X. Il quarto anno è stato dedicato al completamento del prototipo allo scopo di renderlo disponibile all'interno dell'ENEA per test di macchina, di preclinica, di radioprotezione e di praticità d'uso, così da dimostrarne le funzionalità e definire le reali possibilità applicative di un eventuale prodotto commerciale. In particolare sono state svolte le seguenti attività:

1. Individuazione delle caratteristiche dei sistemi dosimetrici piu' adeguati da installare sulla macchina per il setting e il controllo della dose erogata e loro acquisizione.
2. Implementazione nel bunker B5 di tutti i meccanismi necessari a garantire i requisiti di sicurezza previsti dalle pratiche autorizzative
3. Definizione delle specifiche tecniche per l'attivazione della gara di fornitura del sistema di rotazione della sorgente attorno al target e del dispositivo di posizionamento del paziente

Per i test di preclinica e di caratterizzazione della radioattività ambientale è stato attivato un contratto con il Laboratorio di Fisica dei sistemi esperti dell'Ospedale IFO-IRE (Istituti Fisioterapici Ospedalieri- Istituto Regina Elena).

Attività svolte nel quarto anno

1. Caratteristiche del prototipo TECHEA-WP2

Il prototipo TECHEA-WP2 si compone di

- 1- Sorgente di elettroni (cannone elettronico e acceleratore compatto a radiofrequenza in banda S da 3 MeV)
- 2- Generatore della potenza a radiofrequenza (magnetron da 2.5 MW di potenza di picco)
- 3- Alimentatore delle bobine del magnetron
- 4- Modulatore impiegato come driver per il magnetron
- 5- Sistema di raffreddamento
- 6- Guide d'onda, circolatore
- 7- Sistema di conversione elettroni-X
- 8- Collimatore
- 9- Schermatura locale in piombo

La foto del prototipo è riportata in figura 1.



Figura.1. Foto del prototipo TECHEA-WP2 nello stato attuale.

Durante il quarto anno è stato effettuato un intervento di riparazione sull'impulsatore del cannone elettronico (sostituzione di un interruttore IGBT risultato in corto con un componente equivalente disponibile sul mercato (modello XGH24N170)). A valle della riparazione sono state verificate le caratteristiche principali del fascio di elettroni accelerato a 3 MeV riportate in tabella 1.

TABELLA 1: Parametri caratteristici del fascio di elettroni misurati

Frequenza di ripetizione (Hz)	10-100
Tensione anodica sul cannone elettronico (kV)	10.5-14.2
Corrente iniettata (mA)	386-600
Durata dell'impulso (μ sec)	3.5
Corrente accelerata (mA)	100-135

2. Definizione delle caratteristiche dei sistemi dosimetrici da implementare sulla macchina

Sono state definite le caratteristiche del sistema di dosimetria da montare sulla macchina. Esso si compone di due strumenti di misurazione: una camera a trasmissione, per la misura dell'intensità e della stabilità del fascio di raggi X immediatamente dopo il convertitore(fig.2), ed una camera tipo Semiflex per misure "puntuali" per la mappatura di dose all'isocentro. Entrambi i dispositivi sono dotati di un elettrometro certificato per la rilettura del segnale controllabile remotamente per l'esportazione dei dati raccolti.

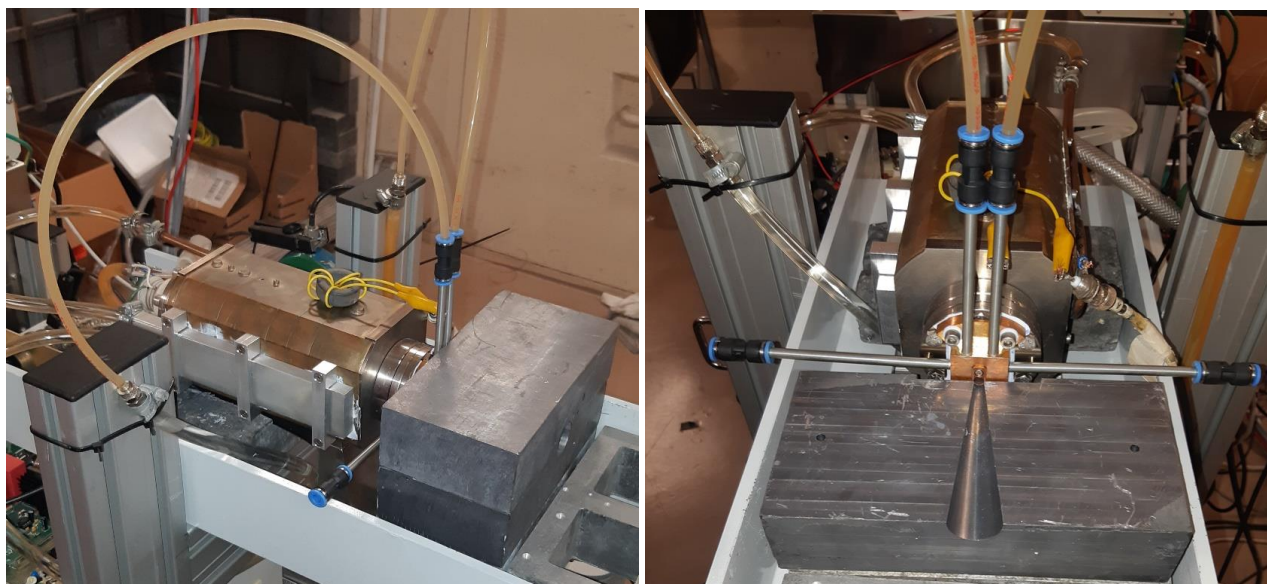


Figura 2. Foto del linac seguito dal convertitore elettroni-X e dallo schermo di Piombo. Sono visibili i canali di raffreddamento a liquido (tubi verticali) e ad aria (tubi orizzontali) Nella foto di sinistra lo schermo di piombo è chiuso e nella foto di destra è aperto.

Sono stati individuati due prodotti commerciali con le caratteristiche adeguate sia dal punto di vista dell'applicazione sia dal punto di vista degli ingombri: la prima da montare in uscita dal convertitore elettroni-X per il setting di un valore predefinito di dose è una camera monitor prodotta dalla PTW modello TM7862 che consiste in una camera a trasmissione impiegata per utilizzo con unità radianti per radioterapia. Il diametro esterno è 119,5 mm e il suo volume di misura è 2,4 x 96,5 mm di diametro.

La seconda dedicata al controllo della dose incidente sul target è una camera sempre prodotta dalla PTW miniaturizzata modello TM31010 Tipo Semiflex 0.125 cc.

3. Messa in sicurezza dell'impianto

Sono state effettuate tutte le attività necessarie volte a ripristinare nel bunker B5 i requisiti di sicurezza previsti dalle pratiche autorizzative; in particolare le attività hanno riguardato il controllo di funzionamento e l'eventuale riparazione o implementazione di tutti i meccanismi di intervento automatico riguardanti il bunker e l'impianto stesso. Sono stati ripristinati i dispositivi di accesso al bunker ed ai locali sottostanti e sovrastanti mediante l'utilizzo di meccanismo a "chiave prigioniera", nonché si è accertato il corretto funzionamento delle fotocellule di sicurezza e dei pulsanti a tempo presenti nei diversi locali. Sono stati altresì implementati dei consensi remoti assoggettati alle sicurezze in modo tale da garantire il corretto funzionamento. Infine è stato sostituito il computer principale al fine di garantire un hardware adeguato al funzionamento del sistema di controllo.

Si è proceduto poi con la reingegnerizzazione dei cavi necessari alle diagnostiche di macchina definendo nuovi percorsi e implementando l'hardware definitivo per il controllo e funzionamento dell'acceleratore. Inoltre è stato implementato il sistema di termoregolazione fissandolo sulla struttura principale, rendendolo così solidale con l'impianto. Infine è stata resa disponibile la possibilità di utilizzare le diverse linee gas presenti nell'edificio (Esafluoruro di Zolfo o Azoto) per pressurizzare la guida d'onda necessaria al funzionamento dell'acceleratore.

4. Movimentazione del sistema e posizionamento del paziente: specifiche tecniche

L'innovazione del prototipo TECHEA-WP2 sta nel fatto che la sorgente di radiazione X costituita, come si è detto in precedenza, da un acceleratore lineare compatto di elettroni di energia 3 MeV (provvisto di un convertitore beta-gamma) è montata su una struttura girevole isocentricamente attorno all'asse della mammella e quindi capace di irradiare da quasi 360° il target tumorale. Attualmente la sorgente di radiazione (acceleratore e convertitore X) è stata realizzata e caratterizzata in condizioni statiche e in assenza del lettino per la paziente. Allo scopo di dimostrare tutte le caratteristiche peculiari e funzionali del sistema è indispensabile completare il prototipo fornendolo di un sistema di rotazione della sorgente attorno al target e di un dispositivo di posizionamento del paziente atto a garantire l'irraggiamento della mammella tramite la sorgente di raggi X rotante. Lo scopo del prototipo ENEA è puramente dimostrativo (e non clinico) e si intende perciò simulare il lettino tramite una struttura semplice e schematica, ma corredata di un sistema di rotazione atto all'uso.

Il sistema è stato progettato (fig.3) e ne sono state definite le relative specifiche tecniche.

Esso è composto da una tavola in alluminio larga 40 cm sporgente dal suo supporto (base) di 130 cm. La base è un rettangolo ove è presente un sistema (anche manuale) di innalzamento e abbassamento della

tavola stessa. La tavola è provvista di un sistema di rotazione composto da un perno rotante a motore con capacità di supporto di pesi dell'ordine dei 600 kg. La velocità di rotazione deve essere dell'ordine di 5-10 gradi al secondo. Il sistema è controllabile elettronicamente. La precisione di posizionamento è migliore di 0.1 mm. Il supporto è dotato di piastra che consente l'aggancio al tavolo o all'acceleratore.

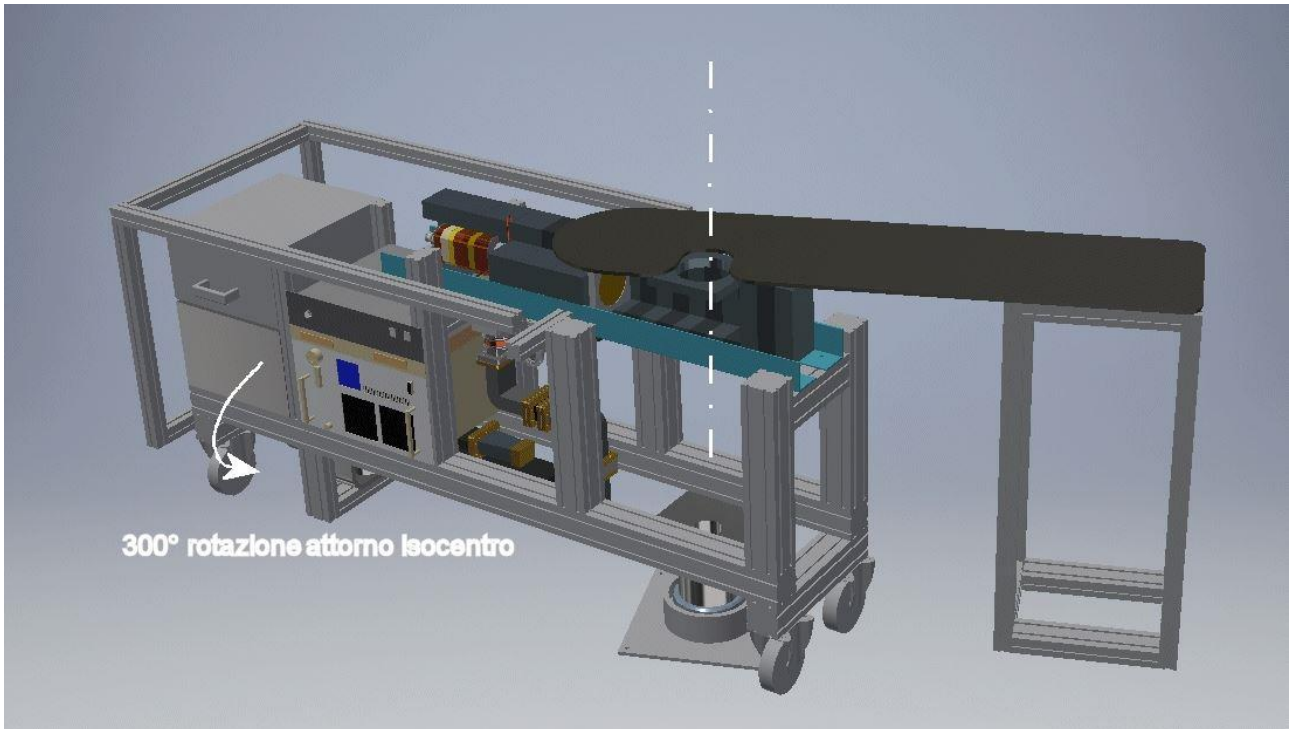


Figura 3. Disegno del prototipo finale con sistema di movimentazione e tavola-lettino.

5. Conclusioni

Il sistema TECHEA-WP2 è stato completato nelle sue parti principali e i primi test sperimentali con sorgente in posizione fissa ne hanno confermato la coerenza con le caratteristiche previste da progetto.

Le attività svolte nel quarto anno sono state indirizzate alla implementazione di tutte quelle funzionalità che possano renderlo un oggetto adeguato ad un successivo sviluppo di un prodotto adatto alla pratica clinica. Per questo motivo sarà di estrema importanza lo svolgimento delle attività relative al contratto affidato da ENEA a IFO-IRE dedicato alla caratterizzazione dosimetrica. Le attività sono per ora in stand-by in attesa dell'approvazione da parte degli organi competenti del nulla osta all'esercizio dell'impianto richiesto da ENEA in base alla nuova normativa di radioprotezione D.Lgs 101/2020.

BIBLIOGRAFIA

[1] Ronsivalle et al. "Rapporto tecnico relativo alle misure sperimentali di caratterizzazione del sistema. DELIVERABLE 3"