

UOC Radioterapia ASL BT

Sede: Presidio Ospedaliero "Dimiccoli"
viale Ippocrate 15 – BARLETTA

Attività di radioterapia oncologica svolta mediante l'utilizzo di due acceleratori lineari VARIAN installati in bunker dedicati al piano -1 del Presidio Ospedaliero "Dimiccoli" – viale Ippocrate 15 - BARLETTA

RELAZIONE TECNICA DI RADIOPROTEZIONE

contenente le valutazioni e le indicazioni di radioprotezione
di cui all'articolo 109 del D.Lgs. 101/2020

Documento di cui all'art. 28 del D.Lgs. 81/2008 per gli aspetti relativi
ai rischi di esposizione alle radiazioni ionizzanti

Esperto di Radioprotezione III grado n. 336

Dr. Giovanni Simeone

Barletta, 9 agosto 2022

Premessa

La presente relazione tecnica contiene le valutazioni e le indicazioni di radioprotezione inerenti le attività con sorgenti di radiazioni ionizzanti e funge da documento preliminare secondo quanto previsto dall'articolo 109 del D. Lgs. n. 101/2020.

Essa costituisce altresì il documento previsto dall'articolo 28 del D. Lgs. 81/2008 per i soli aspetti relativi ai rischi di esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Descrizione dell'attività di Radioterapia Oncologica comportante la esposizione alle radiazioni ionizzanti

La UOC di Radioterapia della ASL BT svolge l'attività di Radioterapia Oncologica presso il piano -1 del Presidio Ospedaliero "Dimiccoli" – viale ippocrate 15 – Barletta .

A tale scopo sono presenti, nel piano interrato della suddetta sede, due bunker esclusivamente dedicati all'attività di radioterapia e denominati bunker A e bunker B.

Vengono utilizzati due acceleratori lineari Varian modello Clinac DHX 2100; solo l'apparecchio installato nel bunker B è dotato anche del sistema OBI (On Board Imager) dotato di tubo Rx per eseguire immagini di controllo sul posizionamento del paziente.

I numeri di serie Varian degli acceleratori con le energie dei fasci radianti ed altre caratteristiche sono riportati nella seguente tabella:

	Bunker A	Bunker B
Numero di serie Clinac	3491	3443
Energie Fotoni	6 – 15 MV	6 – 15 MV
Energie Elettroni	6 – 9 – 12 – 15 - 18 MeV	6 – 9 – 12 – 15 – 18 MeV
Corrente massima (fotoni 6 MV)	120 mA	120 mA
Potenza (fotoni 6 MV)	1300 W	1300 W
Potenza (fotoni 18 MV)	750 W	750 W
Tensione di picco sistema OBI	150 kV	
Corrente massima sistema OBI	200 mA	

Le potenze dei fasci di elettroni sono minori, di un ordine di grandezza, rispetto a quelle dei fasci di fotoni.

Le macchine radiogene che sono impiegate sono apparecchiature per radioterapia a fasci esterni con fotoni ed elettroni, costituite da acceleratori lineari di elettroni dotati dei sistemi più moderni per la conformazione del fascio al fine di operare con tecniche 3D-CRT e IMRT.

Inoltre, hanno sistemi di verifica e guida del trattamento (tecniche IGRT).

I sistemi radiologici IGRT presenti sono: OBI (kV-imaging), con tubo rotante montato direttamente sul tamburo del gantry nel Bunker B e EPID (MV-imaging) che sfrutta la sorgente stessa dell'acceleratore per ottenere immagini nel Bunker A.

La pratica consiste nell'impiego terapeutico dei due acceleratori lineari in esame per trattamenti antitumorali di radioterapia con campi multipli di fotoni in modalità operativa 6 MV o 15 MV per la maggior parte dei PTV tumorali (posizionati nelle varie regioni del corpo: cranio, H&N, mammella, torace, addome, pelvi,...) e campi di elettroni per alcuni trattamenti più superficiali (*boost* mammella, parete toracica, lesioni superficiali).

I trattamenti sono effettuati all'interno di bunker protetti, in modo da ridurre le dosi agli operatori e alla popolazione come previsto dalla normativa vigente. All'interno dei locali, durante i trattamenti, non è consentita la presenza di nessuna persona al di fuori del paziente.

Le operazioni di irradiazione sono seguite dalla zona comandi mediante sistema televisivo a circuito chiuso. Anche durante l'impiego dei sistemi radiologici per la verifica e la guida del trattamento non è consentita la presenza di operatori in sala.

Caratteristiche degli acceleratori lineari utilizzati

L'acceleratore VARIAN modello CLINAC 2100 DHX eroga fasci di fotoni a 6 e 15 MV e fasci di elettroni a 6, 9, 12, 15, 18 MeV, impiegando come sorgente a radiofrequenza un Klystron da 5.5 MW che opera da amplificatore lineare ed è pilotato da un oscillatore a microonde allo stato solido.

Il cannoncino elettronico è un triodo dotato di griglia di controllo del fascio interposto tra anodo e catodo che consente di variare il dose rate con elevata precisione e di accendere e spegnere il fascio in tempi estremamente brevi.

La guida acceleratrice è del tipo ad onda stazionaria con cavità accoppiate ed è progettata per ottenere uno spettro di energia molto stretto ed assicurare elevati valori di dose rate.

La guida è dotata di un solenoide magnetico che focalizza il fascio di elettroni riducendo la perdita di energia RF a meno dell'1%.

Il fascio di elettroni viene deviato a 270° da un sistema magnetico acromatico con una finestra fissata a $\pm 3^\circ$ per garantire l'uscita di fasci di alta qualità estremamente stabili.

Il magnete è inoltre dotato di un sistema di correzione automatica del fascio in tutti i modi di trattamento e con il gantry in qualunque posizione. Tale sistema lavora accoppiato al sistema dosimetrico a camere di ionizzazione e consente di mantenere la simmetria del fascio (si veda nel seguito la definizione) entro il 2% in qualunque condizione di lavoro.

Caratteristiche meccaniche

Gantry:	rotazione:	$\pm 185^\circ$	(velocità: 1 min/360°)
	distanza fuoco asse:	100 cm	(accuratezza: $\leq 1\text{mm}$)
	indicatori di posizione digitali		(accuratezza $\pm 0.5^\circ$ - risoluzione $\pm 0.1^\circ$)
	indicatori di posizione meccanici		(accuratezza $\pm 1.0^\circ$ - risoluzione $\pm 1.0^\circ$)
	telemetro ottico	70 – 156 cm	(accuratezza $\pm 1\text{ mm}$ - risoluzione $\pm 5\text{ mm}$)
	telemetro digitale	70 – 110 cm	(accuratezza $\pm 1\text{ mm}$ - risoluzione $\pm 2\text{ mm}$)
	altezza isocentro	129.5 cm	(accuratezza posizione isocentro $\leq 1\text{mm}$)
Testata:	rotazione:	$\pm 165^\circ$	
	indicatori di posizione digitali		(accuratezza $\pm 0.5^\circ$ - risoluzione $\pm 0.1^\circ$)
	indicatori di posizione meccanici		(accuratezza $\pm 1.0^\circ$ - risoluzione $\pm 1.0^\circ$)
Collimatori:	dimensioni campo		variabili da $0.5 \times 0.5\text{ cm}^2$ a $40 \times 40\text{ cm}^2$
	indicatori di posizione digitali		(accuratezza $\pm 2\text{ mm}$ - risoluzione $\pm 1\text{ mm}$)
	coincidenza con campo luminoso		$\leq 2\text{ mm}$ per qualunque campo
	radiazione trasmessa		$\leq 0.5\%$ del fascio

Caratteristiche fasci di fotoni

Le macchine in esame erogano fasci di raggi X con tensioni: 6 - 15 MV

Il dose rate, per entrambe le energie, è variabile da 100 a 600 UM/minuto.

L'omogeneità del fascio, per entrambe le energie, è $\pm 3\%$. Essa è definita come la massima variazione di dose entro l'80 % della regione FWHM del fascio a distanza TSD = 100 cm ed a profondità in acqua di 10 cm. I valori di omogeneità si riferiscono ai due assi perpendicolari all'asse di propagazione del fascio per tutti campi quadrati da 10×10 a 40×40 .

La simmetria del fascio, per entrambe le energie, è $\pm 2\%$. Essa è definita come la massima differenza di dose tra due punti equidistanti e simmetrici rispetto all'asse centrale del fascio, entro l'80 % della regione FWHM del fascio a distanza TSD = 100 cm ed a profondità in acqua di 10 cm. I valori di simmetria si riferiscono ai due assi perpendicolari alla propagazione del fascio per tutti campi quadrati da 10×10 a 40×40 .

La penombra del fascio, per entrambe le energie, è $\leq 9\text{ mm}$ ed è definita come la distanza tra i punti, nelle curve isodose, 80% e 20%, a distanza TSD = 100 cm ed a profondità in acqua di 10 cm.

La dose assorbita (Gy) in qualunque punto del piano paziente esternamente al fascio utile è $\leq 1\%$ della dose assorbita all'isocentro.

La dose neutronica equivalente (Sv) in qualunque punto del piano paziente esternamente al fascio utile è ≤ 0.2 % della dose assorbita all'isocentro.

La dose assorbita in tutte le altre direzioni ad 1m dal percorso degli elettroni tra cannoncino elettronico e target è ≤ 0.1 % della dose assorbita all'isocentro.

Caratteristiche fasci di elettroni

Le macchine in esame erogano fasci di elettroni con energie: 6, 9, 12, 15, 18 MeV

Il dose rate, per tutte le energie, è variabile da 100 a 1000 UM/minuto.

L'omogeneità del fascio, per tutte le energie, è ± 3 %.

Essa è definita come la massima variazione della ionizzazione elettronica entro l'80 % della regione FWHM del fascio a distanza SSD = 100 cm ed a profondità in acqua pari al dmax. I valori di omogeneità si riferiscono ai due assi perpendicolari all'asse di propagazione del fascio con applicatori da 10x10 a 25x25.

La simmetria del fascio, per tutte le energie, è ± 2 %.

Essa è definita come la massima differenza di ionizzazione elettronica tra due punti equidistanti e simmetrici rispetto all'asse centrale del fascio, entro l'80 % della regione FWHM del fascio a distanza SSD = 100 cm ed a profondità in acqua pari a dmax. I valori di simmetria si riferiscono ai due assi perpendicolari alla propagazione del fascio con applicatori da 10x10 a 25x25.

La contaminazione X del fascio di elettroni, è ≤ 2 % per le energie ≤ 10 MeV ed è ≤ 5 % per le energie > 10 MeV.

Essa è definita in acqua a distanza TSD = 100 cm ed a profondità di 10 cm oltre la curva isodose del 10 % con applicatore 15x15.

Sistema dosimetrico

Le macchine in esame sono dotate di un sistema dosimetrico a doppia camera di ionizzazione a due canali indipendenti. Le due camere sono chiuse e sigillate (e quindi non sono influenzate da variazioni di pressione, temperatura ed umidità).

Riproducibilità rispetto all'energia:	$\pm 1\%$ o ± 1 UM a dose rate fisso, ad ogni energia
Intervallo di misura:	fino a 9999 UM per fotoni; fino a 4000 UM per elettroni
Riproducibilità rispetto al gantry:	$\pm 2\%$ o ± 1 UM per qualunque angolo tra 0° e 360°
Riproducibilità rispetto al dose rate:	$\pm 2\%$ o ± 1 UM tra il dose rate minimo ed il massimo
Interruzione automatica dei fasci:	si veda il paragrafo seguente

Sistemi di sicurezza

Le macchine in esame sono dotate di dispositivi di sicurezza che effettuano automaticamente un ciclo di controllo di tutti i circuiti e del sistema di dosimetria prima di ogni trattamento.

Il fascio radiante viene interrotto qualora si verifichi anche uno solo dei seguenti eventi:

- raggiungimento UM canale 1 del sistema dosimetrico
- raggiungimento UM canale 2 del sistema dosimetrico
- raggiungimento tempo irraggiamento programmato
- simmetria, o radiale o trasversale, $> 2\%$
- eccesso del dose rate
- eccesso di dose per impulso
- eccesso di dose per grado
- perdita tensione di polarizzazione delle camere a ionizzazione
- errato posizionamento dei fogli di diffusione o dei filtri omogeneizzatori
- errata selezione degli accessori
- errato movimento del gantry o del lettino
- apertura della porta del bunker

Il sistema di sicurezza controlla inoltre tutti i dispositivi elettronici e meccanici dei seguenti componenti dell'acceleratore: circuiti ad alta e bassa tensione, vuoto guida d'onda, circuiti acqua, circuiti gas, klystron, sistema RF, magneti di deflessione, sistema dosimetrico.

Modalità di utilizzo degli acceleratori lineari e carichi di lavoro

Bunker A

Il carico di lavoro giornaliero è di circa 48 pazienti, di cui circa il 90% con fasci di fotoni e il restante 10% con fasci di elettroni. I pazienti trattati con fotoni sono sottoposti a più campi radianti a varie direzioni. I trattamenti con elettroni sono a campo singolo.

In base all'esperienza acquisita durante il lavoro di routine, si può stimare che il carico di lavoro sia distribuito uniformemente nelle varie direzioni del gantry.

Si suppone, in via cautelativa, che il circa 60% del carico di lavoro con fotoni sia con fasci da 6 MV e l'altro 40% con fasci da 15 MV.

Inoltre, viste le percentuali di distribuzione del numero di campi di fotoni per paziente, si può distribuire il carico di lavoro nelle 4 direzioni principali nel modo seguente :

- *fascio verticale verso soffitto (gantry 180°):* 25%
- *fascio verticale verso pavimento (gantry 0°):* 25%
- *fascio orizzontale verso sala consolle (gantry 90°):* 25%
- *fascio orizzontale verso strada esterna (gantry 270°):* 25%

Considerando in una settimana l'esecuzione di circa 240 trattamenti e che per ogni paziente viene erogata in media una dose pari a 250 cGy all'isocentro per trattamento, il carico di lavoro settimanale del bunker A risulta pari a circa 600 Gy m²/sett., suddiviso al 10% come sorgente di elettroni (60 Gy m²/sett.) ed al 90% come sorgente di fotoni (540 Gy m²/sett., di cui circa 325 con fasci da 6 MV e circa 215 con fasci da 15 MV).

Nel bunker A non vengono eseguiti trattamenti con metodiche ad intensità modulata (IMRT, VMAT).

Bunker B

Il carico di lavoro giornaliero è di 48 pazienti, di cui circa il 95% con fasci di fotoni e il restante 5% con fasci di elettroni. I pazienti trattati con fotoni sono sottoposti a più campi radianti a varie direzioni. I trattamenti con elettroni sono a campo singolo.

In base all'esperienza acquisita durante il lavoro di routine, si può stimare che il carico di lavoro sia distribuito uniformemente nelle varie direzioni del gantry.

Si suppone, in via cautelativa, che il 60% del carico di lavoro con fotoni sia con fasci da 6 MV e l'altro 40% con fasci da 15 MV.

Inoltre, viste le percentuali di distribuzione del numero di campi di fotoni per paziente, si può distribuire il carico di lavoro nelle 4 direzioni principali nel modo seguente :

- *fascio verticale verso soffitto (gantry 180°):* 25%
- *fascio verticale verso pavimento (gantry 0°):* 25%
- *fascio orizzontale verso sala consolle (gantry 270°):* 25%
- *fascio orizzontale verso strada esterna (gantry 90°):* 25%

Considerando in una settimana l'esecuzione di circa 240 trattamenti e che per ogni paziente viene erogata in media una dose pari a 300 cGy all'isocentro per trattamento, il carico di lavoro settimanale del bunker B risulta pari a circa 720 Gy m²/sett. suddiviso al 5% come sorgente di elettroni (36 Gy m²/sett.) ed al 90% come sorgente di fotoni (684 Gy m²/sett., di cui circa 410 con fasci da 6 MV e circa 274 con fasci da 15 MV).

Inoltre, supponendo che, per il bunker in esame, il 50% dei trattamenti venga eseguito con metodiche ad intensità modulata (IMRT, VMAT) ed un rapporto IMRT pari a 3, occorre considerare un fattore IMRT pari a 2 per cui moltiplicare il carico di lavoro.

Sistemi di sicurezza e verifica del loro funzionamento

Sono perfettamente funzionanti per ogni singolo bunker:

- l'impianto fonico per comunicazioni verbali tra il vano comandi e il bunker;
- le telecamere per sorveglianza visiva nel bunker collegate al vano comandi;
- i 7 pulsanti rossi d'emergenza all'interno del bunker per interrompere l'alimentazione elettrica agli acceleratori (1 posto sulla parete di fronte all'acceleratore, 2 posti su entrambi i lati del lettino porta-paziente accanto ai tasti di comando del movimento del medesimo, 2 posti ai lati del gantry dell'acceleratore, 2 posti sul mobile metallico accanto al gantry dell'acceleratore);
- i 2 pulsanti per aprire la porta del bunker, immediatamente all'interno del labirinto e all'esterno del bunker accanto alla porta di ingresso;
- il pulsante d'emergenza per interrompere il trattamento dal posto di comando;
- il sistema di interlock alla porta del bunker tale da non consentire l'irradiazione a porta aperta;
- la segnalazione luminosa di erogazione radiazioni posta sulla porta del bunker;
- la segnalazione gialla intermittente indicante il movimento della porta;
- il sistema di aerazione della sala di trattamento.

Descrizione dei locali dedicati all'attività in esame

L'attività in esame è realizzata dall'Unità Operativa di Radioterapia della ASL BT; i locali da utilizzare sono situati al piano interrato del P.O. "Dimiccoli" di Barletta (vedi planimetria allegata).

Al di sotto di tali locali è terrapieno, al di sopra di essi vi è lastrico solare, normalmente non frequentato.

L'interno di entrambi i bunker (sia la sala di terapia che il labirinto di ingresso) è considerata zona controllata (vedi anche il seguito).

Le zone circostanti le due sale di trattamento (bunker A e bunker B), ed i rispettivi limiti di radioprotezione, sono riportate nel seguito (sempre con riferimento alla planimetria allegata).

Nota bene: nel seguito vengono considerati i limiti di dose efficace per anno solare per i lavoratori e per il pubblico nonché per le zone, come riportati negli articoli 133 e 146 del D.Lgs. n. 101/2020.

Per l'attività radiologica in esame, ovvero la radioterapia oncologica con fasci esterni, il limite di dose efficace è l'unico a cui fare riferimento, non sussistendo il rischio di esposizione (sia per i lavoratori che per il pubblico) da contaminazione interna o di esposizione di tipo parziale (cristallino, cute, estremità, ...).

Limiti di dose efficace annua per lavoratori e popolazione

lavoratori classificati non esposti.	1 mSv
lavoratori classificati esposti di categoria B	6 mSv
lavoratori classificati esposti di categoria A	20 mSv

1 mSv per individui della popolazione

Classificazione delle aree di lavoro sulla base dei limiti di dose efficace annua

Non sussiste il rischio di superamento di 1 mSv	zona libera
Non sussiste il rischio di superamento di 6 mSv	zona sorvegliata
Sussiste il rischio di superamento di 1 mSv	zona controllata

Per ogni tipo di zona (libera, sorvegliata, controllata) il calcolo delle barriere viene eseguito ponendosi come vincoli di dose per l'esposizione professionale e del pubblico, il 75% dei suddetti limiti.

I rispettivi vincoli di dose settimanali sono calcolati dai vincoli di dose annuali, sulla base di 50 settimane lavorative in un anno.

Le zone circostanti le due sale di trattamento (bunker A e bunker B), sono le seguenti (sempre con riferimento alle planimetrie):

ZONE LIMITROFE BUNKER A

Dietro parete A: area esterna corrispondente al livello di campagna

Zona libera con fattore di occupazione $T=1/10$ e fattore di uso $U=1/4$

Tale zona si divide in una zona centrale A1 (interessata dal fascio primario) e due zone laterali A2 (non interessate dal fascio primario).

Dietro parete B: area esterna corrispondente ad una intercapedine del presidio a livello -1

Zona libera con fattore di occupazione $T=1/10$

Tale parete non è interessata dal fascio primario.

Dietro parete C: area interna corrispondente alla sala comandi dell'acceleratore

Zona libera con fattore di occupazione $T=1$ e fattore di uso $U=1/4$

Tale zona si divide in una zona centrale C1 (interessata dal fascio primario) e due zone laterali C2 (non interessate dal fascio primario).

Dietro parete E: area corrispondente al labirinto del bunker B (interno al bunker B adiacente).

Zona sorvegliata (solo quando il bunker B è fermo) con fattore di occupazione $T=1/4$

Tale parete non è interessata dal fascio primario.

Sotto pavimento: terrapieno.

Sopra soffitto : area esterna corrispondente alla copertura del bunker

Zona libera con fattore di occupazione $T=1/10$ e fattore di uso $U=1/4$

Tale zona si divide in una zona centrale S1 (interessata dal fascio primario) e due zone laterali S2 (non interessate dal fascio primario).

ZONE LIMITROFE BUNKER B

Dietro parete A: area esterna corrispondente al livello di campagna

Zona libera con fattore di occupazione $T=1/10$ e fattore di uso $U=1/4$

Tale zona si divide in una zona centrale A1 (interessata dal fascio primario) e due zone laterali A2 (non interessate dal fascio primario).

Dietro parete B: area esterna corrispondente alla rampa carrabile di accesso al livello -1

Zona libera con fattore di occupazione $T=1/10$

Tale parete non è interessata dal fascio primario.

Dietro parete C: area interna corrispondente alla sala comandi dell'acceleratore

Zona libera con fattore di occupazione $T=1$ e fattore di uso $U=1/4$

Tale zona si divide in una zona centrale C1 (interessata dal fascio primario) e due zone laterali C2 (non interessate dal fascio primario).

Dietro parete E: area corrispondente al labirinto del bunker A (interno al bunker A adiacente).

Zona sorvegliata (solo quando il bunker A è fermo) con fattore di occupazione $T=1/4$.

Tale parete non è interessata dal fascio primario.

Sotto pavimento: terrapieno.

Sopra soffitto : area esterna corrispondente alla copertura del bunker

Zona libera con fattore di occupazione $T=1/10$ e fattore di uso $U=1/4$

Tale zona si divide in una zona centrale S1 (interessata dal fascio primario) e due zone laterali S2 (non interessate dal fascio primario).

Calcolo attenuazioni barriere presenti e confronto con i vincoli di dose

Per il calcolo delle attenuazioni delle barriere esistenti intorno ai bunker sono state fatte le seguenti ipotesi, tutte largamente cautelative:

1. Carico di lavoro all'isocentro con fasci di fotoni, previsto pari a $W = 750 \text{ Gy m}^2/\text{sett.}$ per il bunker B e pari a $W = 900 \text{ Gy m}^2/\text{sett.}$ per il bunker B (carico di lavoro superiore di circa il 25% per entrambi i bunker rispetto a quello attuale, già valutato con l'implementazione del doppio turno giornaliero, per 5 giorni a settimana);
2. Per entrambi i bunker si ipotizza il 40% del carico di lavoro con fasci di fotoni da 15 MV ed il restante 60% con fasci di fotoni da 6 MV.
3. Per entrambi i bunker si considera trascurabile il contributo al carico espositivo all'esterno del bunker dovuto ai trattamenti eseguiti con fasci di elettroni.
4. I fattori d'uso delle pareti laterali, del pavimento e del soffitto dei bunker sono così definiti: soffitto 0.25; pavimento 0.25; pareti laterali (ciascuna) 0.25.
5. Vincolo di dose per la zona libera: 0.015 mSv/settimana (corrispondente a 0.75 mSv/anno), pari al 75% del limite previsto dal D. Lgs. 101/2020 per la popolazione
6. Vincolo di dose per la zona sorvegliata: 0.090 mSv/settimana (corrispondente a 4.5 mSv/anno), pari al 75% del limite previsto dal D. Lgs. 101/2020 per i lavoratori esposti di categoria B
7. Vincolo di dose per la zona controllata: 0.30 mSv/settimana (corrispondente a 15.0 mSv/anno), pari al 75% del limite previsto dal D. Lgs. 101/2020 per i lavoratori esposti di categoria A

I parametri utilizzati per il calcolo delle barriere (radiazione primaria) sono i seguenti:

Energia fascio primario fotoni	TVL1 calcestruzzo	TVLe calcestruzzo	TVL1 calcestruzzo baritato	TVLe calcestruzzo baritato	TVL1 piombo	TVLe piombo
6 MV	370 mm	330 mm	240 mm	220 mm	57 mm	57 mm
15 MV	440 mm	410 mm	280 mm	260 mm	57 mm	57 mm

Si suppone pari a 0.6 % l'intensità totale della radiazione secondaria, così composta :

- 0.1 % l'intensità della radiazione di fuga
- 0.5 % l'intensità della radiazione scatterata.

I parametri utilizzati per il calcolo delle barriere (radiazione secondaria) sono i seguenti:

Energia fascio primario fotoni	TVL1 calcestruzzo	TVLe calcestruzzo	TVL1 calcestruzzo baritato	TVLe calcestruzzo baritato	TVL1 piombo	TVLe piombo
6 MV	340 mm	290 mm			57 mm	57 mm
15 MV	360 mm	330 mm	220 mm	210 mm	57 mm	57 mm

Nel seguito sarà utilizzata la seguente simbologia:

U = fattore d'uso

d = distanza isocentro – punto di riferimento

Ds = valore di dose/sett. al punto di riferimento

T = fattore d'occupazione

Da = vincolo di dose/sett. al punto di riferimento

Sp = spessore della barriera

Pavimento (entrambi i bunker)

I bunker sono posti al piano interrato della struttura e al di sotto del pavimento degli stessi vi è terrapieno. Non esistendo possibilità di accesso alla zona sottostante il bunker (o i locali limitrofi) non è stata realizzata alcuna protezione per il pavimento di entrambi i bunker.

Soffitto (bunker A)

Per la zona del soffitto interessata dal fascio primario (in planimetria zona S1):

$$U = 0.25 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

E' presente nella zona centrale del soffitto una parete di $Sp = 225$ cm di calcestruzzo ordinario.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.010 \text{ mSv/sett.}$$

Per la zona di soffitto non interessata dal fascio primario (in planimetria zona S2):

$$U = 0 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

E' presente nelle zone laterali del soffitto una parete di $Sp = 150$ cm di calcestruzzo ordinario.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.006 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore di almeno un ordine di grandezza al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

Il soffitto del bunker A soddisfa quindi ampiamente le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Soffitto (bunker B)

Per la zona del soffitto interessata dal fascio primario (in planimetria zona S1):

$$U = 0.25 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

E' presente nella zona centrale del soffitto una parete di $Sp = 225$ cm di calcestruzzo ordinario.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.023 \text{ mSv/sett.}$$

Per la zona di soffitto non interessata dal fascio primario (in planimetria zona S2):

$$U = 0 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

E' presente nelle zone laterali del soffitto una parete di $Sp = 150$ cm di calcestruzzo ordinario.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.017 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore di almeno un fattore 5 al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

Il soffitto del bunker B soddisfa quindi ampiamente le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete A (bunker A)

Per la zona della parete interessata dal fascio primario (in planimetria zona A1):

$$U = 0.25 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete composta da 100 cm di calcestruzzo ordinario più 85 cm di calcestruzzo baritico (corrispondenti a circa $Sp = 225$ di calcestruzzo ordinario totali)

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.010 \text{ mSv/sett.}$$

Per la zona della parete non interessata dal fascio primario (in planimetria zona A2):

$$U = 0 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di $Sp = 185$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.002 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore di almeno un ordine di grandezza al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete A del bunker A soddisfa quindi ampiamente le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete A (bunker B)

Per la zona della parete interessata dal fascio primario (in planimetria zona A1):

$$U = 0.25 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete composta da 100 cm di calcestruzzo ordinario più 85 cm di calcestruzzo baritico (corrispondenti a circa $Sp = 225$ di calcestruzzo ordinario totali)

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.023 \text{ mSv/sett.}$$

Per la zona della parete non interessata dal fascio primario (in planimetria zona A2):

$$U = 0 \quad T = 0.1 \quad d = 5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di $Sp = 185$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.004 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore di almeno un fattore 5 al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete A del bunker B soddisfa quindi ampiamente le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete B (bunker A)

La parete non è interessata dal fascio primario:

$$U = 0 \quad T = 0.1 \quad d = 5.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di $Sp = 115$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.058 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete B del bunker A soddisfa quindi le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete B (bunker A)

La parete non è interessata dal fascio primario:

$$U = 0 \quad T = 0.1 \quad d = 5.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di $Sp = 115$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.15 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.140 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete B del bunker B soddisfa quindi le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete C (bunker A)

Per la zona della parete interessata dal fascio primario (in planimetria zona C1):

$$U = 0.25 \quad T = 1 \quad d = 5.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete composta da 70 cm di calcestruzzo ordinario più 130 cm di calcestruzzo baritico (corrispondenti a circa $Sp = 265$ di calcestruzzo ordinario totali)

$$Da = 0.015 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.001 \text{ mSv/sett.}$$

Per la zona della parete non interessata dal fascio primario (in planimetria zona C2):

$$U = 0 \quad T = 1 \quad d = 5.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di $Sp = 175$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.015 \text{ mSv/sett.} \quad Ds = 0.002 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore di almeno un fattore 5 al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete C del bunker A soddisfa quindi ampiamente le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete C (bunker B)

Per la zona della parete interessata dal fascio primario (in planimetria zona C1):

$$U = 0.25 \qquad T = 1 \qquad d = 5.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete composta da 70 cm di calcestruzzo ordinario più 130 cm di calcestruzzo baritico (corrispondenti a circa $Sp = 265$ di calcestruzzo ordinario totali)

$$Da = 0.015 \text{ mSv/sett.} \qquad Ds = 0.002 \text{ mSv/sett.}$$

Per la zona della parete non interessata dal fascio primario (in planimetria zona C2):

$$U = 0 \qquad T = 1 \qquad d = 5.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di $Sp = 175$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.015 \text{ mSv/sett.} \qquad Ds = 0.005 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore di almeno un fattore 3 al valore limite fissato per la zona libera nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete C del bunker B soddisfa quindi ampiamente le condizioni per essere classificata come zona libera. Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete E (bunker A)

La zona dietro la parete E non è interessata dal fascio primario:

$$U = 0 \qquad T = 0.25 \qquad d = 7.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di spessore pari a $Sp = 110$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.36 \text{ mSv/sett.} \qquad Ds = 0.046 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore al valore limite fissato per la zona sorvegliata nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete E del bunker A soddisfa quindi le condizioni per essere classificata come zona sorvegliata (ovviamente soltanto in caso di fermo dell'attività di terapia del bunker B).

Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Dietro parete E (bunker B)

La zona dietro la parete E non è interessata dal fascio primario:

$$U = 0 \qquad T = 0.25 \qquad d = 7.5 \text{ m}$$

Attualmente è presente una parete di spessore pari a $Sp = 110$ cm di calcestruzzo.

$$Da = 0.36 \text{ mSv/sett.} \qquad Ds = 0.110 \text{ mSv/sett.}$$

Il valore di dose atteso a valle delle barriere esistenti è inferiore al valore limite fissato per la zona sorvegliata nelle ipotesi riportate all'inizio del presente paragrafo.

L'area a valle della parete E del bunker B soddisfa quindi le condizioni per essere classificata come zona sorvegliata (ovviamente soltanto in caso di fermo dell'attività di terapia del bunker A).

Non è necessaria la realizzazione di ulteriori barriere.

Schermatura della componente neutronica

Il fascio di fotoni da 15 MV di un acceleratore lineare produce neutroni prevalentemente per reazioni di tipo (x,n) con i materiali contenuti all'interno della testata.

In termini di dose, nel piano orizzontale del paziente all'altezza dell'isocentro, la dose da radiazione neutronica è circa pari allo 0.2 % della dose dovuta ai fotoni del fascio primario.

Lo spettro dei neutroni primari è paragonabile a quello di fissione con energia media pari a 2 MeV.

Tuttavia lo spettro dei neutroni viene degradato in energia in tutte le direzioni, eccetto quella del fascio utile di fotoni, dalla integrazione con lo schermo in tungsteno della testata; quindi all'uscita del fascio dalla testata l'energia media dei neutroni è circa pari a 0.5 MeV.

La schermatura primaria e secondaria in calcestruzzo, realizzata per l'attenuazione dei fasci di fotoni prodotti dall'acceleratore, assicura una protezione anche per l'associata componente neutronica. Infatti per un fascio di neutroni da 0.5 MeV si ha TLV=20 cm (calcestruzzo ordinario).

Porta di accesso ai bunker

Le porte di accesso ai due bunker sono identiche. Sono dotate di un sistema di movimento motorizzato (ed anche manuale in caso di mancato funzionamento del sistema motorizzato). Ognuna delle porte è composta dai seguenti spessori (posti nell'ordine dall'interno verso l'esterno della sala) : 160 mm paraffina + 1 mm cadmio + 30 mm piombo.

La porta di ogni bunker è stata realizzata in modo tale che, in posizione di chiusura, vi sia una sovrapposizione di circa 15 cm con le pareti laterali del bunker e di circa 10 cm con la parete superiore; inoltre la porta ha un interrimento di circa 5 cm rispetto al pavimento del bunker.

Il bunker è dotato di un sistema televisivo a circuito chiuso per l'osservazione da parte dei tecnici dall'esterno, durante l'esecuzione dei trattamenti.

Attivazione dell'aria e produzione di ozono all'interno dei bunker

Si produce attivazione dell'aria interna al bunker per effetto di reazioni nucleari del tipo (γ,n), con soglie di energia superiori ai 10 MeV: quindi tali reazioni hanno luogo, nel caso dei bunker in esame, solo utilizzando i fasci di fotoni da 15 MV.

In particolare sono prodotti principalmente i radionuclidi ^{11}C , ^{13}N ed ^{15}O , con tempi di decadimento dell'ordine di alcuni minuti.

Le dosi dovute a tale tipo di attivazione riportate in letteratura per il personale, nel caso di un bunker con ventilazione forzata con un numero di ricambi d'aria orari non inferiori a 5 (come nel caso dei due bunker in esame), sono dell'ordine di un centinaio di μSv all'anno.

Tale valore è riferito ad un operatore TSRM che esegua 20 trattamenti al giorno con fasci di fotoni da 15 MV, per 5 giorni/settimana, per 50 settimane/anno (praticamente il carico di lavoro previsto nel caso in esame).

Inoltre nell'aria all'interno dei bunker in cui si utilizzano fasci di elettroni per terapia si producono O_3 (ozono) ed altri composti come NO , NO_2 Tra questi composti l'ozono è il più critico per la sua tossicità.

Il valore di soglia (TVL = Threshold limit value) raccomandato dalla Conferenza Americana degli Igienisti Industriali è di 0.1 ppm.

Secondo il Report IAEA 188 una irradiazione di elettroni da 2 Gy in 10 minuti con un campo 20x20 produce:

- Una concentrazione di ozono pari a 0.005 ppm se il bunker ha 12 ricambi d'aria all'ora
- Una concentrazione di ozono pari a 0.05 ppm se il bunker non è ventilato.

In entrambi i casi il TVL dell'ozono risulta rispettato.

Valutazioni di cui all'art. 174 del D. Lgs. 101/2020

Le valutazioni di cui all'articolo 174 del D. Lgs. 101/2020 devono essere eseguite in caso di "pratiche con materie radioattive che siano soggette a provvedimenti autorizzativi...".

Tuttavia "Sono escluse dai suddetti obblighi le pratiche con macchine radiogene e con macchine acceleratrici...". Dunque il dettato dell'articolo 174 non si applica al caso in esame.

Considerazioni sulla esposizione del personale

Si produce attivazione anche nei costituenti dei vari componenti dell'acceleratore (in particolare nei materiali della testata: piombo, tungsteno, rame, ...), sempre per effetto di reazioni nucleari del tipo (γ, n), con soglie di energia superiori ai 7-8 MeV: quindi tali reazioni hanno luogo, nel caso dei bunker in esame, solo utilizzando i fasci di fotoni da 15 MV.

Durante l'erogazione di radiazioni il tecnico sanitario di radiologia medica (nel seguito TSRM) deve sostare nei pressi del tavolo di comando per controllare l'andamento del trattamento ed il paziente tramite monitor; la dose efficace settimanale dovuta allo stazionamento nel vano comandi dell'acceleratore è (in base al carico di lavoro prudenzialmente ipotizzato ed alle barriere esistenti) dell'ordine di 10 μSv .

A ciò va aggiunto l'intervento del TSRM in sala di trattamento per il cambio tra un paziente e l'altro, che lo espone alla presenza di attività indotta all'interno del bunker. Tale lavoro comporta (in base all'esperienza acquisita in questi anni di attività del reparto, eseguendo misure di attività indotta all'interno dei bunker) una dose efficace per il TSRM, per ogni intervento, dell'ordine di :

- ◆ 0,2 μSv , se il trattamento precedente è stato con fotoni da 15 MeV ;
- ◆ nulla, se il trattamento precedente non è stato con fotoni da 15 MeV.

Supponendo, cautelativamente, che il tecnico compia in una settimana circa 100 interventi del primo tipo, si ottiene un valore di dose efficace settimanale dovuta all'attività indotta pari a circa 20 μSv . Si ottiene, in totale, per un TSRM, una dose efficace settimanale pari a circa 30 μSv che corrisponde (per 50 settimane di lavoro all'anno) ad una dose efficace annua pari a circa 1.5 mSv.

Tale calcolo è riferito ad un tecnico che lavori per l'intero anno presso l'acceleratore in esame.

Le altre figure professionali del reparto non lavorano continuamente all'uso dell'acceleratore ; sia i medici radioterapisti che i fisici sanitari seguono i trattamenti alla macchina solo in casi particolari (ad esempio per la prima seduta) o complessi. Si può stimare, in via cautelativa, che essi seguano le operazioni al tavolo di comando e in sala trattamento per il 25% del carico di lavoro previsto.

A ciò si aggiunge, per fisici e personale tecnico della Fisica Sanitaria, le operazioni periodiche di taratura dei fasci della macchina : si può stimare, per compiere tali operazioni, un carico di lavoro pari a qualche % rispetto a quello per la terapia.

Per il personale tecnico della UO di Fisica Sanitaria vanno anche considerati gli interventi di manutenzione, alcuni da compiere proprio sulla testata dell'acceleratore.

Dunque si può stimare, cautelativamente, per il personale tecnico suddetto una dose efficace annua dell'ordine di 500 μSv , mentre per il personale laureato una dose efficace annua dell'ordine di 300 μSv .

Di gran lunga inferiore è certamente l'esposizione annua del personale che entra occasionalmente nella sala di trattamento (ad esempio un infermiere che accompagna un paziente).

Infine va menzionato il personale di pulizia. Nell'ipotesi che il lavoro di pulizia inizi almeno 30 minuti dopo la fine dei trattamenti ai pazienti del giorno, la dose efficace per tale personale può essere considerata trascurabile.

In conclusione si valuta che, in condizioni di normale attività del reparto in esame, la dose efficace annua a carico del personale sia non superiore ad 1.5 mSv, per tutte le figure professionali coinvolte.

Analisi dei rischi

Le barriere esistenti presentano una efficacia protettiva sufficiente ad assicurare a valle delle barriere stesse livelli di dose efficace congrui con i limiti specifici fissati dalla normativa.

Durante l'erogazione di radiazione:

- nessuno, tranne il paziente, deve essere presente all'interno del bunker;
- gli operatori che impostano e controllano il funzionamento dell'impianto devono sostare davanti alla console dei comandi ed evitare di sostare davanti alla porta del bunker;
- in ogni caso, è proibito (esclusi gli operatori necessari al controllo ed al funzionamento dell'impianto) sostare in zone classificate relative all'impianto.

Si ritiene praticamente impossibile l'esposizione accidentale di pubblico o operatori all'interno del bunker durante un trattamento poiché:

- 1) l'erogazione del fascio è bloccata se la porta resta aperta;
- 2) una persona rimasta accidentalmente chiusa nel bunker può bloccare l'erogazione del fascio tramite i pulsanti d'emergenza o comunicare la sua presenza attraverso l'impianto fonico.

E' stata infatti verificata la funzionalità di tutti i dispositivi di sicurezza e di emergenza per evitare esposizioni accidentali.

Infine si ritiene che le possibilità di emissione di radiazioni nell'ambiente esterno sia praticamente nulla, anche in caso di malfunzionamenti degli impianti; quindi non vi sono gruppi di riferimento della popolazione che possono essere esposti a dosi dovute all'attività di radioterapia in esame.

Conseguentemente si esprime un giudizio favorevole sull'organizzazione di radioprotezione esistente.

Non si ritengono necessarie particolari prescrizioni o diminuzione dei carichi di lavoro.

Classificazione delle aree per i bunker

Sono zone classificate quelle aree ove esiste il rischio di superamento di uno dei limiti di dose efficace o equivalente annua fissati dalla legge.

La classificazione delle zone deve tenere conto del rischio di esposizione durante la normale attività e anche del rischio di esposizioni causate a seguito ad eventi anomali o malfunzionamenti.

Tuttavia sulla base di quanto sopra riportato per questo tipo di attività, e sull'esperienza maturata nell'esercizio di questo tipo di attività, si può considerare molto improbabile il caso di malfunzionamento che comporti rischi significativi di esposizione per gli operatori e per la popolazione. Vanno considerati invece come eventi anomali:

- casi di sollecitazione meccanica (es. un violento urto), o termica elevata al punto di danneggiare la testa radiante della macchina (essi sono legati tuttavia ad un comportamento del personale così negligente da essere davvero molto improbabili e quindi possono non essere considerate);
- gli eventi catastrofici (come un terremoto o un incendio); ma anche in questo caso (non essendo presenti materie radioattive nel reparto) gli acceleratori sarebbero danneggiati o addirittura non più in grado di funzionare ma ciò non comporterebbe rischi significativi di esposizione per gli operatori e per la popolazione.

In base ai risultati della presente verifica si conclude quanto segue in merito alle zone classificate, ai sensi del D. Lgs. 101/2020, per i due acceleratori in esame:

zone controllate: entrambi i bunker (sia la sala di terapia vera e propria che il labirinto d'ingresso); tali zone sono fisicamente delimitate (ognuna da una porta opportunamente costruita per bloccare la radiazione incidente su di essa) e all'ingresso di tali zone sono esposte opportune segnaletiche di pericolo.

Tutte le altre aree circostanti le suddette zone sono zone non classificate.

Nota bene: se, per qualsiasi motivo (guasto, manutenzione, ...), uno dei due acceleratori lineari è fermo e l'altro è invece in funzione, l'interno del bunker dell'acceleratore fermo (sia la sala di terapia vera e propria che il labirinto d'ingresso) è temporaneamente classificato come zona sorvegliata.

Classificazione del personale

La classificazione del personale deve essere effettuata tenendo conto del rischio di esposizione sia durante la normale attività, che in caso di eventi anomali o malfunzionamenti.

I lavoratori che dovranno operare con le sorgenti radiogene in esame fanno parte delle Unità Operative Complesse di Radioterapia e di Fisica Sanitaria dell'ASL BT.

Nelle UU.OO. di Radioterapia e Fisica Sanitaria sono presenti le seguenti figure professionali:

Radioterapia: Medici Radioterapisti, TSRM, Infermieri, Ausiliari

Fisica Sanitaria: Fisici Sanitari, TSRM

Ad eccezione degli ausiliari, la classificazione (ai sensi del D. Lgs. 101/2020) per tutto il personale delle Unità Operative di Radioterapia e di Fisica Sanitaria, che partecipa alle attività descritte in questa relazione è quella di **lavoratori esposti di categoria B.**

Tale classificazione è valida relativamente alla sola attività svolta dal suddetto personale presso gli acceleratori di Radioterapia, senza considerare eventuali altre attività.

Per i suddetti lavoratori classificati come esposti di categoria B, si prescrive la sorveglianza dosimetrica individuale sia per i fotoni che per i neutroni (due dosimetri "total body" al petto), fatta eccezione per gli infermieri per cui è prescritto il solo dosimetro al petto per fotoni.

Non si ritiene utile il dosimetro per neutroni nel caso degli infermieri, considerato il loro ingresso nelle zone classificate solo occasionale.

Per il personale ausiliario la classificazione è quella di lavoratori non esposti.

Inoltre, per ulteriori verifiche radio protezionistiche, presso le sale consolle dei due bunker, si prescrivono dosimetri per la misure di dosimetria ambientale.

Protezione sanitaria della popolazione

Il D. Lgs. n. 101/2020 prevede che il responsabile dell'attività deve adottare le misure necessarie per evitare che persone della popolazione siano esposte ad equivalenti di dose superiori ai limiti fissati per tale categoria di persone.

In base alle caratteristiche dell'attività e della struttura in cui essa viene svolta, ai dispositivi di sicurezza e protezione delle zone controllate, alle caratteristiche costruttive delle sorgenti radiogene, si ritiene che :

- la probabilità d'interessamento della popolazione ad esposizioni a radiazioni ionizzanti dovute all'attività in esame sia praticamente nulla sia nel caso del normale svolgimento dell'attività, sia nel caso di malfunzionamenti e/o di eventi anomali;
- di conseguenza non vada individuato alcun gruppo di riferimento della popolazione relativo alle esposizioni legate all'attività degli acceleratori in esame.

Valutazioni periodiche di radioprotezione

L'attuazione della sorveglianza fisica della protezione relativa all'attività in esame richiede la ripetizione periodica delle verifiche e delle valutazioni secondo quanto previsto dall'articolo 130 del D.L.vo 101/2020.

Il controllo della efficacia dei dispositivi di protezione e sicurezza, i rilevamenti e la valutazione delle dosi agli ambienti, vengono effettuati annualmente, salvo interventi straordinari richiesti dal responsabile dell'attività.

Annualmente viene eseguita anche una verifica sulla effettiva organizzazione del lavoro per valutare l'effettiva esposizione dei lavoratori.

I risultati delle suddette verifiche e valutazioni (e gli eventuali provvedimenti relativi adottati) vengono verbalizzati sul registro di sorveglianza fisica, istituito in occasione della prima verifica di radioprotezione presso l'unità operativa.

In base ai risultati delle verifiche periodiche ed a eventuali variazioni del carico di lavoro degli acceleratori in esame saranno possibili delle variazioni sulla definizione delle zone classificate.

In caso di rilevanti modifiche all'organizzazione dell'attività rispetto a quanto su riportato, l'Esperto Di radioprotezione dovrà essere informato prima dell'entrata in esercizio dell'impianto per gli adempimenti preliminari di sua competenza.

Norme interne di sicurezza e protezione

Norme operative per la Radioterapia e la Fisica Sanitaria

- L'uso dell'acceleratore è consentito solo per trattamenti radioterapici di pazienti oncologici (pianificati ed approvati dall'equipe congiunta della Radioterapia e della Fisica Sanitaria) e per operazioni di controllo e taratura.
- L'ingresso alla zona dell'acceleratore è consentito esclusivamente al personale autorizzato, di cui deve essere esposto un elenco aggiornato.
- Nella sala di trattamento nessuno, oltre al paziente da sottoporre a trattamento, deve essere presente durante l'erogazione di radiazioni.
- Il personale che accede alla sala di trattamento deve essere ridotto numericamente al minimo necessario ad eseguire le operazioni richieste.
- Il personale deve stazionare all'interno della sala di trattamento solo per il tempo necessario ad eseguire le operazioni richieste.
- Nessuno, eccetto gli operatori addetti al funzionamento dell'acceleratore ed al controllo dei trattamenti radioterapici, deve essere presente durante l'erogazione di radiazioni nelle zone comando dell'acceleratore.
- I suddetti operatori non devono stazionare, durante l'erogazione di radiazioni, davanti alla porta del bunker, ma soltanto nei pressi del tavolo di comando.
- Prima di iniziare un trattamento l'operatore deve verificare : la presenza del solo paziente all'interno del bunker, la chiusura della porta del bunker, l'esattezza dei dati impostati al terminale di comando.
- Durante il trattamento l'operatore deve costantemente tenere sotto controllo il paziente tramite le telecamere e/o l'interfono.
- L'operatore al tavolo di comando deve compilare un apposito registro di esercizio, annotando i parametri di ogni trattamento eseguito.
- In caso di emergenza l'operatore deve interrompere immediatamente il trattamento tramite il pulsante apposito sul tavolo di comando o aprendo la porta del bunker.
- Gli operatori devono segnalare al datore di lavoro, non appena accertate, eventuali deficienze verificatesi nei sistemi di sicurezza e protezione o situazioni di pericolo.
- Gli operatori devono usare in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione e non devono compiere di propria iniziativa manovre che possano compromettere la sicurezza dell'impianto.
- Il personale femminile deve comunicare, non appena accertato, il proprio stato di gravidanza al datore di lavoro, al fine di adottare le cautele ed i provvedimenti opportuni.
- Nessuno deve rimuovere o modificare, senza il consenso dell'Esperto di radioprotezione, i dispositivi di sicurezza, di protezione, di segnalazione e di misurazione.

Le operazioni di manutenzione (sia ordinaria che straordinaria), controllo e taratura dei fasci devono svolgersi seguendo le norme su riportate di radioprotezione.

Devono inoltre essere osservate le seguenti disposizioni:

- Nessuno deve essere presente nella sala di trattamento durante l'erogazione di radiazioni per operazioni di controllo, taratura e manutenzione.
- Nessuno, eccetto gli operatori addetti al funzionamento dell'acceleratore, deve essere presente durante l'erogazione di radiazioni nelle zone classificate.
- Il personale che accede alla sala di trattamento deve essere ridotto numericamente al minimo necessario ad eseguire le operazioni richieste.
- Il personale deve stazionare all'interno della sala di trattamento solo per il tempo necessario ad eseguire le operazioni richieste.
- I lavoratori esterni che prestano la loro opera, entrando in zona controllata, per operazioni di controllo e taratura presso l'acceleratore devono essere tutelati contro i rischi da radiazioni ionizzanti; tale tutela deve essere assicurata dal datore di lavoro dei suddetti lavoratori esterni secondo le disposizioni del D.Lgs. 101/2020.
- I lavoratori esterni di cui sopra devono essere dotati del dosimetro individuale durante il lavoro all'interno delle zone controllate.
- Le operazioni svolte in zona controllata devono essere annotate su un apposito registro dal personale tecnico della Fisica Sanitaria, descrivendo modalità, durata e personale coinvolto nelle operazioni.

Sorveglianza dosimetrica del personale

Tutti i lavoratori classificati come esposti devono essere sottoposti a sorveglianza dosimetrica individuale con cadenza mensile.

Tale sorveglianza dosimetrica prevede un dosimetro a corpo intero, sia per fasci di fotoni che per fasci di neutroni, per tutti i lavoratori.

Tutti i lavoratori sottoposti a sorveglianza dosimetrica devono:

- ritirare il proprio dosimetro all'inizio del mese, consegnando allo stesso tempo il dosimetro utilizzato durante il mese precedente (la consegna ed il ritiro dei dosimetri avviene presso la UO di Fisica Sanitaria del Presidio Ospedaliero);
- indossare sempre il dosimetro a corpo intero durante le attività che comportano l'esposizione alle radiazioni ionizzanti; tale dosimetro va tenuto al petto sul camice da lavoro ed al di sotto dei grembiuli protettivi piombati;
- non lasciare per nessun motivo il dosimetro in luoghi dove esso potrebbe essere esposto a fasci di radiazioni, per evitare che esso possa registrare dosi non riferite alla reale esposizione del lavoratore;
- avvertire subito l'esperto di radioprotezione di qualsiasi evento anomalo che possa alterare la lettura del dosimetro stesso.

Nessuno può essere adibito ad attività che comportano una classificazione di lavoratore esposto senza essere stato dotato di dosimetro personale.

Il rispetto delle suddette indicazioni riveste particolare importanza sia per il lavoratore sia per la direzione della struttura date le implicazioni (anche di natura legale) delle dosi registrate dai dosimetri e valutate dall'esperto di radioprotezione.

Le dosi efficaci di ogni lavoratore classificato come esposto devono essere valutate dall'esperto di radioprotezione che, con cadenza semestrale:

- aggiorna le schede dosimetriche personali dei lavoratori
- comunica tali dosi al medico autorizzato/competente della struttura
- comunica tali dosi alla Direttore Medico di Presidio (delegato del Datore di Lavoro) ed al Direttore della UO di Radioterapia che a sua volta le notifica ai singoli lavoratori.

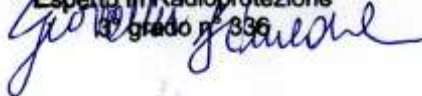
Conclusioni

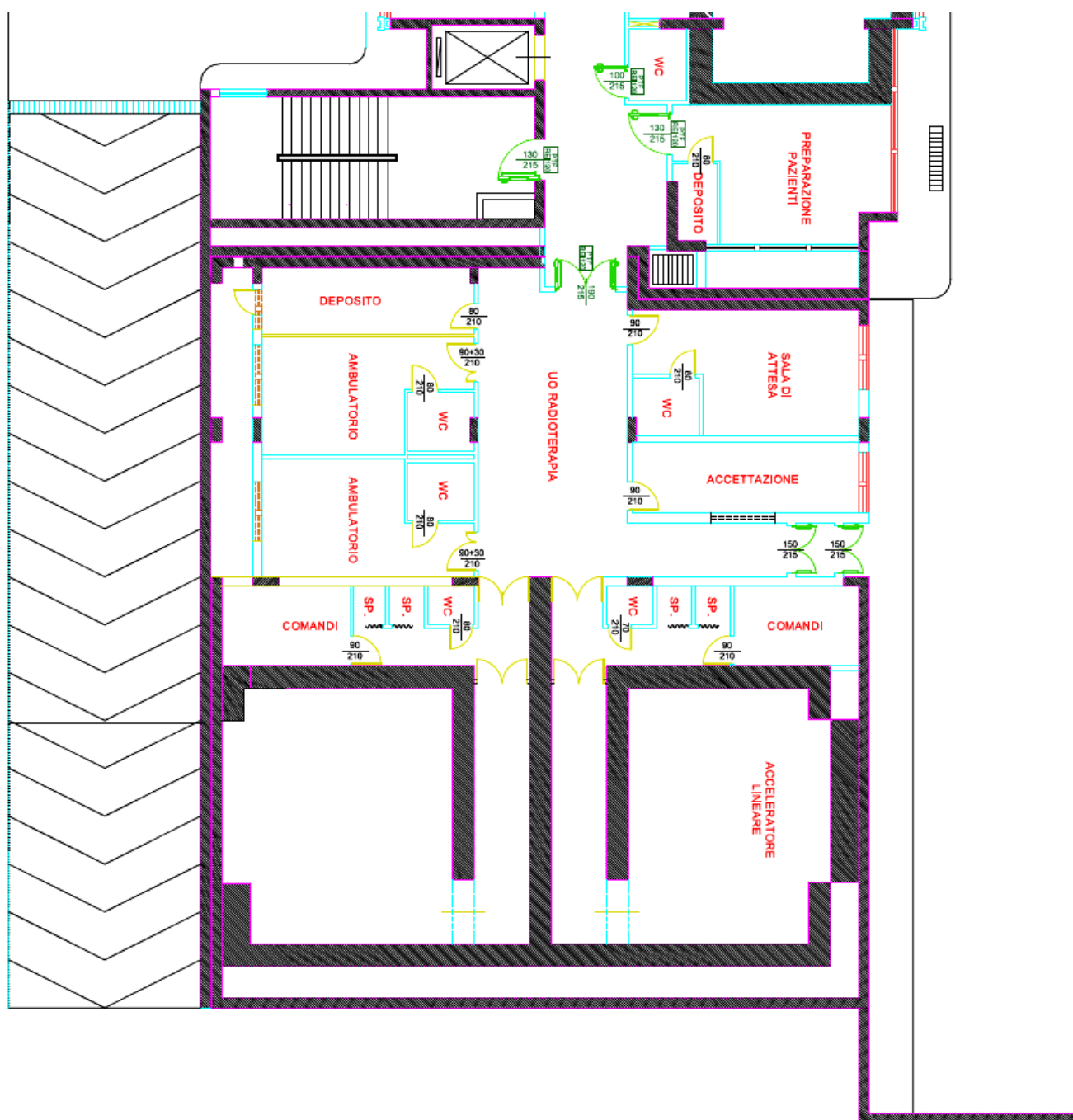
Sulla base di quanto riportato nella presente relazione, si conferma il benessere all'utilizzo dei due acceleratori della Unità Operativa di Radioterapia presso la sede del Presidio Ospedaliero "Monsignor Dimiccoli" sito in viale Ippocrate 15 - Barletta.

Si ritiene che la probabilità di superamento dei limiti di dose efficace o equivalente annui fissati dal D. Lgs. n. 101/2020, per i lavoratori e per la popolazione, sia in pratica trascurabile.

In caso di cambiamenti significativi nella attività in esame, negli ambienti in cui essa verrà eseguita, nella organizzazione di lavoro rilevata, il suddetto benessere potrà essere rilasciato solo dopo una verifica di sorveglianza fisica relativa alla nuova situazione in atto.

La presente relazione, costituente il documento di cui all'articolo 28 del D. Lgs. 81/2008 solo relativamente ai rischi dei lavoratori dovuti all'esposizione alle radiazioni ionizzanti, va integrata con relazioni relative ad eventuali rischi di diversa natura per i lavoratori.

Dr. Giovanni SIMEONE
Esperto in Radioprotezione
III grado n° 336


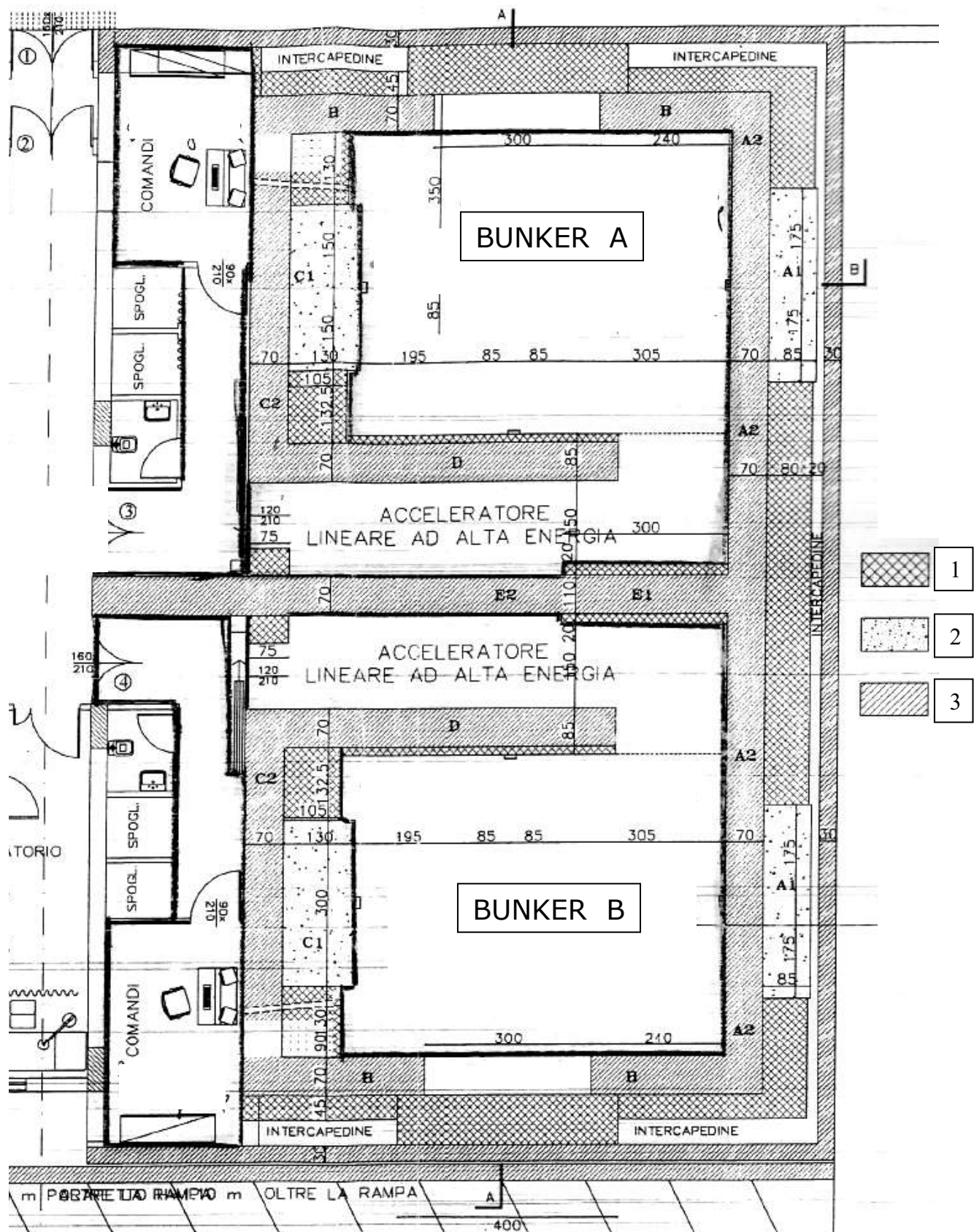


REPARTO DI RADIOTERAPIA
PIANO – 1 – P.O. “DIMICCOLI”
PLANIMETRIA IN SCALA 1: 200

Dr. Giovanni SIMEONE

Esperto in Radioprotezione
III grado n° 336

Giovanni Simeone



- 1: spessori in calcestruzzo ordinario aggiunti
 2: spessori in calcestruzzo baritico
 3: spessori in calcestruzzo ordinario

PLANIMETRIA IN SCALA 1:100