

1

2

FISICA SANITARIA USL N°2 ISTITUTO AUTORIZZATO ex DPR 185/64 Art. 83  
c/o OSPEDALE DI CARRARA Piazzale Monterosso N°1 Carrara 54033 (MS)  
Coordinatore dr. Mauro Bergamini E.Q.N°515 - tel. 0585 767644 fax. 0585 70761-  
RELAZIONE TECNICA 10/05/94 16.43 N° SF 53  
RICHIEDENTE U.S.L. N°2 Regione Toscana

## ACCELERATORE LINEARE

U.S.L. N°2 REGIONE TOSCANA

Oggetto : RELAZIONE TECNICA sulla sorveglianza fisica della protezione dalle radiazioni ionizzanti

Carrara 10/05/94

la presente relazione comprende N° 13 pagine e N° 2 allegati



## PREMESSA

La presente relazione fa riferimento alla Normativa Nazionale sull'impiego pacifico dell'energia nucleare ed in particolare:

D.P.R. 13/02/64 N185 -Sicurezza degli impianti e protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti derivanti dall'impiego pacifico dell'energia nucleare-

D.P.R. 24/09/68 N1428 -Definizione dei tipi di macchine radiogene il cui impiego può determinare rischi di radiazioni ionizzanti per i lavoratori e la popolazione-

D.M. 06/06/68 -Determinazione delle dosi e delle concentrazioni massime ammissibili ai fini della protezione sanitaria dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti-

D.M. 02/02/71 -Determinazione dei valori delle dosi massime ammissibili e delle concentrazioni massime ammissibili, nonché dei valori dell'efficacia biologica relativa per la popolazione nel suo insieme e per i gruppi particolari della popolazione, ai fini della protezione contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti-

-Alle Circolari Ministeriali "con particolare riguardo agli impieghi di sostanze radioattive e macchine radiogene" -

-Alle raccomandazioni I.C.R.P. -

-Alla Normativa Regionale in campo radioprotezionistico.



## INTRODUZIONE

Premesso che i locali del "Civico Ospedale di Carrara" ospitano, al piano terra, la prima sezione dell'Istituto di Radiologia e Terapia Fisica della U.S.L. N°2 e che in detta Unità Operativa trovano collocazione le attività di terapia radiologica risalenti; per la realtà che vede impiegate le radiazioni ionizzanti attorno agli anni "50", e che, a seguito di autorizzazione del Medico Provinciale, attualmente risultano disponibili, funzionanti ed efficienti, più unità disposte su due locali "Sala T1 e Sala T2" (vedi pianta) consistenti di:

Un impianto mobile per plesioterapia di fabbricazione Gilardoni modello "Neodermo Be"  
- V Max 70 KV, I Max 5 mA;

Un impianto fisso per roentgenterapia convenzionale di fabbricazione Philips, modello "Compactix II" -V Max 250 KV ; I Max 10 mA;

Un impianto per roentgenterapia cinetica profonda di fabbricazione Gilardoni denominato "Bomba X" -V Max 400 KV ; I Max 10 mA.

Locali e apparecchiature meglio descritte nella relazione redatta dall'Esperto Qualificato in data 14/04/81.

Abbiamo provveduto alla individuazione di ulteriori spazi per la collocazione di una nuova unità di radioterapia ad alta energia nell'ambito del succitato presidio ospedaliero, anche per permettere una più vasta gamma di interventi su pazienti oncologici.

E' caratteristica comune agli impianti per irradiazione transcutanea quella di essere installati in appositi bunker nei quali il paziente rimane solo durante l'irradiazione mentre il personale addetto rimane in zona di sicurezza. E' in considerazione di quanto sopraesposto che si riportano le seguenti considerazioni:

L'irradiazione transcutanea consiste nel dirigere uno o più fasci collimati, dall'esterno, su di un bersaglio superficiale (cutaneo) oppure profondo (situato all'interno del corpo);

L'irradiazione terapeutica, comporta la somministrazione di dosi elevate al focolaio e quasi sempre di dosi non trascurabili alle gonadi, al tessuto emopoietico, al sistema nervoso centrale.



Nei trattamenti transcutanei risultano condizioni specifiche per limitare la dose al paziente:

Buona collimazione del fascio primario e uso di collimazioni secondarie personalizzate;

Uso di simulatori o dispositivi analoghi, nello studio preliminare di centratura ed impiego di mezzi ottici o meccanici adeguati per il posizionamento del paziente;

Elevata intensità del fascio radiante allo scopo di ridurre la durata di ogni seduta, limitando gli effetti annessi agli eventuali spostamenti del paziente;

Impiego di mezzi di contenzione ed immobilizzazione."

Ed è proprio in questa logica che si è indirizzata la scelta di ampliare le capacità operative della U.O., accessoriandola con una nuova unità radiogena di caratteristiche tali da trovare impiego in focolai tumorali profondi per i quali risulterebbero non aggiornati i mezzi di cui attualmente disponiamo.

Si coglie inoltre l'occasione per ribadire che: nell'ambito della salvaguardia del paziente dai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti

"è di esclusiva spettanza del radioterapista la scelta delle indicazioni e delle modalità del trattamento; al medico ed al fisico sanitario è devoluta, in stretta collaborazione, la scelta delle tecniche più affidabili a tale fine, mentre al tecnico sanitario di radiologia medica è assegnato lo scrupoloso rispetto delle modalità di irraggiamento, per quanto di sua competenza."

(Circ.62 Ministero della Sanità 02/08/84).



## DESCRIZIONE DEI LOCALI e loro articolazione

Individuata, come da progetto preventivo, l'area destinata alla costruzione del bunker per la sistemazione della nuova unità di radioterapia presso il cortile interno dell'edificio ospedaliero "Civico", ed apportate le necessarie modifiche strutturali al progetto originale, lo spazio attualmente occupato complessivamente dalle nuove opere misura circa 300 m<sup>2</sup> di cui 100m<sup>2</sup> dedicati al bunker realizzato in getto di calcestruzzo armato di adeguati spessori e densità, si vedano adeguamenti di seguito riportati.

Il locale studiato e successivamente rielaborato per accogliere un acceleratore lineare "Linac" di fabbricazione Varian tipo Clinac 600 C confina per tre lati con le mura perimetrali dell'ospedale e per il quarto con la rimanente porzione del piazzale interno.

Vi si può accedere: dall'esterno, attraverso la scalinata di ingresso oppure dal cortile interno attraverso un passo barellabile; dall'interno, attraverso i corridoi che immettono al settore "Radiologia diagnostica" o dai reparti di degenza del "Civico".

Il servizio risulta così articolato:

Hall e bancone accettazione in comune alla radiodiagnostica;

Ingresso ambulanze e spazio di manovra;

Sala terapia (compreso spazio labirinto)	spazio utile	-46 m <sup>2</sup> circa
Sala comandi	spazio utile	-12 m <sup>2</sup> circa
Filtro	spazio utile	-12 m <sup>2</sup> circa
Studio Medico e Fisico	spazio utile	-10 m <sup>2</sup> circa
Studio piani terapeutici	spazio utile	-12 m <sup>2</sup> circa
Ambulatorio Medico	spazio utile	-10 m <sup>2</sup> circa
Laboratorio sagome	spazio utile	-10 m <sup>2</sup> circa
Disimpegno	spazio utile	-46 m <sup>2</sup> circa
Sala di attesa (compresi spazi igiene)	spazio utile	-45 m <sup>2</sup> circa

Il servizio dispone inoltre di ulteriori spazi per l'igiene dei pazienti in attesa e del personale, si veda pianta.



più specificatamente:

Un Bunker con labirinto, Sala T3:

Un box comando con postazione di controllo sullo svincolo di accesso al bunker -dimensioni approssimative  $350 \times 350 \text{ cm}^2 + 350 \times 200 \text{ cm}^2$ ;

Un locale di ingresso e stazionamento provvisorio pazienti barellati -dimensioni approssimative  $400 \times 320 \text{ cm}^2$ ;

Un'area destinata allo studio e preparazione dei piani di trattamento personalizzati, dotata di servizi igienici - dimensioni approssimative  $700 \times 820 \text{ cm}^2$ ;

Un locale destinato all'attesa dei pazienti in terapia, con servizi igienici, -dimensioni approssimative  $950 \times 500 \text{ cm}^2$ , in comune con il locale Sala T2.

La parte di nuova costruzione ha un'altezza massima di 5 m e non se ne prevede la sopraelevazione.

Per bunker si deve intendere lo spazio dedicato a ricevere il Linac (sala di trattamento) ed il labirinto di accesso.

La sala di trattamento ha dimensioni interne minime pari a:  $560 \times 550 \times 290 \text{ h (cm}^3\text{)}$ .

Il labirinto ha una larghezza minima di cm 150 in modo da risultare comodamente barellabile.

Per energie del Linac fino a 6 MV e carichi di lavoro derivanti dall'impiego su due turni, anche con fascio costantemente diretto su una barriera, risultano sufficienti gli spessori di attenuazione delle pareti poste in atto pari a: cm 80 per calcestruzzi ordinari da  $2.35 \text{ Kg/dm}^3$  con bande di rinforzo sulle zone di incidenza del fascio (cono con apertura di 35 gradi circa dall'isocentro alla parete) per uno spessore totale di calcestruzzo ordinario fino al raddoppio della parete.

Anche per il soffitto si è tenuto debito conto degli spessori di schermatura onde evitare che, per determinate angolazioni di trattamento, il fascio emergente possa creare condizioni di rischio.

(Per maggiori dettagli si veda calcolo delle barriere protettive allegato).

Per esigenze tecniche legate alla movimentazione degli imballaggi è stata prevista, a fine labirinto un'apertura, attualmente chiusa con getto di calcestruzzo opportunamente dimensionato, apribile solo in caso di emissione o immissione nella sala di colli con notevole ingombro. Anche detto "serramento" rispetta, quanto a potere attenuante i valori stabiliti per la parete su cui è montato.

I dettagli costruttivi, definiti in accordo con l'Ufficio Tecnico hanno tenuto debito conto della fornitura di acqua, corrente elettrica, gas medicali e quant'altro necessario al funzionamento del modello di Linac scelto ed alla sicurezza di operatori e pazienti. All'interno del bunker è assicurato un ottimo condizionamento dell'aria con 12 ricambi/ora, che garantisce un flusso di aria non fastidioso per il paziente in trattamento ed impedisce inoltre l'accumulo di prodotti gassosi nell'ambiente,



Si è inoltre provveduto ad installare dispositivi di comunicazione acustica e visiva tra la sala applicazioni ed il locale comandi (videocamera, interfono, stereofonia e quant'altro necessario alla tranquillizzazione e sorveglianza del paziente).

#### PORTA BUNKER E COMPLETAMENTI STRUTTURALI

L'accesso al labirinto è protetto da una porta motorizzata scorrevole, di larghezza pari a 170 cm ed altezza pari a 230 cm. Le dimensioni dell'anta sono tali da garantire la schermatura dalle radiazioni: l'anta in posizione di chiusura, permette una sovrapposizione pari a 20 cm sia sugli stipiti delle pareti laterali, sia sull'architrave.

La parte scorrevole è composta da struttura portante in profilati di acciaio entro la quale è inserita la schermatura in lastra di piombo con spessore equivalente a 15 mm. La finitura delle pareti in vista è realizzata con pannelli in laminato plastico. Il gruppo di sospensione e scorrimento dell'anta è dotato di moto riduttore e rulli di frizione che permettono l'apertura a mano in caso di emergenza. Microcontatti di fine corsa e ammortizzatori automatizzano il complesso.

La sicurezza è garantita attraverso i seguenti dispositivi:

Doppia pulsantiera, interna ed esterna, con interruttori di marcia ed arresto; costola sensibile disposta sulla spalletta dell'anta (il contatto a qualsiasi altezza arresta la chiusura); microcontatti di fine corsa; quadro di segnalazione con luce gialla lampeggiante (porta in movimento), luce bianca (abilitazione all'ingresso), luce rossa intermittente (apparecchiatura radiogena in funzione).

Dispositivi di interblocco impediscono il passaggio raggi con porta non completamente chiusa; interdicono l'apertura della porta durante l'emissione raggi. L'apertura manuale dell'anta arresta l'emissione delle radiazioni.

#### DESCRIZIONE DELL'APPARECCHIATURA

Acceleratore lineare (LINAC) per applicazioni mediche con produzione di fotoni di energia nominale di circa 6 MV con possibilità di funzionamento a campi fissi o in arcoterapia di fabbricazione Varian: nome commerciale dell'apparecchio CLINAC 600C; numero di serie 159.

Distanza sorgente isocentro 100 cm; altezza dell'isocentro 133 cm. L'intensità di dose dei fotoni è variabile con continuità da 1 a 2.5 Gy/min.

Ampiezza massima del campo all'isocentro 40 x 40 cm<sup>2</sup>.



## VALUTAZIONI PROTEXIMETRICHE

Per quanto riguarda specificatamente il bunker del LINAC sono state eseguite verifiche di tenuta delle barriere primarie e secondarie con l'impiego di camera a ionizzazione portatile, utilizzando il fascio primario costantemente nella più gravosa posizione per la parete sotto analisi con massima apertura dei collimatori (40x40)cm<sup>2</sup> e rateo pari a 250 U.M./min, allo scopo di evidenziare falle o criccate nella costruzione che potessero inficiare il risultato dei calcoli teorici.

Sono state ripartite le pareti laterali ed il solaio di copertura con un reticolo di maglia 1 x 1 m<sup>2</sup> e per ogni singola maglia sono state eseguite misure in intensità di dose alla ricerca del punto di minima attenuazione per un numero complessivo di circa 200 misure. Valori significativi sono stati riscontrati nel settore centrale del solaio, ove all'esterno, a contatto della copertura si misurano 0.17 mSv/h, che sfumano a 0.13 - 0.10 mSv/h sulle maglie adiacenti. Per le pareti laterali si segnala una rilevazione pari a 0.014 mSv/h a contatto della parete affacciata sullo spazio manovra ambulanze, a circa 150 cm da terra ( punto di inserzione alla parete della porta di movimentazione colli voluminosi).

Per tutte le altre postazioni i valori rientrano ampiamente entro i limiti di 0.002 mSv/h.

Misure effettuate all'interno del bunker attestano la sicurezza intrinseca della struttura ed in particolare al centro del corridoio labirinto si rilevano nel punto terminale 0.58 mSv/h (fascio verticale), nel punto centrale 0.049 mSv/h ed a contatto interno della porta motorizzata 0.013 mSv/h.

## CONCLUSIONI

Visto il tipo di impianto e valutata l'entità del rischio, tenuto conto del carico di lavoro nell'ipotesi che, come da calcoli preventivi, si impieghi l'apparecchiatura radiogena per 1000Gy/settimana equivalenti orientativamente a 500 campi per settimana, quindi con impegno orario nelle condizioni di prova, stimabile, tenuto anche conto delle simulazioni e dei controlli fisici, in 400 - 500 ore/anno di uso macchina (beam on): si delimitano, con ampi margini di sicurezza, le zone controllate e sorvegliate e si riportano le delimitazioni nella mappa allegata

Stabiliti i carichi di lavoro massimi, sulla base dei quali abbiamo proceduto al calcolo delle barriere protettive e tenuto conto dell'entrata in funzione di una nuova unità radioterapica si delimitano nuovamente per il settore radioterapia le zone di interesse radioprotezionistico sia all'interno, che all'esterno delle sale trattamenti, nella maniera seguente:

Sala T1 zona controllata a permanenza limitata dall'impiego dell'apparecchiatura. E' permessa la presenza in sala di personale esposto professionalmente a rischio da radiazioni durante le applicazioni plesio e le operazioni di centraggio taratura e verifiche sul fascio. Non è permesso il trattamento contemporaneo di più pazienti.

Sala T2 zona controllata a permanenza limitata dall'impiego della apparecchiatura. E' permessa la presenza di personale operatore esposto professionalmente in sala durante le operazioni di centraggio, taratura e verifiche sul fascio.

Box comandi zona controllata.



Sala T3 zona controllata a permanenza limitata dall'impiego della apparecchiatura. E' permessa la presenza di personale operatore esposto professionalmente in sala durante le operazioni di contraggio.

Sala comandi e svincolo bunker zona controllata.

Disimpegno zona sorvegliata a transito regolamentato

I restanti spazi confinanti o adiacenti alle zone controllate devono essere precauzionalmente considerati alla stregua di zone sorvegliate.

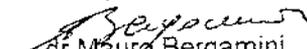
Si indica al datore di lavoro a norma dell'art.73 D.P.R. 185/64 una periodicità almeno **semestrale** per le valutazioni di cui al punto 3) lettera a) ed una periodicità **mensile** per le valutazioni di cui al punto 3) lettera c) art.72 del succitato Decreto.

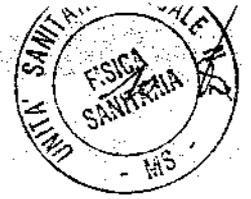
Verificate in concreto le caratteristiche della struttura muraria e dei dispositivi di protezione presenti e la loro rispondenza ai requisiti di sicurezza si rilascia a norma dell'art.72 D.P.R.185/64

benessere al funzionamento dell'impianto a tutto il 1994.

Carrara 10/05/94

l'Esperto Qualificato

  
dr. Mauro Bergamini



## NORME INTERNE DI PROTEZIONE E SICUREZZA

Nell'impiego degli acceleratori lineari vengono delimitate ordinariamente tre zone nelle quali si eseguono specifici controlli e si applicano regole comportamentali codificate e precisamente:

Zona interdetta -riservata esclusivamente al paziente in terapia con macchina radiogena in funzione-

Zona controllata -riservata al personale professionalmente esposto alle radiazioni ionizzanti strettamente indispensabile-

Zona sorvegliata - ove è fatto obbligo di eseguire verifiche ambientali al fine di garantire il non superamento dei limiti di dose imposti per dette zone-

Si suggeriscono al datore di lavoro le seguenti norme, che potranno essere predisposte, previa accettazione con firma in calce, in ottemperanza all'art.61 lett.b (D.P.R. 13/02/64 N°185), quali norme interne di protezione e sicurezza.

### RADIOLOGIA

1) Tutti coloro che per motivi di lavoro operano, o comunque sono presenti, nelle zone controllate devono avere autorizzazione specifica rilasciata dalla direzione del laboratorio, sentito il parere dell'esperto qualificato e, qualora richiesto, del medico autorizzato.

2) Il personale prima di accedere ai locali delimitati come zone controllate ha l'obbligo di assicurarsi che le macchine radiogene siano "Non in funzione".

3) Il personale operatore, prima di mettere in funzione le macchine radiogene ha l'obbligo di verificare che ogni lavoratore non indispensabile alla particolare indagine in corso, sia allontanato dalla sala radiologica.

4) Ogni qualvolta siano riscontrate irregolarità di funzionamento sulle apparecchiature, il personale deve informare tempestivamente il preposto.

5) In caso di incidenti o guasti che comportino la possibilità di anormali irradiazioni, il personale deve circoscrivere la zona di interesse, impedirvi la sosta ed informare tempestivamente il preposto.

6) Il personale femminile addetto alle sale radiologiche, deve comunicare alla direzione il presunto stato di gravidanza e notificare l'accertato.

7) E' obbligatorio sottoporsi agli accertamenti sanitari periodici e straordinari previsti dalla legge, secondo le disposizioni della direzione.

8) Tutto il personale autorizzato a prestare la sua opera presso zone controllate dovrà essere dotato di dosimetro personale.



9) L'accesso alle zone controllate di personale non dotato di dosimetro avviene sotto la responsabilità del preposto.

10) Tutto il personale dotato di dosimetro (autorizzato quindi ad operare in zona controllata) deve fare uso dello strumento di rilevazione per tutto l'orario di servizio.

11) I dosimetri personali devono essere applicati al bavero, alla cintura, o alla spalla dell'indumento di lavoro, comunque sotto il grembiule schermante ogni volta che se ne fa uso e riposti (al riparo da radiazioni) a fine servizio\*\*.

12) Il personale sarà ritenuto responsabile della buona conservazione del dosimetro affidatogli.

13) E' proibito portare il dosimetro personale fuori dal posto di lavoro ufficiale senza la specifica autorizzazione della direzione.

14) Ogni reparto o laboratorio in cui sia stata individuata una zona controllata o sorvegliata deve essere dotato di appositi contenitori per la raccolta dei dosimetri.

15) Le operazioni di ricambio o ricarica periodica dei dosimetri verranno effettuate esclusivamente dal personale incaricato dalla fisica sanitaria.

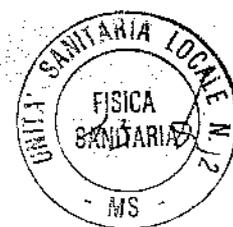
\* Primario radiologo o responsabile di zona (individuato con delibera).

\*\* Per dosimetri differenti da quello standard, seguire attentamente le istruzioni specifiche impartite alla consegna.



INOLTRE

- 1) Non esporre mai, per nessun motivo, alcuna parte del corpo non protetta al fascio diretto di radiazioni
- 2) Nell'esercizio di pratiche radiologiche mantenersi al riparo delle barriere protettive.
- 3) Durante l'espletamento di indagini radiologiche, nelle quali non sono utilizzabili barriere, indossare sempre il grembiule in gomma piombifera e, se ritenuti essenziali, altri indumenti protettivi.
- 4) Durante l'esecuzione di indagini radioscopiche il personale tecnico e di assistenza si collochi a distanza dal fascio incidente e dai corpi diffondenti, preferenzialmente alle spalle del radiologo .
- 5) Nell'uso di apparecchi portatili indossare sempre il grembiule protettivo e tenersi alla massima distanza dal tubo radiogeno, fuori fascio (comunque nella posizione di minor rischio).
- 6) Usare i diaframmi limitatori con la minima apertura compatibile operativamente con l'ampiezza della regione in esame ed in caso di necessità gli appositi collimatori.
- 7) Prima di azionare il dispositivo di emissione raggi, controllare che i parametri al tavolo siano correttamente predisposti ed il tubo in posizione idonea.
- 8) Al termine del servizio disinserire dalla rete il tavolo di comando.



Ad integrazione di quanto previsto per la radiologia diagnostica e la roentgenterapia convenzionale si introducono le seguenti norme specifiche per gli acceleratori lineari, o comunque valide per generatori di fasci gamma con energie sufficientemente elevate da attivare le sostanze con le quali interagiscono.

La messa in funzione della macchina deve avvenire mediante chiave, conservata a cura del preposto.

L'ingresso alla zona interdetta deve essere impedito attraverso sicuri ed indipendenti sistemi di sicurezza, atti a permettere l'accesso entro l'area solo con apparecchiatura spenta.

L'erogazione delle radiazioni deve avvenire solo con porte blindate completamente chiuse e dopo l'allontanamento del personale dalla zona interdetta.

Durante l'impiego della macchina deve essere garantita una sufficiente ventilazione (ricambio d'aria) allo scopo di eliminare dal locale gli eventuali gas tossici prodotti.

Gli operatori addetti accederanno alla sala trattamenti al termine di ogni singola applicazione solo dopo un tempo corrispondente ad un ricambio d'aria.

Un dosimetro costantemente in funzione dovrà indicare la dose erogata, azionare il segnalatore di passaggio raggi, consistente di una parte ottica ed una acustica, ed attivare l'apparato di condizionamento.

Il mancato funzionamento del dosimetro, dei dispositivi di protezione e sicurezza, del condizionamento aria, delle spie di segnalazione raggi etc., come l'apertura accidentale delle porte o la loro non perfetta chiusura deve inibire il funzionamento dell'acceleratore.

Eeguire periodicamente, durante gli intervalli, misure di radioattività dell'aria e di contaminazione superficiale per radioattività indotta (solo per energie superiori a 10 MV).

Dette misure, da riportare su apposito registro, avranno cadenza almeno semestrale.

RICCARDO CALANDRINO

Dottore in Fisica  
Esperto Qualificato  
20133 Milano  
Via Dall'Ongaro, 24

cod. Fisc. CLN RCH 53D26 F2051

ALLEGATO n. 1

Milano 28/5/90

Oggetto : Relazione tecnica circa gli adeguamenti protezionistici da predisporre per l'installazione dell'acceleratore lineare Varian modello Clinac 600 C presso l'USL n.2 di Carrara Via Don Minzoni 3.

Premessa:

Per le valutazioni di cui all'oggetto si sono poste le seguenti ipotesi :

a) Carico di lavoro settimanale : 1000 Gray/settimana all'isocentro . Corrispondenti all'esecuzione di 500 terapie settimana (rif.ICRP) .

b) Fattori di uso : I fattori di uso delle pareti laterali del bunker del pavimento e del soffitto ,per il calcolo della schermatura primaria, vengono così definiti :

Soffitto : 0,5  
Pavimento : 0,5  
Parete A : 0,30  
Parete C : 0,30

Definizione Zone : La sala di terapia viene considerata Zona Controllata .La zona comandi viene considerata Zona Sorvegliata ad occupazione  $T=1$  e soggetta al limite dei 100  $\mu\text{Gy}/\text{settimana}$ .  
La zona oltre la parete C è considerata zona libera ad occupazione parziale ( $T=1/4$ ) e soggetta al limite dei 100  $\mu\text{Gy}/\text{sett}$ .  
La zona oltre la parete D è considerata zona libera e soggetta al limite dei 30  $\mu\text{Gy}/\text{sett}$ .  
La zona oltre la parete E è considerata zona libera ad occupazione parziale e soggetta al limite dei 100  $\mu\text{Gy}/\text{sett}$ .  
La zona soprastante il soffitto è considerata Zona libera ad occupazione occasionale ( $T=1/16$ ) e soggetta al limite dei 1000  $\mu\text{Gy}/\text{sett}$ .

# 1) SCHERMATURE RADIAZIONE PRIMARIA

Simbologia utilizzata :

- d =:Distanza superficie parete - isocentro
- R1 =:Radiazione primaria incidente sulla superficie schermante  
(rads/settimana)
- R2 =:Radiazione secondaria incidente sulla superficie schermante  
(Rads/settimana)
- Rt =:R1+R2
- W =:Carico di lavoro (100.000 Rads/settimana)
- U =:Fattore d'uso
- l =:Fattore di occupazione
- D1 =:Dose massima ammessa al di la della schermatura
- Cr =:Coefficiente di assorbimento richiesto alla schermatura
- SC =:Spessore del calcestruzzo
- \*\* =:elevazione a potenza
- \* =:Simbolo moltiplicativo
- / =:Simbolo divisione
- E-n=:10\*\*(-n)

quindi :

$$R1 = W * U / d^{**2}$$

e

$$Cr = D1 / Rt$$

# 1. SCHERMATURA RADIAZIONE PRIMARIA

Zone investite dalla radiazione primaria :

- 1.a Pavimento
- 1.b Soffitto
- 1.c Parete A
- 1.d Parete C

Parametri di calcolo utilizzati

TVL per il fascio primario : 23 cm cls baritico ( $d=3,2$  gr/cm<sup>3</sup>)  
33 cm cls ( $d=2,3$  gr/cm<sup>3</sup>)

Intensità radiazione scatterata : 0,3 %  
Cautelativamente si considera : 0,5 %

## 1.a Pavimento:

-----  
Stante la collocazione della macchina al livello di terra e constatata dalle planimetrie la non esistenza di interrati nelle zone sottostanti e limitrofe, nessuna schermatura viene prescritta per il pavimento.

## 1.b Soffitto:

-----  
d = 2,7 m  
R1 = 3650 cGy/sett  
R2 = 70 cGy/sett  
Rt = 3720 cGy/sett  
T = 1/16  
D1 = 1000  $\mu$ Gy/settimana  
Cr =  $2,69 \cdot E^{-5}$   
SC = 150 cm cls

## 1.c. Parete A

-----  
d = 2,50 m.  
R1 = 2449 cGy/sett  
R2 = 80 cGy/sett  
Rt = 2530 cGy/sett  
T = 1  
D1 = 1000  $\mu$ Gy/settimana  
Cr =  $3,95 \cdot E^{-5}$   
SC = 150 cm cls

1.d Parete C (Zona C1)

---

d = 2,70 m.  
R1 = 2190 cGy/sett  
R2 = 70 cGy/sett  
Rt = 2260 cGy/sett  
T = 1/4  
D1 = 100 HGy/settimana  
Cr = 4,42 \* E-6  
SC = 180 cm cls  
oppure:  
130 baritico



2. SCHERMATURA RADIAZIONE SECONDARIA (diffusa + fuga)

Ipotesi di calcolo :

I contributi della radiazione secondaria sono così calcolati :

- Radiazione di fuga = 0,15%
- Radiazione diffusa dal paziente = 0,15%
- TVL scatterata = 20 cm c/s

Zone investite dalla radiazione secondaria:

- 2.a Parete A (Zona al di fuori dello scudo A1)
- 2.b Parete B
- 2.c Parete C (Zona al di fuori dello scudo C1)
- 2.d Parete D
- 2.e Parete E
- 2.f Soffitto (zona della sala non investita dalla primaria)
- 2.g Soffitto (zona corridoio d'accesso)
- 2.h Porta di accesso

2.a Parete A (Zona al di fuori dello scudo A1)

---

d = 3,00 m.  
R2 = 55,6 cGy/sett  
Rt = 55,6 cGy/sett  
D1 = 1000 μGy/settimana  
Cr =  $1,80 * E^{-3}$   
SC = 70 cm calcestruzzo

2.b Parete B

---

d = 2,20 m.  
R2 = 105 cGy/sett  
Rt = 105 cGy/sett  
T = 1  
D1 = 100 μGy/settimana  
Cr =  $9,52 * E^{-5}$   
SC = 110 cm calcestruzzo

oppure

80 cm c/s + 20 cm c/s baritico

2.c Parete C (Zona C2)

---

d = 3,00 m.  
R2 = 55,6 cGy/sett  
Rt = 55,6 cGy/sett  
T = 1/4  
D1 = 100  $\mu$ Gy/settimana  
Cr =  $1,80 * E^{-4}$   
SC = 90 cm calcestruzzo

2.d Parete D

---

d = 3,5 m.  
R2 = 41 cGy/sett  
Rt = 41 cGy/sett  
T = 1  
D1 = 30  $\mu$ Gy/settimana  
Cr =  $7,31 * E^{-5}$   
SC = 110 cm calcestruzzo  
oppure  
= 80 cm cls. + 40 cm di mattoni pieni

2.e Parete E

---

R2 = 1000  $\mu$ Gy/Sett + 3000  $\mu$ Gy/sett (contributo dello scatter da D)  
Rt = 1,00 cGy/sett  
T = 1/4  
D1 = 100  $\mu$ Gy/sett  
Cr =  $1,00 * E^{-2}$   
Sc = 60 cm cls

2.f Soffitto (zona fuori dallo scudo principale)

---

d = 3,5 m  
Rt = 40,8 cGy/sett  
D1 = 1000  $\mu$ Gy/sett  
Cr =  $2,45 * E^{-3}$   
Sc = 80 cm calcestruzzo

2.g Soffitto (zona del corridoio d'accesso)

---

Sc = 50 cm cls

## 2.h Porta d'ingresso

Calcolo della dose lungo la traiettoria minima che con una riflessione può giungere al livello della porta :

$d = 7 + 7$  metri

Coefficiente di riflessione =  $5 \cdot 10^{-3}$

$R2 = 500/49 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1/7 = 80 \text{ } \mu\text{Gy/settimana}$

A questo contributo si somma il contributo della radiazione emergente dal braccio del labirinto pari, lungo la direzione isoc. - porta, a circa  $100 \text{ } \mu\text{Gy/sett}$ .

Lo spessore di Pb da dotare per la schermatura della porta dovrà quindi garantire una attenuazione pari a 1HVL ovvero :  $15 \text{ mm Pb}$ .

TE 21

### 3. SICUREZZE

#### 3.a Caratteristiche della porta di accesso al bunker terapia

La porta dovrà avere un sistema di movimentazione motorizzato e manuale (in caso di mancato funzionamento del primo).

Particolare cura dovrà essere prestata alla realizzazione dei battenti in modo da non avere fessurazioni eccessive.

La sovrapposizione dovrà essere di 20 cm con le pareti laterali e superiore a porta chiusa.

Si raccomanda di rivolgersi a ditte specializzate che abbiano esperienza specifica in questo settore.

#### 3.b Dispositivi di sicurezza :

Il bunker di terapia dovrà essere costantemente osservato dai tecnici durante l'esecuzione dei trattamenti mediante sistema televisivo a circuito chiuso.

All'interno del bunker di terapia dovranno essere installati n.3 interruttori di emergenza facilmente riconoscibili in grado di interrompere istantaneamente l'attività radiogena della macchina. Di questi 2 dovranno essere in sala terapia ed uno lungo il labirinto di ingresso.

La movimentazione della porta andrà protetta da un triplice livello di sicurezza :

- a) sensori di pressione (pneumatici) che arrestino la corsa di chiusura a contatto di persone o oggetti che intralcino
- b) fotocellule che arrestino il movimento all'intercettazione di persone o oggetti che intralcino
- c) microswitches di fine corsa che diano il consenso all'emissione radiante nello stato chiuso ed interrompano immediatamente la stessa nello stato aperto.

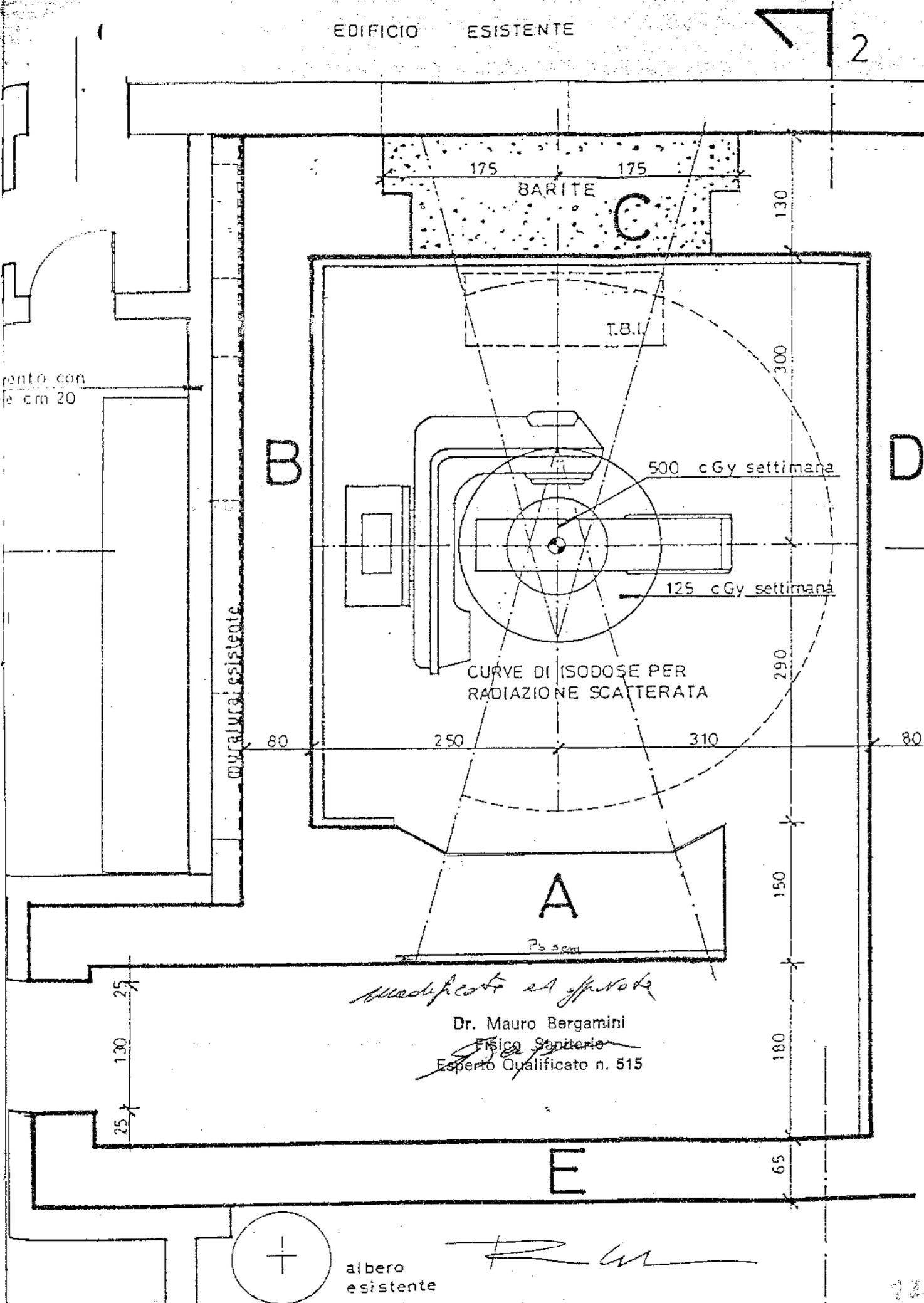
Una lampada a luce rossa, posta all'esterno della sala di terapia e nelle immediate vicinanze della porta di accesso, segnerà accendendosi la presenza del fascio in sala.

l'Esperto Qualificato

III grado



Dr. Riccardo Calandrino



mento con  
a cm 20

murali esistenti

B

D

A

E

CURVE DI ISODOSE PER  
RADIAZIONE SCATTERATA

500 cGy settimana

125 cGy settimana

175 175

BARITE

C

T.B.I.

130

300

290

150

180

65

80

250

310

80

25

130

25

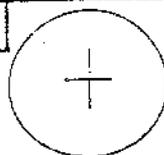
Pb 5 cm

*modificato ed approvato*

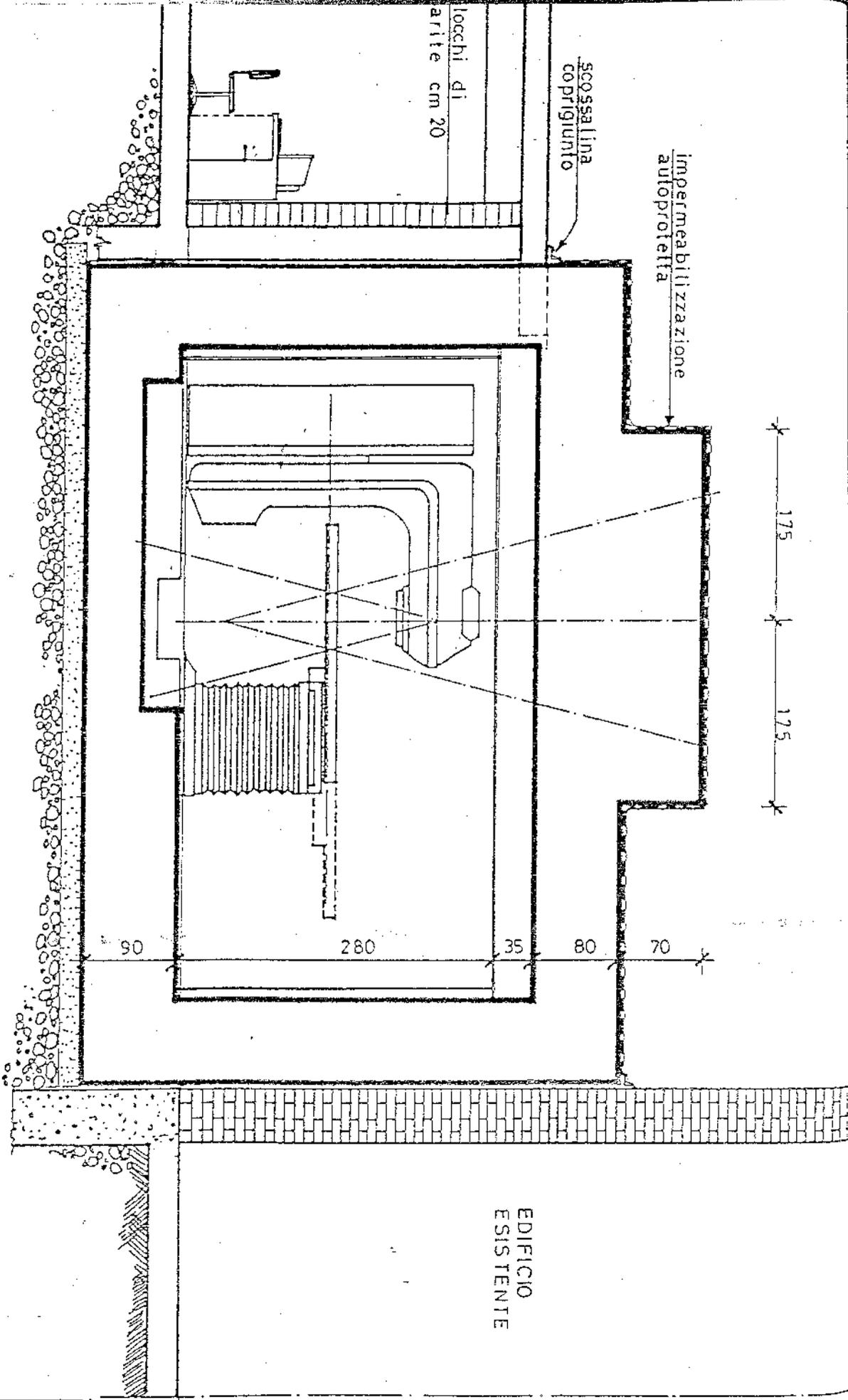
Dr. Mauro Bergamini

Fisico Santerio

Esperto Qualificato n. 515



albero  
esistente

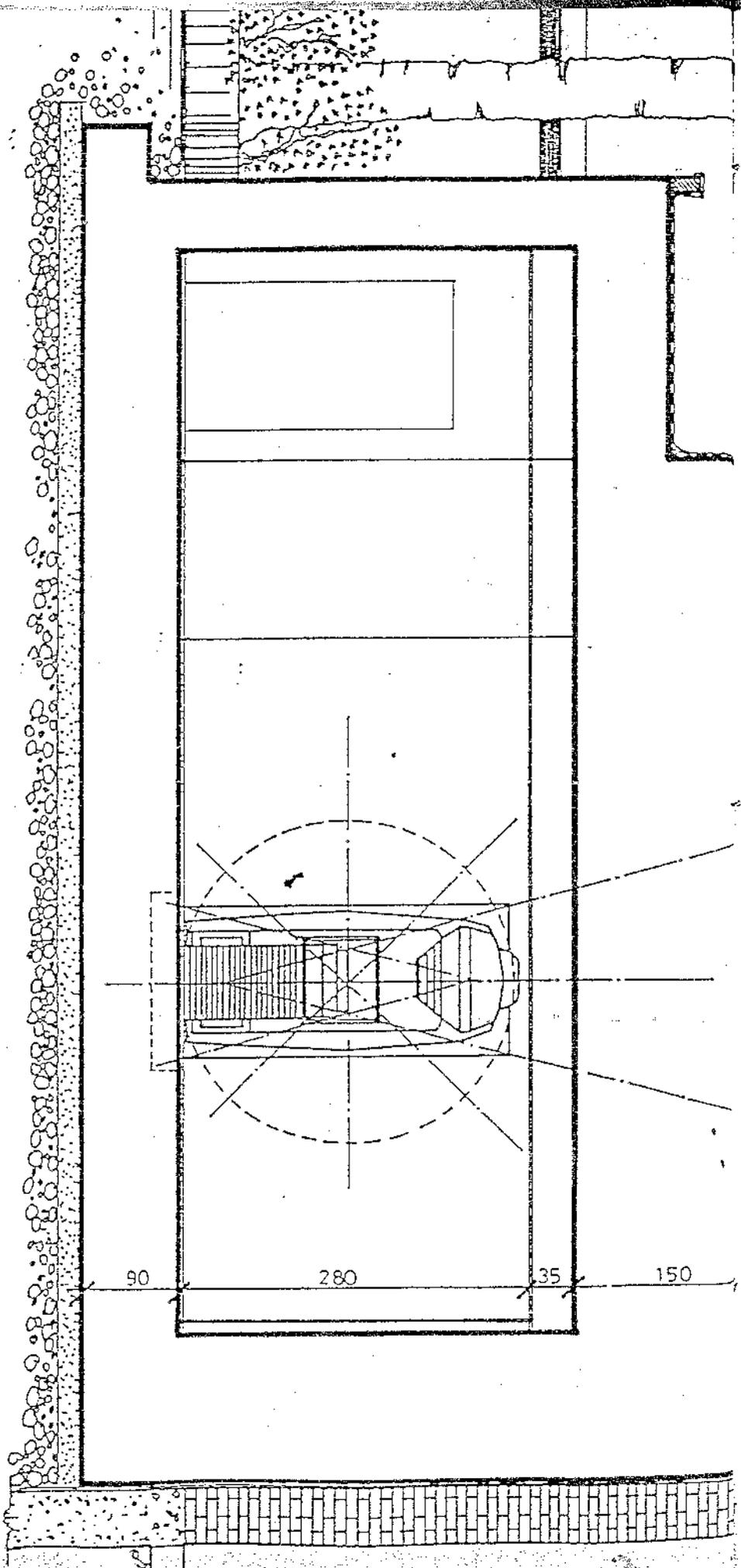


SEZIONE 1-1

ca

SEZIONE 2-2

*Handwritten signature or initials*



*Handwritten number 20*