

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 53/7  
11.4.1953.

RELAZIONE SULL'ATTIVITA' SVOLTA DALLA SEZIONE ACCELERATORE SINO AL 4 APRILE 1953.-

G 1

G/A 11/4/5  
29

RELAZIONE SULL'ATTIVITA' SVOLTA DALLA SEZIONE  
ACCELERATORE SINO AL 4 APRILE 1953

1° - C r o n a c a .

La costruzione di un Sincrotrone per elettroni da almeno 500 MeV è stata decisa nella riunione del Comitato Direttivo dell'I.N.F.N. del 6 Febbraio 1953.

In quel giorno il Prof. Salvini, incaricato della direzione del lavoro, ha proposto che venissero a far parte della Sezione Acceleratore i fisici Prof. Quercia e Prof. Tagliaferri: la proposta è stata accettata. Il Prof. Persico ha accettato di svolgere e dirigere gli studi teorici inerenti il Sincrotrone.

Salvini e Tagliaferri hanno cominciato immediatamente lo studio della letteratura e dei reports e delle relazioni particolari che riguardano le macchine acceleratrici. Contemporaneamente si è iniziata la ricerca del personale: fisici, ingegneri, amministratore segretario ecc. Per questa ricerca si è all'incirca seguito lo schema di progetto già inviato ai membri dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Sono state sollecitate segnalazioni di ingegneri valenti nel campo dell'elettrotecnica e dell'elettronica ai professori di vari Politecnici, e si sono quindi potuti esaminare vari giovani ingegneri. Un quadro cronologico del personale della Sezione si trova alla fine di questa relazione.

Riassumiamo ora le date più importanti del nostro lavoro dal 6 Febbraio al 1° Aprile 1953.

IL 2 Marzo si sono riuniti all'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa fisici e ingegneri collaboratori per il Sincrotrone. Nei giorni dal 2 al 5 Marzo il Prof. Sands ha illustrato i punti fondamentali che interessano la costruzione dei sincrotroni. Dal 6 al 10 Marzo si sono fissate le caratteristiche di massima per un Sincrotrone di 600 MeV, si è iniziata la divisione dei gruppi di lavoro e si è fissato per cia-

scuno il programma di lavoro nei giorni successivi. (I numeri e il programma fissato appaiono della relazione che si allega sul progetto del Sincrotrone. Questo progetto non è affatto definitivo, ed ha lo scopo di inquadrare il problema e di educarci: il progetto definitivo sarà steso dopo il viaggio negli S.U.)

I gruppi - al 6 Marzo - risultavano così costituiti:

Gruppo teorico: Persico, sovrintendente al gruppo; Caianiello; Turrin; un calcolatore ad ore.

Magnete ed eccitazione: Salvini; Amman; Pellaschiar.

Iniettore: Istituto Superiore di Sanità.

Radio frequenza: Carrara, Gozzini, Canarutto.

Ciambella, vuoto e correnti parassite: Tagliaferri; Corazza.

Il 20 Marzo ci si è riuniti nuovamente in Pisa col Prof. Sands per discutere il lavoro fatto. Ogni gruppo ha presentato i calcoli fatti, i dubbi apparsi, le cifre di costo scaturite dai primi contatti con l'industria. In questa riunione si è cominciata a delineare la struttura del Sincrotrone in progetto, ma è apparso anche che è essenziale risolvere i calcoli teorici necessari per definire le dimensioni dell'interferro prima di poter definire completamente un progetto e fare un preventivo. Questi calcoli richiederanno un paio di mesi o più.

Il 27 Marzo è rientrato dall'India il Prof. Quercia il quale ha iniziato l'organizzazione della parte elettronica, controlli e servizi.

A tutt'oggi il lavoro è ripartito nel modo seguente:

GRUPPO TECNICO: Prof. Persico, Turrin, parte Salvini.

MAGNETE ED ECCITAZIONE: Salvini, Amman (presto un altro ingegnere).

INIEZIONE: Istituto Superiore di Sanità.

RADIO FREQUENZA: Carrara, Quercia, Fuglisi.

CIAMBELLA, VUOTO E CORRENTI PARASSITE: Tagliaferri, Corazza.

ELETTRONICA, CONTROLLI E SERVIZI: Quercia, Puglisi.



2° - Progetto di massima del Sincrotrone

Riferiamo qui sul lavoro sino ad ora svolto per lo studio del progetto. Questo progetto non è ancora ultimato e non può ancora produrre un preventivo completo per le seguenti ragioni: a) è necessario terminare gli studi teorici per fissare le dimensioni dell'interferro, il cui volume influisce circa linearmente sul costo totale; b) non tutte le ditte hanno ancora inviato i preventivi richiesti; c) mancano ancora quasi completamente dati tecnici-industriali e costi per l'iniettore.

1.- Dati di massima del Sincrotrone, da 600 MeV.

|  |  |
|--|--|
| Raggio dell'orbita stabile               | cm 200   |
| Dimensioni dell'interferro               | cm 7 (altezza)<br>cm 15 (larghezza)                          |
| Energia massima degli elettroni          | 600 MeV  |
| Valore di n                              | .58  |
| Frequenza di rivoluzione degli elettroni | ~20 Megacicli al secondo.                                    |
| Lunghezza delle 4 sezioni diritte        | cm 60  |
| Eccitazione del Magnete                  | 20 periodi al secondo (sinusoidale)                          |
| Valore massimo del campo                 | 10.000 gauss   |
| Sistema radiofrequenza                   | 1 cavità risonante modulata<br>1 cavità a frequenza costante |
| Tensione massima della cavità risonante  | circa 20.000 Volt  |
| Q della cavità                           | si spera 20.000  |
| Iniettore                                | Van der Graaf da 1 o 2 milioni di V.                         |
| Peso del Magnete                         | Ferro 40 tonnellate<br>Rame 6 tonnellate                     |

|   |                  |
|---|------------------|
| Tensione (valore efficace) ai capi del circuito di eccitazione. | 4040 Volt        |
| Corrente (valore efficace)                                      | 2460 Ampere      |
| Numero di elettroni accelerati al secondo                       | ~10 <sup>n</sup> |

2.- Magnete ed eccitazione.

Si sono studiate alcune possibili strutture del magnete, tutte in massima realizzabili dall'industria nazionale (informazione ottenuta dalla Ansaldo San Giorgio). I disegni in fig. 1 e 2 illustrano la forma di una di tali strutture, alla quale si riferiscono i dati di massima sotto riportati, e le strutture di uno dei quattro settori del magnete.

|                                       |                              |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Dimensioni interferro                 | cm <sup>3</sup> 7 x 15 x 27R |
| Potenza magnetizzante                 | 9.900 kVAr                   |
| Energia accumulata in un ciclo        | 79.500 Joule                 |
| Aspire (valore efficace)              | 39.400 Asp                   |
| Corrente ( " " )                      | 2.460 A                      |
| Tensione ( " " )                      | 4.040 V                      |
| Numero di spire                       | 16                           |
| Densità di corrente (valore efficace) | 3.45 A/mm <sup>2</sup>       |
| Peso Ferro (lamierino da 0.3 mm)      | circa 40 tonnellate          |
| Peso Rame                             | circa 6 tonnellate           |
| Perdita ferro                         | circa 10 kW                  |
| Perdita rame                          | 170 kW                       |
| Perdite totali                        | circa 180 kW                 |

Le bobine di eccitazione sono conduttori di sezione rettangolare, 75x10 mm, con foro centrale di Ø 5 mm per il passaggio dell'acqua di raffreddamento; secondo quanto già è stato fatto da Kerst e sarà fatto da Wilson, si pensa di fare dei quattro quadranti del magnete, quattro gruppi separati, alimentati in serie, disponendo la bobina di ritorno all'esterno del polo.



la tensione del generatore. La necessità di avere una frequenza assolutamente costante, esige un generatore indipendente dalla rete: il complesso potrebbe quindi essere così costituito:

rete ÷ raddrizzatori statici ÷ motore a c.c. con regolazione di velocità tipo Ward-Leonard (dinamo tachimetrica sull'asse motore-generatore con regolazione elettronica della tensione di alimentazione del motore a c.c.) generatore monofase a 20 periodi al secondo.

COSTI Insieme all'Ing. Lotti (della Ditta Ansaldo S. Giorgio) si sono stimati i seguenti prezzi:

|                         |     |         |
|-------------------------|-----|---------|
| Magnete (ferro + rame)  | 55  | Milioni |
| Condensatori            | 45  | "       |
| Gruppo di alimentazione | 35  | "       |
| pari ad un totale di    | 135 | "       |

Per migliorare le condizioni all'iniezione, venne richiesta una deformazione della forma del campo (che è con notevole approssimazione sinusoidale), per valori di questo fino a 100 gauss, tale da ridurre la pendenza a circa 1/4 di quella della sinusoidale. Sono ora allo studio i mezzi con cui ottenere questo risultato.

### 3.- Iniezione.

Si è considerata un'iniezione con Van der Graaf di 1 o 2 milioni di Volts. Per questa iniezione sarà conveniente rallentare il campo magnetico all'inizio (tra 0 e 80 gauss), con accorgimenti che sono allo studio. L'unico prezzo pervenuto sino ad ora è 60-70 mila dollari per una Van der Graaf da 2 milioni di Volts. Questo prezzo sarebbe notevolmente maggiore da quello indicato dal Prof. Wilson della Cornell University in un suo preventivo, e dal Prof. Amaldi nella riunione del 19 Febbraio. E' giunta recentemente notizia che un trasformatore di impulsi da 1.000.000 Volt x 0.1  $\mu$  sec costa circa 5.000 dollari.

Il raccordo tra l'iniettore ed il magnete è indicato nella fig: 3

4.- Radio Frequenza.

Il Prof. Carrara ha dato le dimensioni per due cavità risonanti che potrebbero entrambe essere adatte al nostro sincrotrone. Entrambe queste cavità possono essere destinate, come si dirà, alla accelerazione finale degli elettroni e sono state calcolate per frequenze definite da orbite circolari. (Possibilità di funzionamento a 24 MHz o a 48 MHz sulla IIa armonica). Successivamente, tenendo conto del reale percorso degli elettroni (tratti rettilinei e curvilinei) si sono adottate le frequenze di 20 o 40 MHz (secondo che la radio frequenza lavori sulla prima o sulla seconda armonica). Le dimensioni di queste cavità (dedotte dal Prof. Carrara in attesa del calcolo esatto) risultano le seguenti:

Cavità per 30 MHz

- $\rho_1 = 100,0$  cm
  - $\rho_2 = 175$  cm
  - $z = 70$  cm
  - $\delta = 4$  cm
- con un fattore di merito di 23.000

Cavità per 40 MHz

- $\rho_1 = 75$  cm
  - $\rho_2 = 112,0$  cm
  - $z = 40$  cm
  - $\delta = 4$  cm
- Con un fattore di merito di poco superiore a 18.000

Viste le notevoli dimensioni della cavità risonante a 20 MHz è stata accolta la proposta di far lavorare la radio frequenza in seconda armonica ossia a 40 MHz. In questo modo come si vede dalle dimensioni e dal disegno qui allegato la cavità risulta molto più piccola, quindi più economica, più facilmente sistemabile e meno facilmente deformabile.

La tensione di lavoro per questa cavità sarà presumibilmente compresa tra 15 e 20 kV. Questo per quanto riguarda la cavità a frequenza fissa che deve accelerare gli elettroni da 10 MeV fino al max.

E' prevista pure una cavità a frequenza variabile. La variabilità sarà tra 37,8 e 40 MHz, e la cavità dovrà essere studiata in modo da farsi che non si abbassi troppo il suo fattore di merito durante l'escursione di frequenza. Questa cavità dovrà accelerare gli elettroni da 1 o 2 MeV sino a 10 MeV.

Non si è ancora iniziato il progetto del generatore a Radio frequenza in quanto il tipo di oscillatore (probabilmente un Hartly), le valvole stesse, e il complesso modulatore vengono a dipendere fortemente dal grado di stabilità richiesto per la frequenza e dall'andamento nel tempo della tensione ai capi del risuonatore; valori questi che devono essere ancora fissati. Comunque, secondo i competenti, tutto il gruppo a "radio frequenza" non presenterà difficoltà eccessive.

Il complesso a Radio Frequenza comprenderà:  
 alimentatore di corrente per i filamenti, ed alimentatori di tensioni per i servizi e le polarizzazioni;  
 Alimentatore regolato di A T;  
 Generatori e modulatori (uno in ampiezza ed uno in frequenza);  
 Risuonatori;  
 Generatori di forme d'onda per le modulazioni;  
 Servizi.

Un punto delicato sarà quello di dare le dimensioni esatte per le cavità risonanti (e specialmente per quella a frequenza fissa). Per questo è stato deciso di costruire un modello di R F usando una cavità di dimensioni ridotte e corrispondentemente una frequenza più elevata. Tale modello verrà costruito e studiato presso il Centro Microonde di Firenze.

Circa i costi presenti possiamo dare i seguenti valori:

|  |              |
|--|--------------|
| a) costruzione del modello   | £. 1.500.000 |
| b) Cavità risonanti e prove per esse   | £. 2.000.000 |
| c) Generatori e modulatori R F   | £. 4.000.000 |
| d) alimentatori filamenti, polarizzazioni e servizi - Alimentatore A T - Generatori forme d'onda e servizi | £. 6.000.000 |

- 29 -

Quindi, in totale la spesa per il gruppo "R.F." si dovrebbe aggirare sui 13,5 milioni di lire.

#### 5.- Ciambella e vuoto.

E' da prevedere che la costruzione della ciambella presenterà difficoltà tecniche piuttosto notevoli. Non si sono ancora scelti nè i materiali nè la struttura della ciambella. Si stanno attualmente studiando le soluzioni in vetro, in quarzo, in acciaio inossidabile, ed una soluzione mista acciaio inossidabile e vetro. La soluzione in quarzo è suggerita dall'alto livello tecnico raggiunto da alcune ditte, per esempio Ma Quartz e Silice di Parigi, rappresentata in Italia. Per la costruzione in porcellana è stata interpellata la Ditta Richard Ginori - Doccia (Firenze) la quale si è dimostrata molto dubitosa di poter riuscire a realizzare i pezzi secondo le nostre prescrizioni.

Il problema della vuotatura non sembra presentare difficoltà sostanziali. Si esige un vuoto migliore di  $10^{-5}$  mm Hg. ; la superficie interna del recipiente da vuotare è di circa 10 mq e si stima quindi una portata totale di 2000 litri al secondo per le pompe a diffusione cui corrisponde una portata di 60 mc/h per la pompa preliminare. Per ragioni di conduttanza nei tratti curvilinei della donut è opportuno disporre 4 pompe a diffusione da circa 500 litri/secondo ciascuna, per esempio nelle quattro sezioni diritte.

Il prezzo dell'impianto di vuoto con i suoi controlli e le canalizzazioni potrà probabilmente essere contenuto entro i 4 milioni. Il costo anche approssimativo per la realizzazione della ciambella ci è impossibile prevederlo non sapendo di quale materiale sarà costruita e quanto influenzerà il suo costo la speciale lavorazione e le prove necessarie alla costruzione.

6.- Elettronica, Controlli e servizi.

E' stato deciso di costituire presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa un laboratorio di elettronica per la progettazione e la prova delle apparecchiature elettroniche che occorreranno per il Sincrotrone. Si prevede che in questo laboratorio verranno progettati e costruiti:

- a) gli apparecchi necessari per le misure relative al magnete
- b) il circuito principale di sincronizzazione (master timing circuit)
- c) i generatori di forma d'onda per le modulazioni in frequenza ed in ampiezza delle Radiofrequenze.
- d) circuiti elettronici ausiliari.

Questo laboratorio inizierà il lavoro probabilmente ai primi del prossimo mese di maggio. Non è stato ancora possibile fare una stima del costo per l'allestimento di questo laboratorio. Per quanto riguarda il problema dell'organizzazione generale del sistema di controllo e comando del Sincrotrone, d'ora in poi indicato come "controllo", si è studiata la relazione relativa al controllo del sincrotrone di Caltech, ed alcune relazioni sul "controllo" del sincrociclotrone per protoni da 600 MeV del CERN. In base a questo studio è stata progettata in linea di massima la disposizione dei pannelli di controllo come indicato nella fig.6, e che risponde ai seguenti criteri generali:

- Sul pannello centrale di controllo (PCC) in A, si trovano accentrati tutti i comandi e gli strumenti necessari per controllare il normale funzionamento della macchina. Vi si trovano anche i dispositivi di allarme che avvertono il disfunzionamento di qualche organo della macchina.
- Sul pannello B sono accentrati tutti i servizi elettronici a bassa potenza come: sincronizzatore principale, generatori forme d'onda per la modulazione della R F, servizi elettronici per il controllo del fascio etc.
- Sul pannello C sono accentrati i terminali di tutte le connessioni di controllo, e i terminali dei cavi schermati che distribuiscono le varie

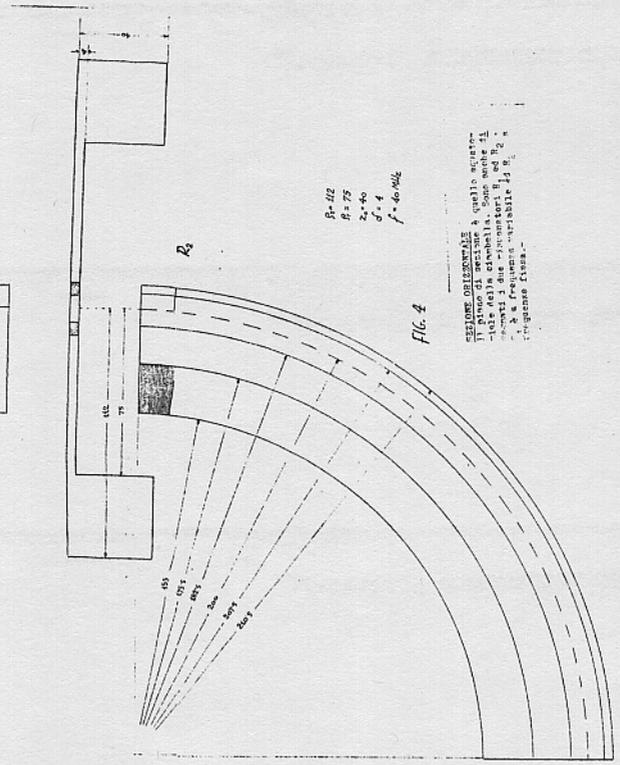
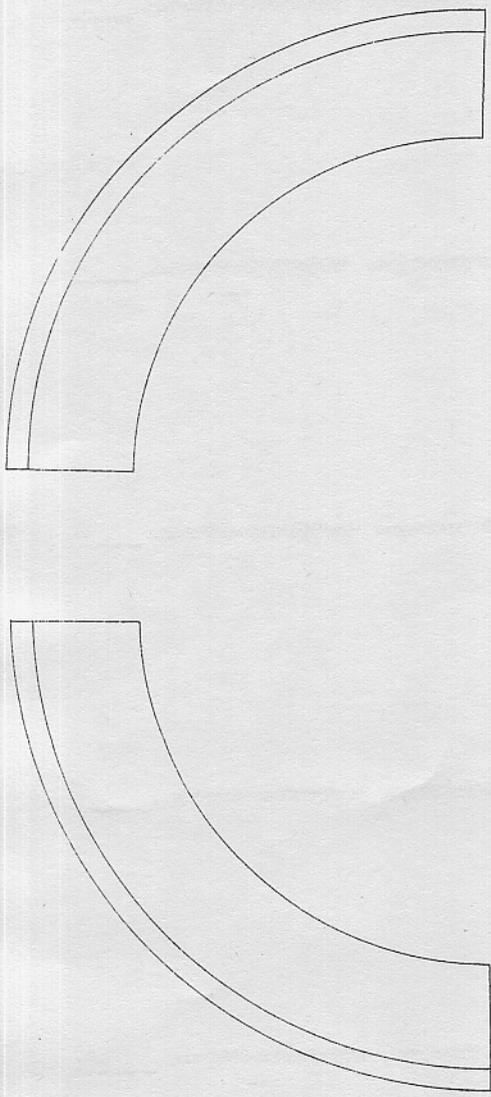
forme d'onda. Vi si trovano anche i relays necessari alle operazioni di controllo eseguite dal PCC.

- Sul pannello D compaiono sette forma di luci colorate le informazioni relative allo stato di funzionamento dei singoli organi controllati.

- I pannelli E ed F si trovano in prossimità del fascio uscente e provvedono a fornire i servizi necessari per gli apparecchi sperimentali per l'utilizzazione del fascio.

In base a questo schema i vari gruppi (magnete - vuoto - radio frequenza - iniezione) hanno iniziato a considerare i controlli necessari alle singole parti della macchina. Quando queste informazioni verranno completate sarà possibile fare un quadro d'insieme del sistema di controllo ed avere una stima del suo costo.

Il problema dei servizi come: 1) impianto centrale di raffreddamento; 2) impianto di intercomunicazione; 3) impianto di aereazione e condizionamento d'aria; 4) distribuzione delle linee elettriche ad alta e bassa frequenza, non è stato preso ancora in considerazione perchè lo si pensa strettamente dipendente sia dalla costruzione dell'edificio, sia dal luogo dove questo verrà a trovarsi.



$R=112$   
 $R=75$   
 $Z=40$   
 $d=1$   
 $f=40 \text{ MHz}$

Fig. 4

SEZIONE ORIZZONTALE  
 Il piano di sezione è quello indicato  
 nelle note. Le dimensioni sono in  
 mm. Le linee tratteggiate indicano  
 la posizione delle parti non  
 rappresentate in questa sezione.

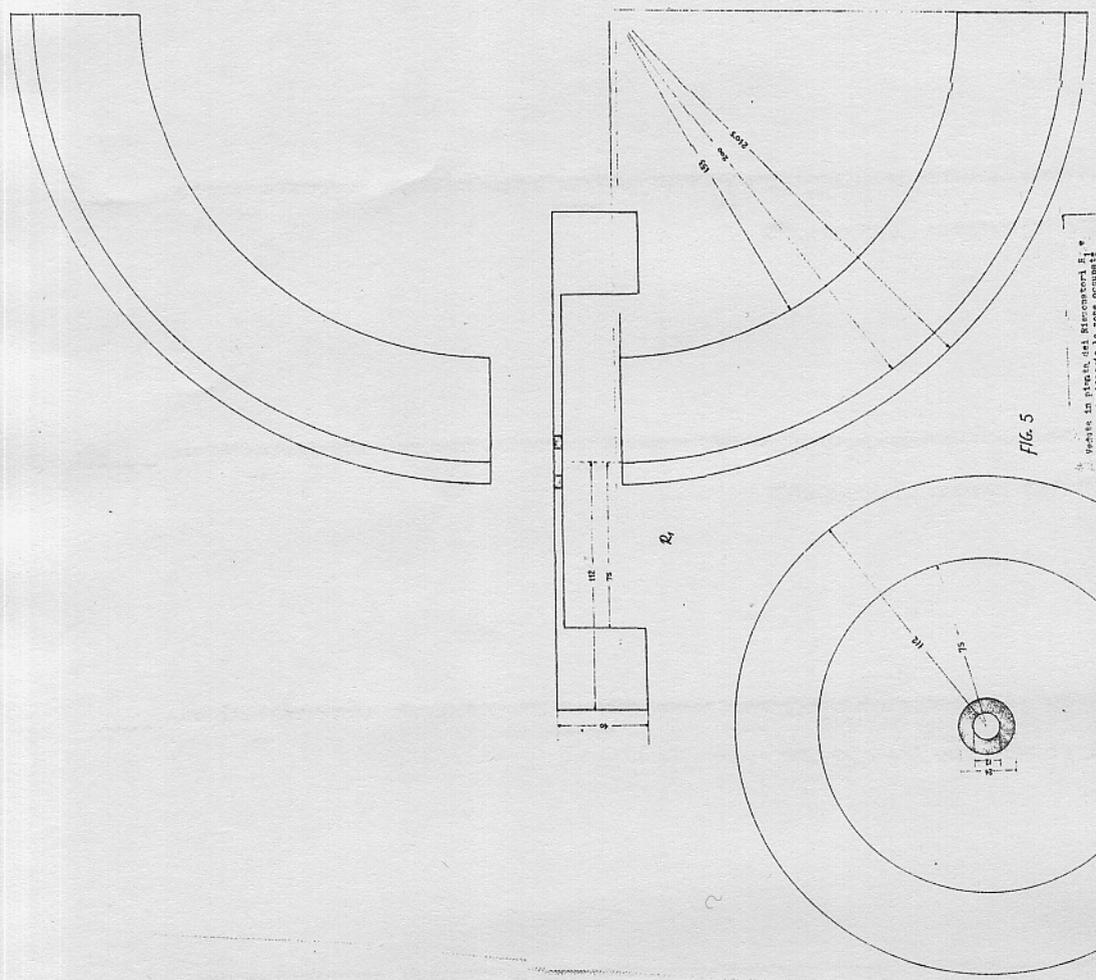


Fig. 5

SEZIONE IN PIANO DEL SINCROTRONE  
 R1: in tralascio le zone occupate  
 dal sistema di iniezione.

|   |                |
|---|----------------|
| INPN del CNR - SEZIONE ACCELERATORE - PHA |                |
| FILE N° 415                               | DATA: 11/11/73 |
| SCALE: 1:10                               |                |

SINCROTRONE  
 RADIOMATRONE

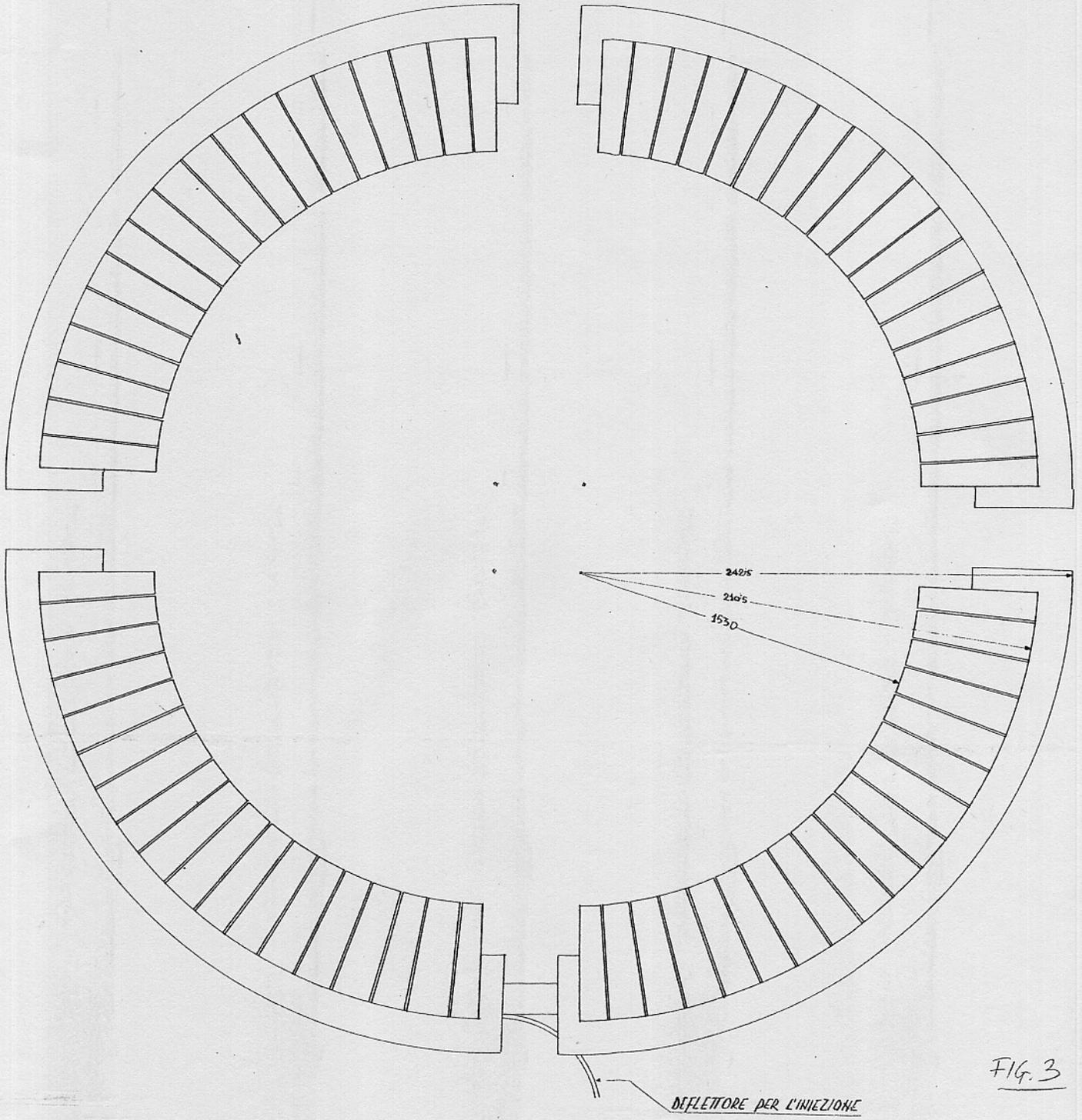
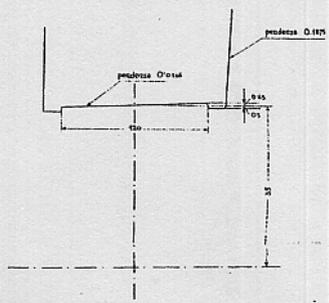
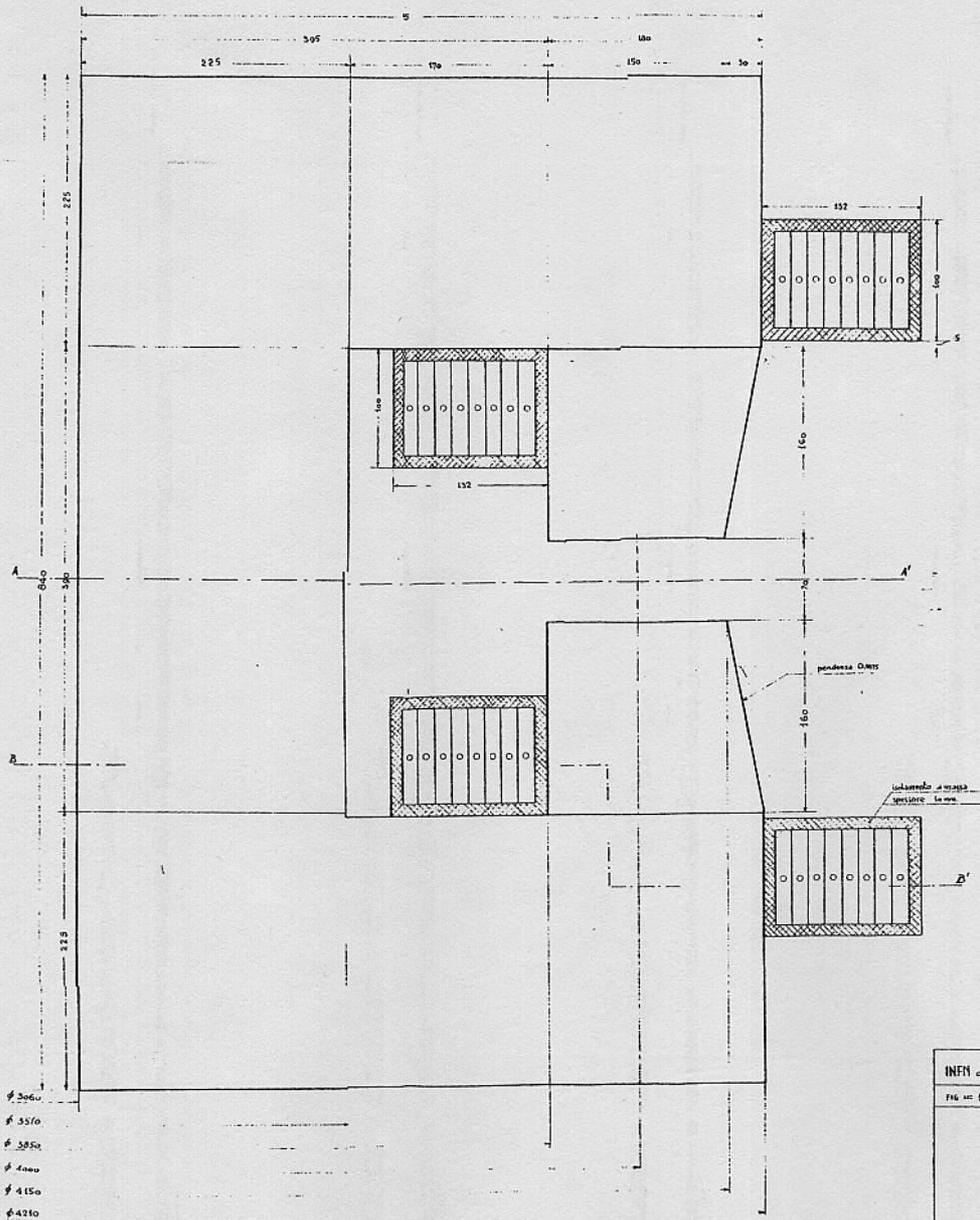


FIG. 3



particolare dell'esposizione polare  
 con stabi deformate - scala orizz : 1cm = 0.02m  
 scala vert : 1cm = 0.005m

|  |                 |            |
|--|-----------------|------------|
| INFN del CNR - SEZIONE ACCELERATORE - PISA |                 |            |
| Fig. n. 1                                  | Data 10-1-1955. | Scala: 1:2 |
| SINCROTRONE                                |                 |            |
| MAGNETE                                    |                 |            |

Fig 1

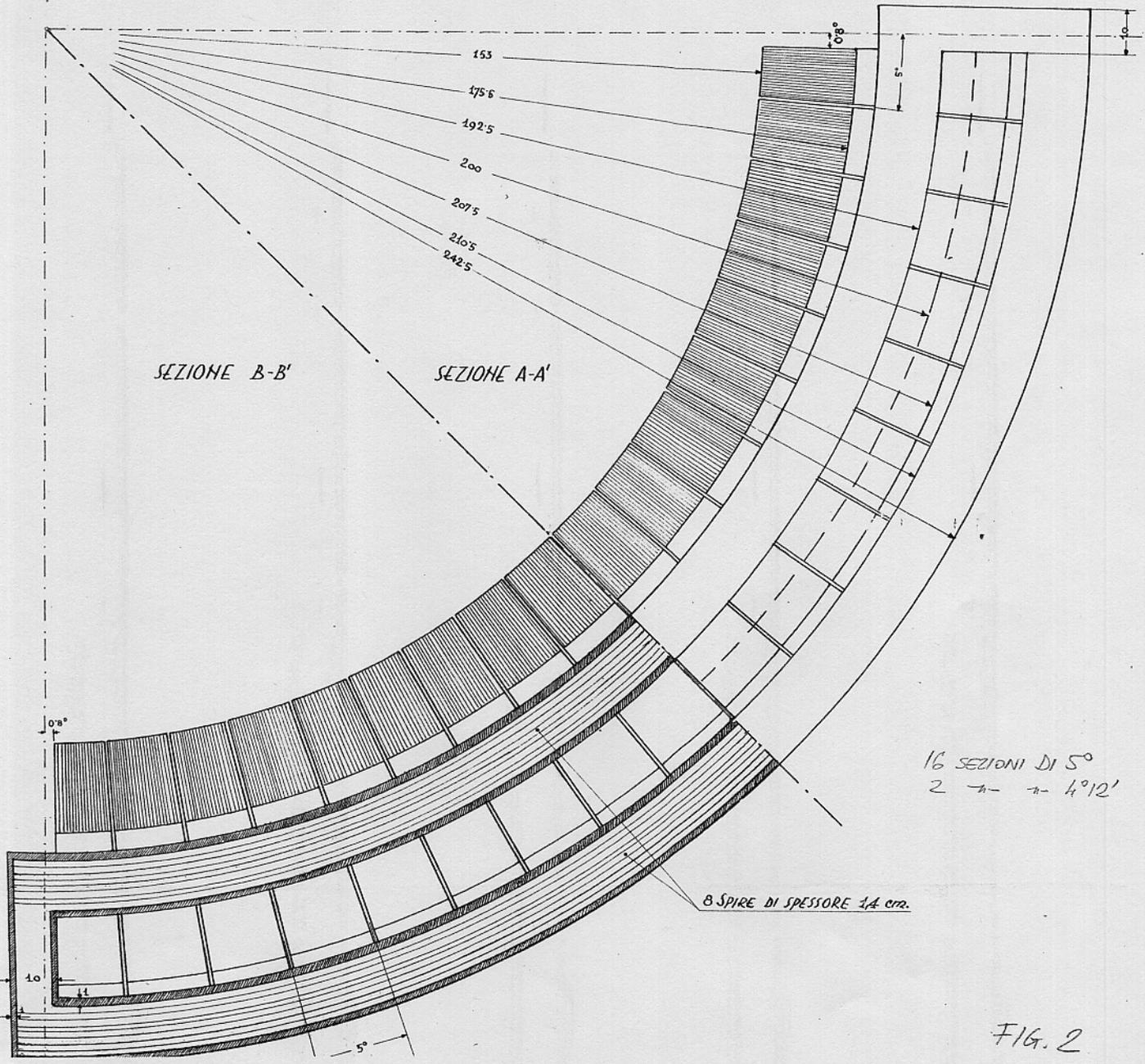


FIG. 2