

CAPITOLO II

Servizi e laboratori speciali.

G. CARERI, R. CERCHIA, G. CORAZZA, G. GHIGO, G. MONETI, I. F. QUERCIA,
G. SACERDOTI, G. SALVINI e R. TOSCHI

1. - Premessa.

In questo capitolo si vuole riferire brevemente sui laboratori e sui servizi del Centro di Frascati (Fig. IX.11.1) con particolari accenni agli impianti speciali e generali ad essi connessi. Di questi servizi si è in parte parlato in precedenti pubblicazioni [1, 2, 3].

La sintesi qui riportata è fatta con l'intento di presentare le soluzioni da noi adottate a chi dovesse affrontare analoghi problemi.

Per un quadro sulla distribuzione nel tempo di queste realizzazioni rimandiamo al Cap. II della Parte I.

2. - Laboratorio criogenico.

L'attività di questo laboratorio [3] può essere compendiate come sotto descritto:

A) Rifornimento di gas liquefatti ai gruppi che lavorano nei laboratori di Frascati ed altri laboratori di ricerca italiani. L'attrezzatura di cui è dotato il laboratorio consiste in:

1) Un liquefattore Collins (Fig. IX.11.2) per elio ed idrogeno della A.D.L. (USA) con produzione di circa 7 l/h di liquido. La quantità mensile di idrogeno liquido prodotta è circa 100 litri, mentre quella dell'elio è di 150 litri.

2) Due liquefattori Philips per azoto: produzione 4 l/h ciascuno. La produzione mensile è di 4000 litri. Parte del fabbisogno ($\approx 40\%$) viene acquistato dall'industria.

3) Un liquefattore Philips per aria: produzione 5 l/h. La produzione mensile ammonta a circa 2000 litri.

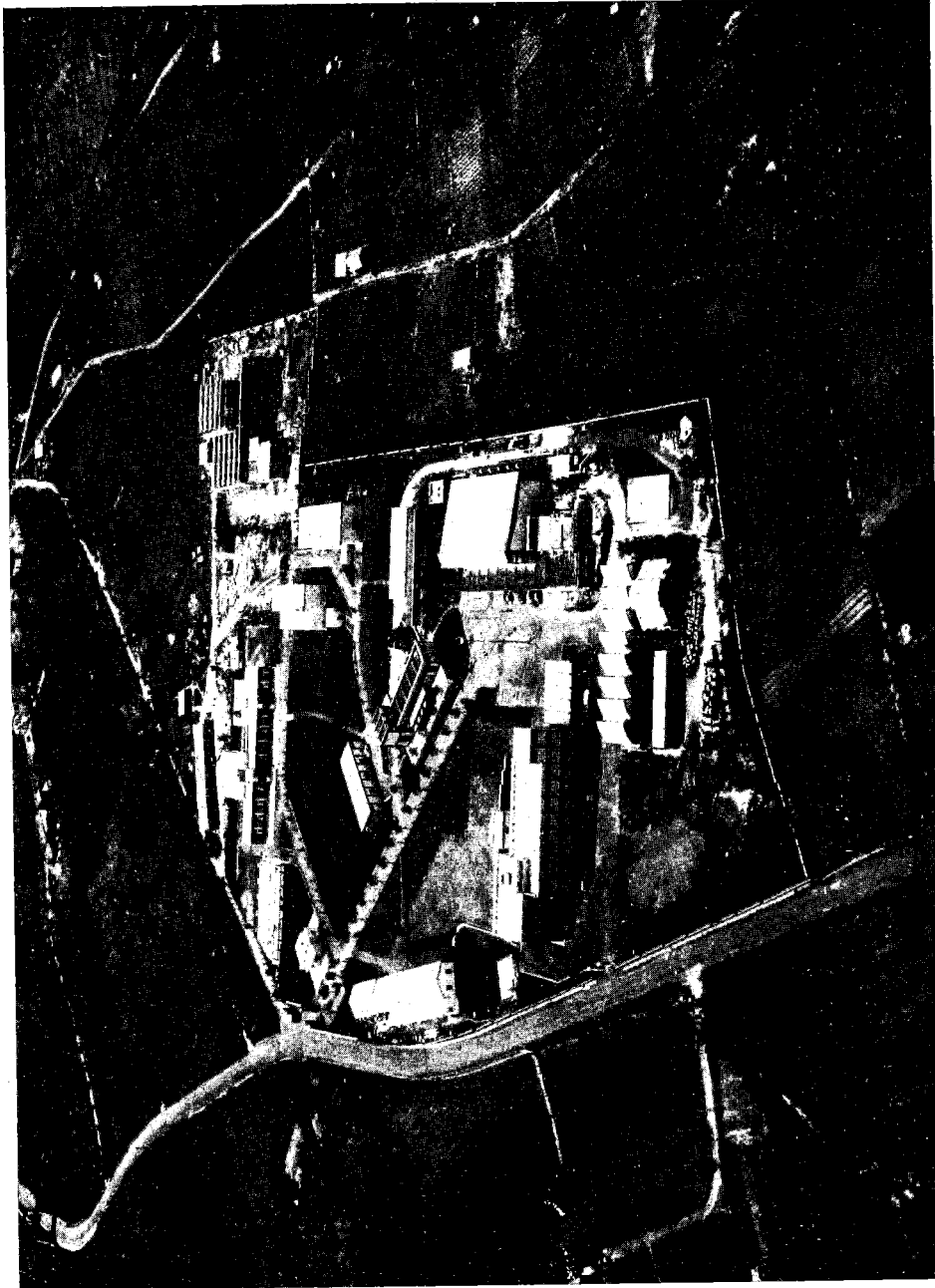


Fig. IX.m.l. - Vista aerea dei laboratori.

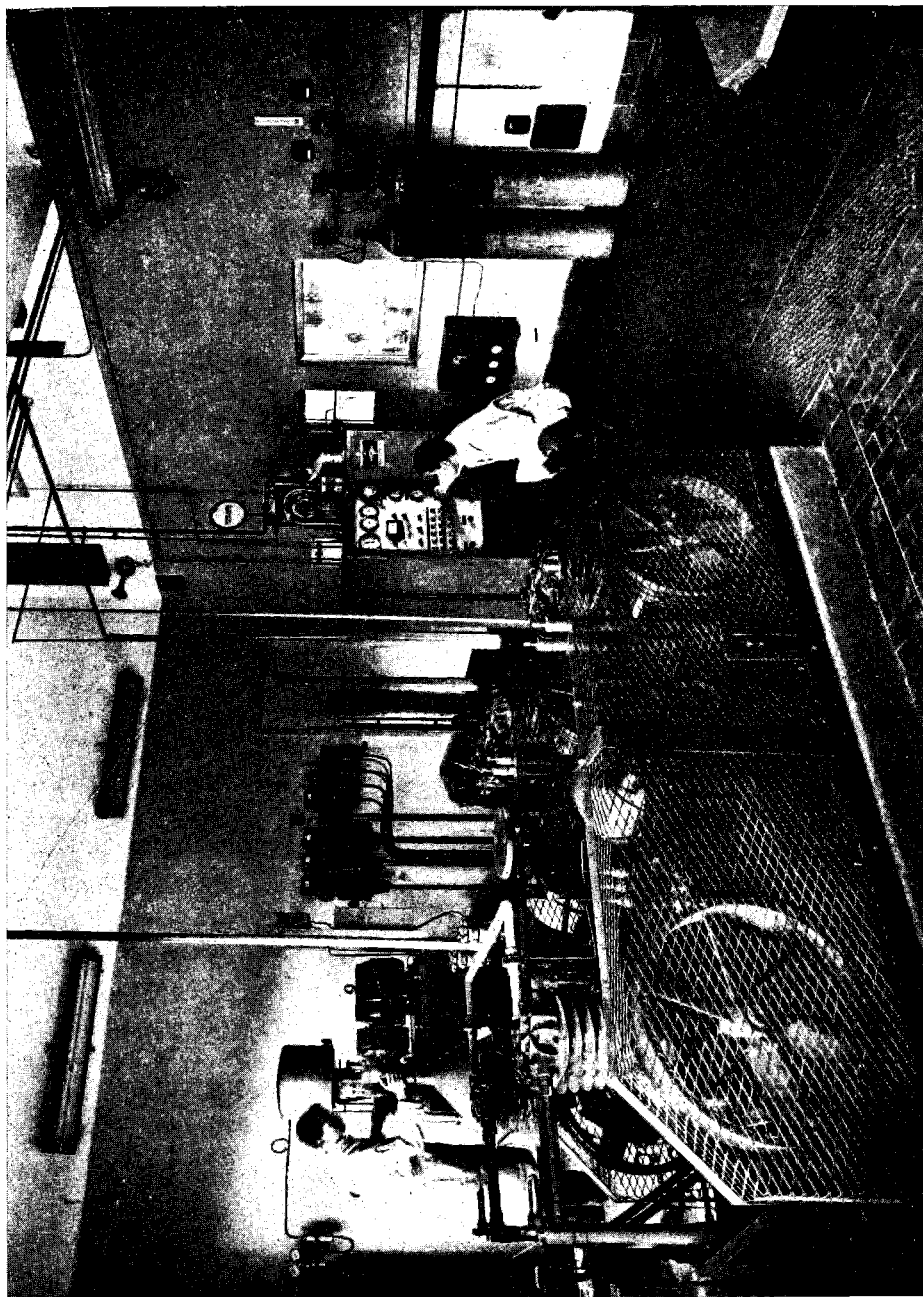


Fig. IX.ii.2. - Vista parziale del laboratorio criogenico. A sinistra uno dei liquefattori Philips; a destra il liquefattore Collins per l'elio e l'idrogeno.

B) Progettazione, costruzione, messa a punto, collaudo e manutenzione di bersagli freddi usati nelle esperienze col fascio dell'elettrosincrotrone (e.s.):

1) Un bersaglio con cella isolata e vuoto, con riserva di idrogeno e schermi termici raffreddati con azoto liquido è entrato in funzione nell'estate del 1958 ed è ancora utilizzato.

2) È stato messo a punto un bersaglio simile, ma con la possibilità di usare deuterio in alternativa all'idrogeno nella cella sperimentale e con migliori prestazioni. Le principali caratteristiche di esso sono: la facilità nel cambiare la cella rapidamente senza pregiudicare la struttura dell'insieme; volume della cella esposta alla radiazione molto maggiore; velocità di evaporazione molto bassa, intorno a 0.02 l/h di idrogeno liquido e 0.25 l/h di azoto liquido.

3) È stato realizzato un bersaglio per solo deuterio condensato per contatto con idrogeno liquido rifornito per trasferimento da un dewar commerciale. Sono stati costruiti tre bersagli ad idrogeno liquido riforniti da dewar commerciali. La velocità di evaporazione di questi ultimi quattro bersagli è 0.1 l/h di liquido.

C) Nel 1959 un gruppo dell'Università di Genova ha effettuato presso questo laboratorio misure relative all'equilibrio liquido-vapore in miscele isotopiche di liquidi semplici usando un criostato ad idrogeno ed azoto liquidi. Un gruppo dell'Università di Roma ha misurato il coefficiente di diffusione di neon ed elio in idrogeno liquido. Infine il gruppo « Camera a bolle ad elio » dell'Università di Roma ha costruito e collaudato la camera a bolle da 4 litri da esporre al fascio del protosincrotrone del CERN a Ginevra.

Il laboratorio criogenico fu progettato e costruito tenendo presente la pericolosità delle operazioni che in esso si sarebbero successivamente eseguite; pertanto fu ubicato in zona periferica, con vasto argine di protezione; furono adottati per l'edificio tutti gli accorgimenti atti a limitare al massimo i danni susseguenti ad un eventuale esplosione evitando quanto più possibile le cause d'innescio: copertura leggera semplicemente appoggiata sulle murature perimetrali, apparecchiature elettriche antiscintilla, quadro elettrico e centralina di riscaldamento in locale rigorosamente separato, avvisatori acustici di concentrazioni pericolose dei gas combustibili, abbondante ventilazione forzata, deposito delle bombole di gas, in ambiente separato ed aerato.

3. - Servizio elettronico.

Durante gli anni di costruzione dell'e.s., il gruppo di elettronica aveva il compito di progettare, provare e realizzare le apparecchiature per il controllo

dell'e.s. e dei servizi ausiliari, nonchè di fornire appoggio specifico agli altri gruppi, per la progettazione di apparecchiature elettroniche.

In questo lavoro era stato necessario sviluppare un aspetto particolare e forse, da noi, inconsueto dell'elettronica; si trattava di realizzare circuiti relativamente convenzionali ma realizzati con componenti di alta o altissima qualità, tali da consentire prestazioni ininterrotte con tolleranze ristrette. Per questo scopo è stato necessario affiancare e fare crescere accanto al laboratorio di elettronica dove i circuiti venivano progettati e sviluppati come prototipi, un reparto che trasformasse i prototipi di laboratorio in apparecchi e strumenti della classe desiderata.

La realizzazione di questi risultati ha richiesto un lavoro, durato più di un anno, di reperimento e collaudo di componenti elettronici di alta qualità: dai tubi elettronici, alle resistenze; dalle vernici, ai supporti ceramici dei circuiti. Inoltre ha dovuto essere studiata e realizzata una particolare meccanica, quella degli chassis standard, dei supporti, dei connettitori ecc., che consente la sicura intercambiabilità dei pezzi e degli apparecchi.

Da queste esigenze sono venute accumulandosi esperienze e capacità professionali tali da individuare un reparto a se stante che ora prende il nome di « Servizio Elettronico ». In questo reparto sono venuti progressivamente a confluire nuovi compiti, specie quando dalla fase di realizzazione dell'e.s., si è passati alla fase di esercizio di esso e sperimentazione. Attualmente i compiti del servizio si precisano come segue:

a) Progetto, disegno, archivio di circuiti elettronici nella loro forma esecutiva. Si tratta della progettazione degli apparati elettronici dalla forma di prototipo, alla loro forma finale; della esecuzione dei relativi disegni secondo gli standard; della collezione e archiviazione dei disegni delle apparecchiature realizzate.

b) Scelta dei componenti elettronici. I componenti delle qualità e caratteristiche desiderati vengono reperiti sul mercato e collaudati. Periodicamente, in collegamento con il reparto elettronica e radio frequenza, vengono pubblicati listini di componenti e norme per l'impiego di essi. A questa fase del lavoro si affianca la partecipazione alla discussione, nelle sedi opportune, degli standard internazionali di componenti per circuiti elettronici da impiegare nei laboratori di ricerca nucleare.

c) Manutenzione strumentazione elettronica. È curata da questo servizio sia di propria iniziativa, sia su richiesta dei reparti che hanno necessità di manutenzione e riparazione dei propri strumenti.

d) Officina montaggio elettronico. Provvede alla realizzazione delle apparecchiature elettroniche commissionate secondo le specifiche dei progetti. Di recente è stata corredata dalla attrezzatura necessaria per realizzazione di circuiti stampati.

e) Officinetta meccanica. Collabora con la officina montaggio elettronico per l'aggiustaggio e la realizzazione di lavorazioni meccaniche speciali.

Naturalmente il servizio elettronico, nelle attività su descritte collabora non solo con i gruppi e i laboratori di Frascati, ma anche con i gruppi dell'INFN che utilizzano l'e.s. per le sperimentazioni.

4. - Officina meccanica.

Sin dall'inizio della nostra attività si decise di avere un'officina meccanica di livello sufficientemente elevato, che escludesse soltanto le lavorazioni straordinarie per mole e per precisione. È da osservare che questo secondo caso si è presentato molto raramente, e che tutti i lavori di carattere ordinario e non riguardanti direttamente la macchina o la sperimentazione da eseguire con essa venivano affidati a Ditte esterne.

Abbiamo ritenuto necessario un contatto stretto tra l'officina ed i laboratori esperienze, distaccando anzi ove occorreva macchine ed uomini d'officina presso altri servizi, come nel caso dell'officina elettronica.

L'edificio officina è ubicato in prossimità dell'edificio macchina, con struttura in calcestruzzo armato e copertura a shed; si è badato ad assicurare agli ambienti di lavoro la migliore illuminazione naturale possibile, vasti accessi per il passaggio dei semilavorati e dei prodotti finiti; si è predisposta una conveniente rete di passaggi sotto pavimento per i cavi di alimentazione delle macchine utensili.

Adiacente all'officina è un reparto carpenteria e verniciatura realizzato successivamente coprendo con capriate in ferro ed eternit un piazzaleto già esistente.

5. - Laboratorio magneti.

L'attività di questo laboratorio, sorto come naturale sviluppo del gruppo magneti dell'e.s., è stata rivolta soprattutto alla progettazione, misure magnetiche e costruzione dei magneti per le varie esigenze del Centro di Frascati.

Sono stati inizialmente progettati due magneti analizzatori (Fig. IX.11.3), un magnete per lo spettrometro a coppie [4], un magnete per camera a diffusione [5], due quadrupoli per un canale magnetico, oltre che piccoli magneti (per es. i magneti per le pompe al titanio). Per questa attività si è attrezzata una piccola officina comprendente due torni, due avvolgitrici per barra di rame, un essiccatoio.

Tra i magneti più notevoli per mole ed originalità ricordiamo qui il magnete in aria e ferro realizzato per misurare le quantità di moto delle particelle ioniz-

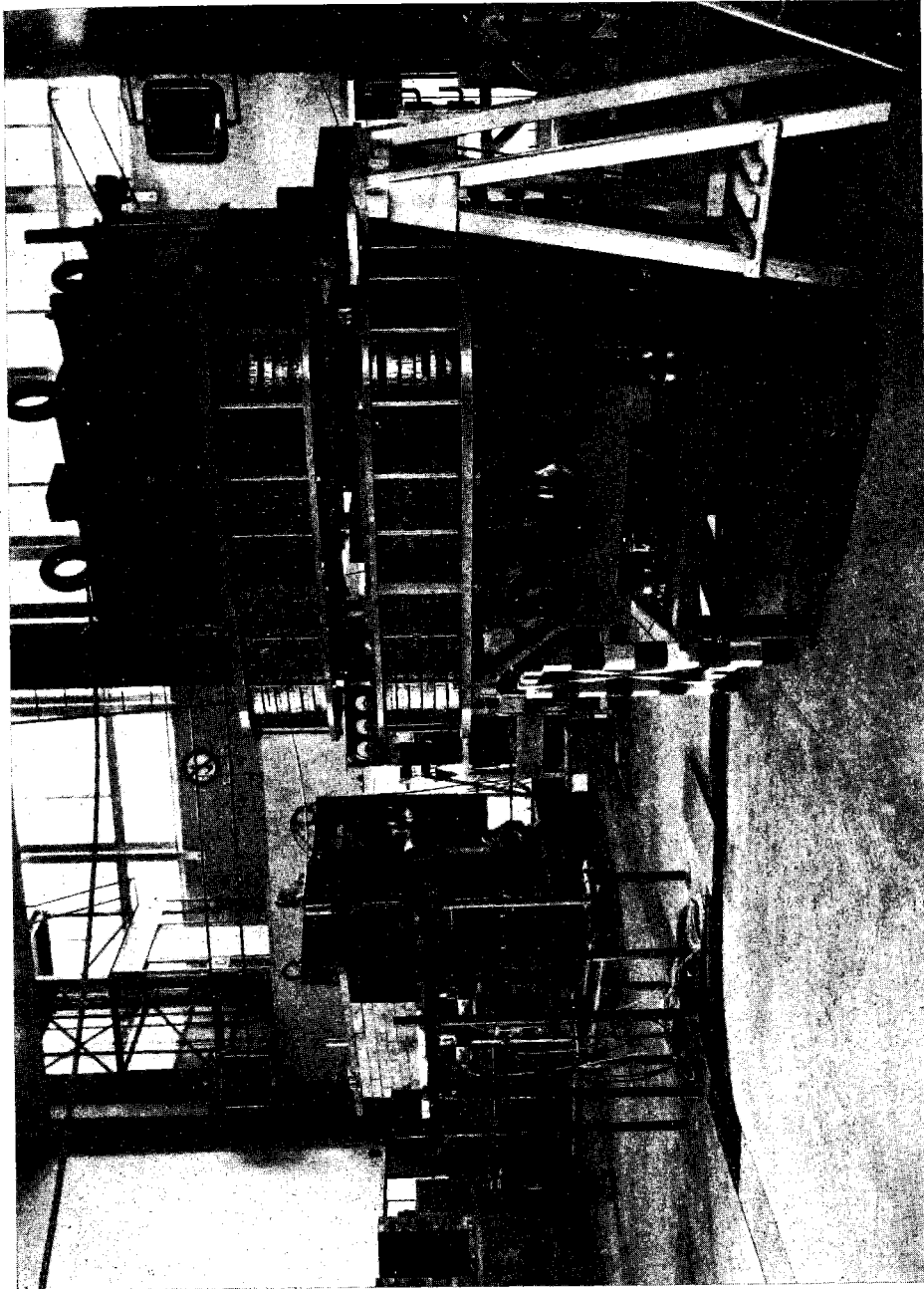


Fig. IX.ii.3. - Uno dei due magneti analizzatori. In secondo piano lo spettrometro a coppie.

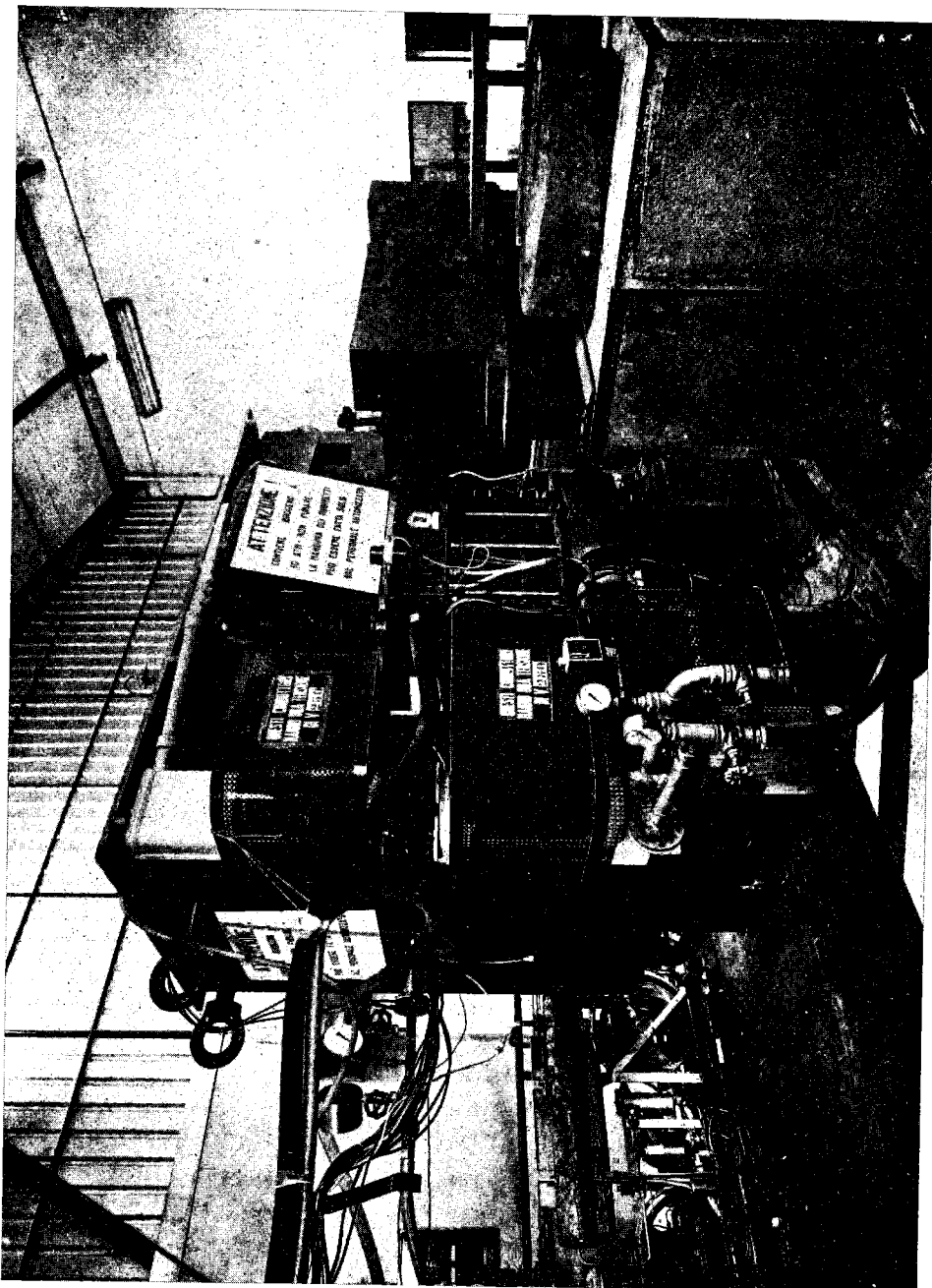


Fig. IX.n.4. - La camera a diffusione dell'Università di Genova, nel suo magnete.

zanti emesse in processi di fotoproduzione entro la camera a diffusione dell'Istituto di Fisica dell'Università di Genova. Si tratta essenzialmente (Fig. IX.II.4) di due bobine di Helmholtz con il campo rinforzato con un mantello di ferro esterno. Questo magnete produce in una zona libera centrale di $(10 \times 60 \times 60)$ cm³ un campo uniforme entro il ± 1 %. Il campo B può essere portato sino a 15 000 G. Il peso complessivo è di 32 ton, delle quali 10 spettano alla bobina in rame. Il raffreddamento è realizzato con circolazione forzata di acqua entro lo stesso rame.

A nostra opinione è risultato conveniente il realizzare «in casa» le pur massicce bobine (avvolgimenti, isolamento, cottura), poichè si tratta in questo caso di una lavorazione che conviene controllare continuamente in tutte le sue fasi, e che non si giova di attrezzature speciali o particolarmente complesse.

Il laboratorio magneti ha curato anche l'installazione di gruppi convertitori stabilizzati (250 kW, 600 kW), e no (400 kW) per alimentazione dei magneti stessi, l'approvvigionamento di pompe e scambiatori di calore, la costruzione di supporti speciali per i movimenti dei magneti.

6. - Sala esperienze.

Terminate le schermature intorno all'e.s. rimanevano a disposizione delle esperienze circa 300 m² che consentivano la preparazione nella sala di circa 10 esperimenti (Fig. IX.II.5).

L'estrazione dalla macchina di 4 fasci in diverse direzioni, come si vede nella Fig. IX.II.6, consente un'organica disposizione delle esperienze e per aumentare lo spazio disponibile si sono costruiti 4 pozzi di spegnimento muniti dei relativi quantimetri fuori della sala ed in un caso fuori dall'edificio. Si è ottenuto un livello di radiazione sufficientemente basso disponendo intorno al quantmetro un muro di mattoni di piombo di 20 cm di spessore più un metro di calcestruzzo o di sabbia.

Inserendo opportunamente i bersagli interni è possibile ottenere altri fasci di bassa intensità per la messa a punto degli esperimenti, mentre lavora uno dei quattro fasci. I bersagli sono stati realizzati in modo da poter essere rimossi dalla posizione di lavoro ed essere reinseriti con sufficiente precisione geometrica di modo che l'operazione di cambiamento del fascio può avvenire in pochi minuti.

La potenza installata per l'alimentazione dei magneti è di complessivi 850 kW, ed è in programma un aumento a 1100 kW. Il sistema di raffreddamento dei magneti è a circuito chiuso e l'acqua di raffreddamento degli scambiatori di calore viene refrigerata da un'unica torre a pioggia che dissipa 750 kW.

Con questi impianti è possibile utilizzare i magneti con un fattore di contemporaneità di circa il 50%.

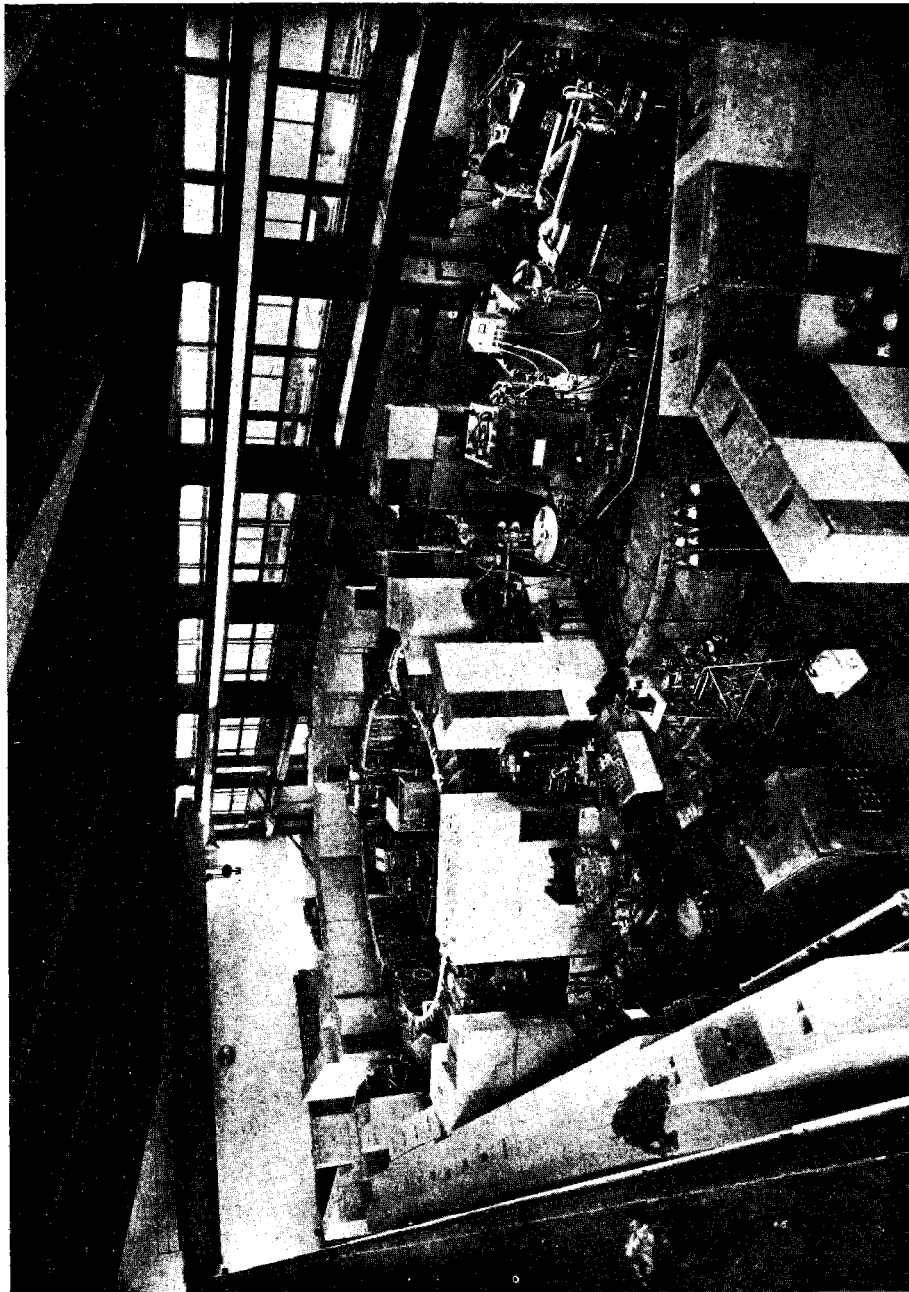


Fig. IX.n.5. - Vista della sala esperienze.

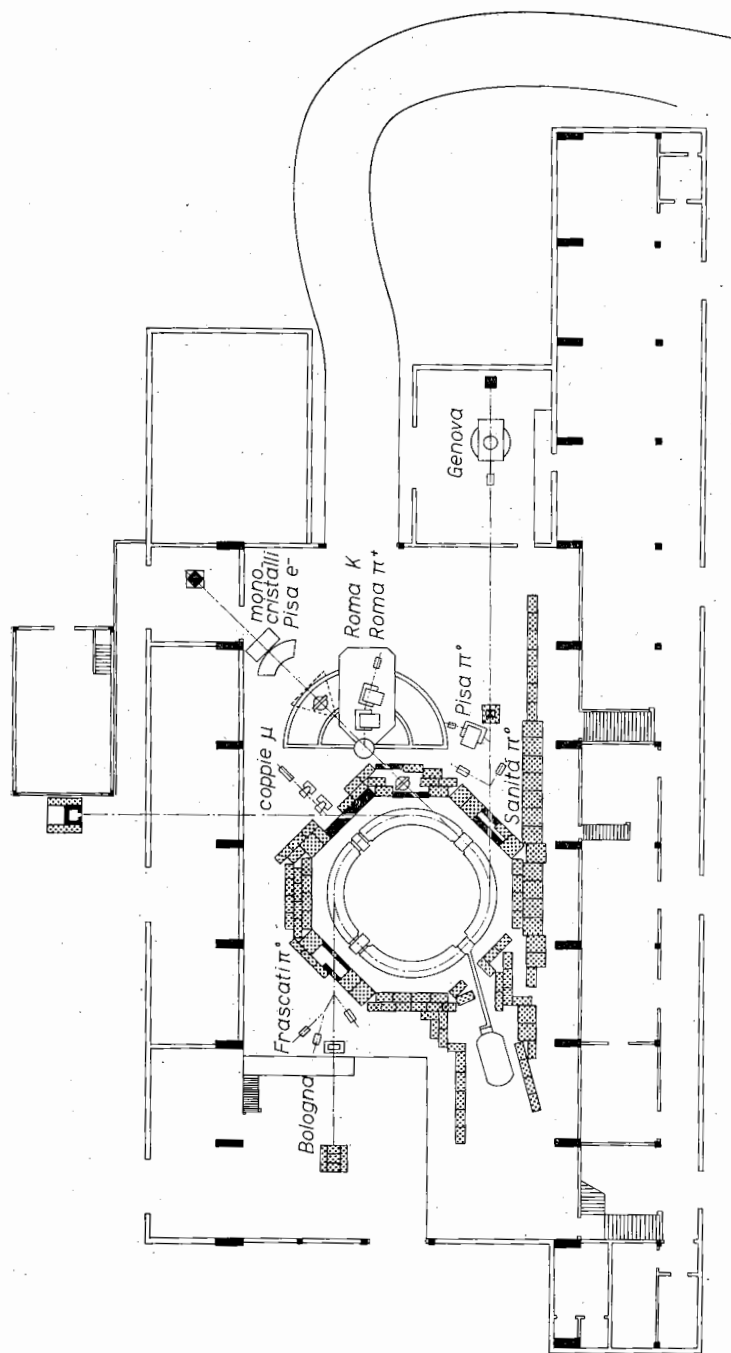


Fig. IX.ii.6. - Pianta dell'edificio sincrotrone.

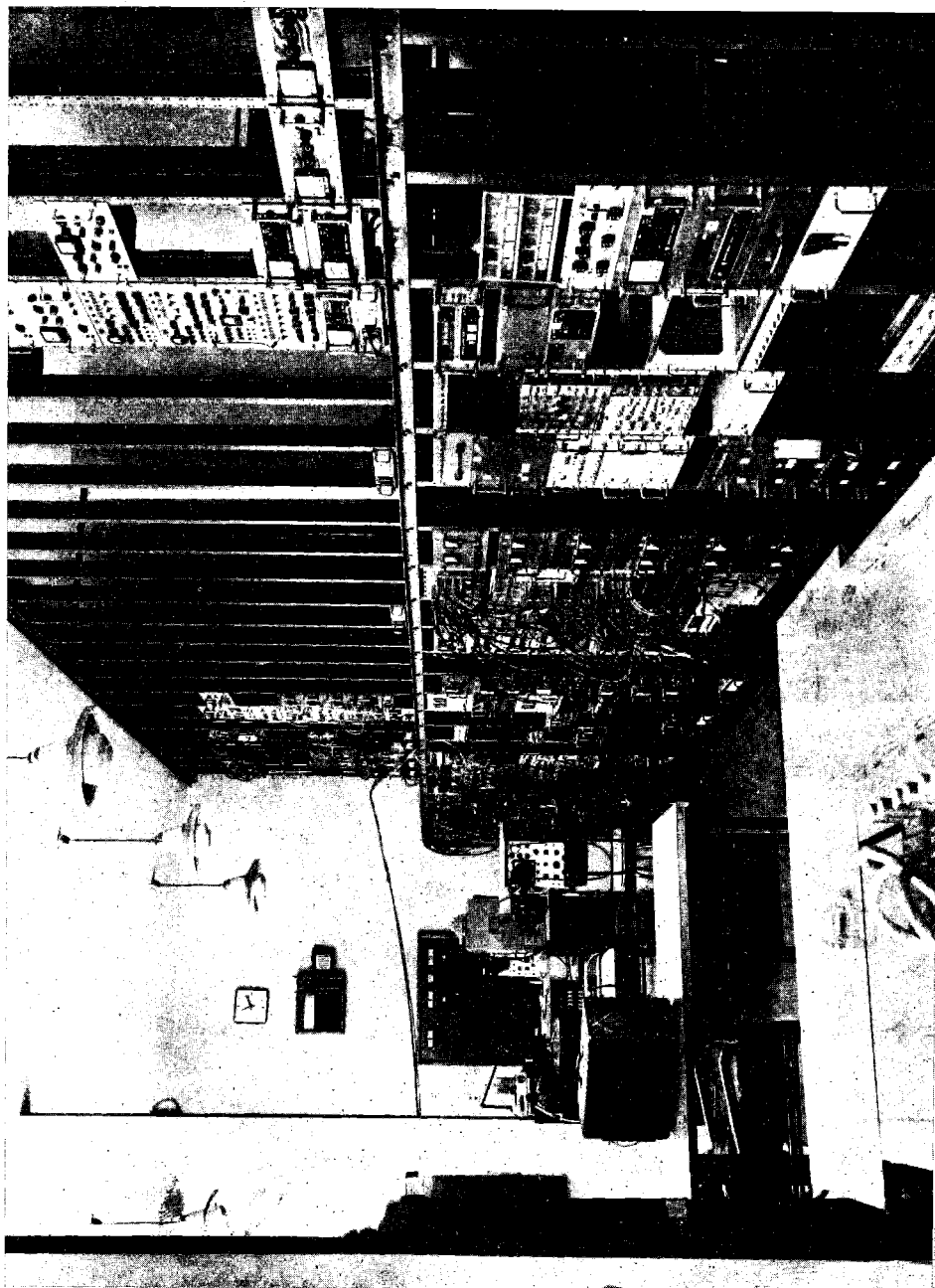


Fig. IX.n.7. - Vista parziale della sala conteggio.

La preparazione degli esperimenti viene effettuata durante la fermata di 3 ore che avviene la mattina di ogni giorno e, considerata l'ora necessaria per riavviare la macchina, per le restanti 20 ore il fascio γ è a disposizione degli sperimentatori. Durante la fermata giornaliera si provvede al riempimento o alla sostituzione dei bersagli ad idrogeno liquido.

L'installazione degli esperimenti di grande mole avviene normalmente durante i periodi di fermata per la manutenzione della macchina.

7. - Sala conteggio.

Intendiamo con questo nome l'insieme delle sale conteggio e misura ove arrivano le informazioni (i cavi) dalla sala esperienze.

Lo spazio previsto per esse si rivelò immediatamente insufficiente, ed a sola disculpa della Direzione dei Laboratori per questo errore si può dire che era previsto uno spazio di ampliamento del quale presto (1959) si approfittò. Diamo nella Fig. IX.II.7 una vista parziale della sala conteggio.

Attualmente le aree di conteggio sono di $\sim 210 \text{ m}^2$ (cfr. Fig. IX.II.6). Si noti che il rapporto tra l'area delle sale esperienze e l'area di conteggio è circa 1.6.

8. - Laboratori Sud no. 1-2.

L'entrata in funzione dell'e.s. palesò rapidamente la necessità di porre a disposizione degli sperimentatori alcuni laboratori e studi per la preparazione delle esperienze; altrettanto evidente fu la necessità per il gruppo macchina di disporre di un laboratorio attrezzato e di qualche studio per il personale con mansioni di maggiore responsabilità.

Fu deciso allora di iniziare la costruzione di un laboratorio, denominato « SUD 1 » per la sua ubicazione, che soddisfacesse ai requisiti di massima rapidità di costruzione, massima economia, adattabilità all'esecuzione di piccole modifiche necessarie per l'avvicinarsi delle varie attività da svolgersi in esso, elevato carico unitario del pavimento, possibilità di installazione di paranchi o carri-ponte. Con l'occasione si creò un locale adatto alla preparazione di una camera a bolle a elio, secondo le esigenze del gruppo della Università di Roma che preparava un'esperienza con questa tecnica.

L'edificio fu progettato ed ultimato con tutti gli impianti in quattro mesi esatti. In prossimità di esso fu iniziato pochi mesi dopo (novembre 1959) il laboratorio « SUD 2 » costituito da un vasto laboratorio-officina dotato di carro-ponte e piccoli studi adiacenti, che fu messo a disposizione del gruppo macchina sin dal febbraio 1960.

9. - Capannoni metallici.

L'allestimento di esperienze di grande mole, l'insufficienza di spazio per la costruzione di magneti, l'impossibilità di alloggiare gruppi di ricerca esterni con le loro attrezzature, indussero la Direzione dei Laboratori a considerare l'opportunità di costruire due capannoni metallici affiancati, con struttura metallica intralacciata e copertura in lamiera di ferro zincato, carri-ponte rispettivamente da 15 e da 10 ton, pavimento della portata di 15 t/m². La costruzione fu completata in quattro mesi e mezzo con tutti gli impianti richiesti dagli utenti.

10. - Impianti elettrici.

L'esame delle richieste di energia elettrica per il funzionamento dell'e.s. hanno costituito il punto di partenza per l'elaborazione del progetto dell'alimentazione elettrica dei Laboratori. Fondamentale era la necessità di assicurare la continuità del servizio, data la delicatezza e l'inerzia delle apparecchiature servite. La costruzione di una centrale termica fu esclusa perchè la potenza richiesta non era sufficiente a giustificarla. Ci si è tuttavia preoccupati di allacciarsi direttamente ad una delle più grosse sottostazioni di Roma, quella di Cinecittà, con una linea a 20 kV lunga circa 12 km.

In una cabina di arrivo la linea aerea si allaccia ad una coppia di cavi interrati che trasportano l'energia nella cabina centrale dei Laboratori. Qui avviene la trasformazione da 20 kV a 3 kV con quattro trasformatori per complessivi 3 000 kVA inseriti in un unico quadro esterno comprendente anche gli interruttori a 20 kV. I secondari dei trasformatori son collegati, all'interno della cabina centrale, agli interruttori a 3 kV (Fig. IX.11.8): una barra di parallelo raccoglie le uscite di tre trasformatori mentre il quarto, da 1 100 kVA, va direttamente ad alimentare, entro l'edificio sincrotrone, il trasformatore anodico delle ampole raddrizzatrici. Ciò al fine di ridurre le interferenze fra l'e.s., carico quasi costante, con i carichi molto variabili del resto dei laboratori. Dalla barra di parallelo partono quattro coppie di cavi che vanno ad altrettante cabine periferiche in cui l'energia viene trasformata da 3 000 V a 220-127 V. Una quinta cabina alimenta, a 3 000 V, i gruppi convertitori per i magneti esperienze.

All'interno della cabina centrale è sistemato un gruppo elettrogeno da 150 kVA che interviene automaticamente in 10 secondi alla mancanza della tensione di rete: esso attraverso le barre a 3 kV e previo distacco automatico di gran parte del carico, fornisce energia ad un complesso di circuiti privilegiati. In tal modo è assicurata la continuità di servizio ad alcune utenze quali

le pompe per il vuoto, il liquefattore di idrogeno ecc., alle quali non sono consentite interruzioni prolungate.

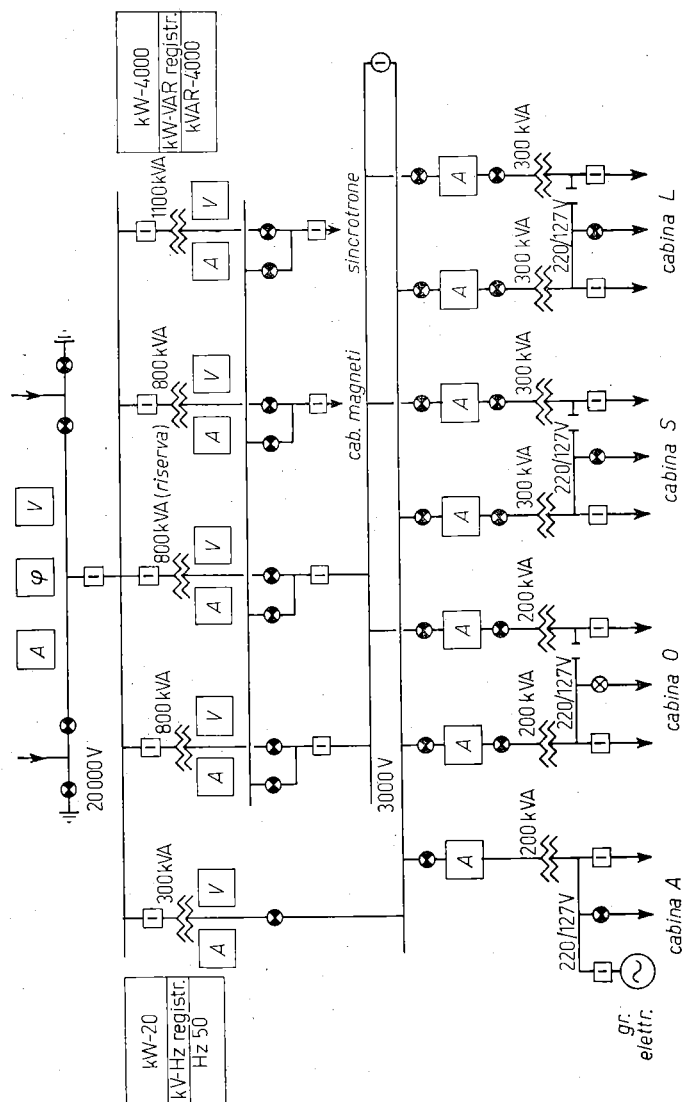


Fig. IX.rr.8. - Schema generale dell'impianto elettrico dei laboratori di Frascati.

Il quadro generale di controllo, registrazione e comando a distanza è posto nella cabina centrale (Fig. IX.rr.9).

All'interno degli edifici la distribuzione della forza motrice avviene a 220-127 V in corrente alternata con una densità di circa 400 VA per metro quadro di laboratorio: di questa circa il 20% è potenza privilegiata. Nei primi



Fig. IX.n.9. - Il quadro elettrico generale.

laboratori si sono installati quadri con prese e morsetti a muro, oltre qualche innesto per quadro mobile da appoggiare al pavimento. Successivamente si è ritenuto più conveniente eliminare i quadri fissi e installare sistemi di linee elettriche blindate che attraversano i laboratori, dalle quali si può prelevare energia in qualsiasi punto con semplicissimi innesti. Si possono così alimentare, oltre che utenze particolari, dei quadretti di distribuzione molto compatti e standardizzati che si possono semplicemente appoggiare o montare su rack, tavoli, ecc.

Con l'esperienza di alcuni anni di servizio si può accennare alle condizioni tecniche alle quali ci è stata fornita l'energia dalla Società distributrice: nei periodi autunnali si sono avute interruzioni e variazioni di tensione oltre il 10% anche in numero di 30 mensili; la media mensile di tali disfunzioni, rilevata negli ultimi tre anni, è in numero di 10. In queste condizioni, data la complessità ed il valore degli impianti, e visto l'incrementarsi delle richieste di potenza, la generazione di energia elettrica indipendente deve esser presa in seria considerazione.

11. - Impianti generali.

Detto a parte dell'alimentazione elettrica, si vuol accennare al sistema di alimentazione idrica, che si svolge in due rami distinti, l'uno a presa diretta dalla condotta esterna per i vari edifici, l'altro dal serbatoio di accumulo (1000 m³) per usi industriali di raffreddamento. Si vuole anche menzionare la costruzione di un pozzo che può alimentare il serbatoio per una portata di 5.5 l/s, e che è attrezzato con una pompa del tipo ad immersione alla profondità di 220 metri dal piano di campagna.

Il servizio telefonico è assicurato (alla data del giugno 1960) a mezzo di una rete di comunicazioni interne per complessivi 250 numeri con 10 linee esterne a ricerca automatica della linea libera. Questa rete fa capo ad un centralino ubicato nell'edificio d'ingresso, ampliabile sino a 1000 numeri interni e 50 linee esterne.

L'impianto di riscaldamento è centralizzato per quanto riguarda gli edifici del primo lotto (edificio macchina, officina, edificio laboratori), mentre per quanto riguarda le costruzioni sorte successivamente su aree di sviluppo concesse in tempi successivi dal Comune di Frascati, si ha per ciascun edificio o gruppo di edifici un impianto indipendente. Il fluido riscaldante è acqua alla temperatura di 80°C, la cui circolazione è accelerata da pompe disposte sul circuito di ritorno del fluido. I corpi riscaldati sono piastre, termoconvettori o aerotermini a seconda degli ambienti e del tipo di lavoro che in essi si svolge. Ove possibile, si è sezionato l'impianto in rami distinti per tener conto dell'orientamento, con comando automatico delle saracinesche di regolazione della portata del fluido.

Gli impianti di aria compressa sono stati centralizzati negli edifici sincrotrone ed officina, mentre nei laboratori scientifici si è rivelato più economico, dato l'uso limitato di aria compressa in alcuni di essi, disporre di piccoli impianti locali. Si è disposta anche una rete di aria a pressione elevata (30 atm) nei capannoni metallici e nell'edificio dell'e.s.

12. - Servizio Documentazione.

Il servizio documentazione, creato nel 1957 con il trasferimento del personale a Frascati, ha essenzialmente il compito di fornire il materiale bibliografico ai ricercatori e di curare la pubblicazione e la diffusione dei risultati delle ricerche nella forma di articoli su riviste scientifiche o come relazioni interne dei Laboratori.

Nella biblioteca ci sono oltre 7 000 opere di cui circa 2 000 si riferiscono a volumi ed il rimanente a reports e estratti.

Particolare cura è rivolta alle pubblicazioni, che sono in continuo sviluppo: le pubblicazioni edite sono oltre 320 delle quali 56 sono state pubblicate sulle riviste scientifiche.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. AGENO, A. ALBERIGI, F. AMMAN, C. BERNARDINI, G. CORAZZA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, E. PERSICO, M. PUGLISI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI, G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, G. SCACCIA-SCARAFONI, P. G. SONA, R. TOSCHI e A. TURRIN: *Second United Nations Int. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy* (A/Conf. 15/P/1374) (Geneva, 1958).
- [2] M. AGENO, A. ALBERIGI, F. AMMAN, C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. BOLOGNA, G. CORAZZA, G. CORTELLESSA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, A. MASSAROTTI, G. C. MONETI, G. MURTAS, E. PERSICO, M. PUGLISI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI, G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, R. TOSCHI e A. TURRIN: *Suppl. Nuovo Cimento*, **11**, 324 (1959).
- [3] G. CARERI, G. C. MONETI e J. REUSS: *La Ricerca Scientifica*, **29**, 1593 (1959).
- [4] G. BOLOGNA, G. DIAMBRINI, R. TOSCHI, A. S. FIGUERA, U. PELLEGRINI, B. RISPOLI e A. SERRA: *Nucl. Instr.*, **12**, 263 (1961).
- [5] G. SACERDOTI: *L'Elettrotecnica*, **47**, 239 (1960).