

1949 - Settembre

6

RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica" vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche che fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino



DOCUMENTAZIONI SULLE PRIME REALIZZAZIONI DEL PIANO FANFANI-CASE NEL PIEMONTE

Si è voluto presentare notizie e documentazioni sul Piano per mettere in evidenza l'importanza del contributo dato dal Piemonte alla realizzazione di un programma edilizio che ha il merito, fra l'altro, di aver trovato un'attuazione estesa e concreta in soli sei mesi dalla promulgazione della legge (28 febbraio 1949, n. 43).

Siamo lieti di pubblicare una lettera di plauso alla nostra iniziativa da parte del Presidente del Comitato di Attuazione del Piano Case per i Lavoratori, ingegnere Guala, che appartiene alla nostra Società.

Caro Cavallari,

Sono lieto di apprendere che la Redazione ha preso l'iniziativa di dedicare larga parte del numero di settembre della Rassegna all'illustrazione delle prime realizzazioni del Piano Fanfani-Case in Piemonte.

In realtà è facile constatare come nemmeno fra i nostri colleghi siano sufficientemente note le finalità ed il meccanismo di questo Piano: si dimentica talvolta che esso è stato ideato per dare un impulso alla ripresa economica del Paese e quindi per determinare, direttamente e indirettamente, nuove occasioni di lavoro e che in relazione a questo fine si giustifica il sacrificio richiesto ai datori di lavoro ed ai lavoratori come segno tangibile di solidarietà verso i disoccupati. Nè viene considerato che gli Organi preposti alla realizzazione del Piano non solo si sono trovati a dover risolvere dei problemi finanziari ed organizzativi, ma anche quello di contribuire al miglioramento qualitativo dell'edilizia popolare per adeguarla alle nuove esigenze delle classi lavoratrici.

Il Comitato di Attuazione, costituito nel mese di marzo, trovandosi investito della responsabilità tecnico-finanziaria del Piano, di fronte alla esigenza di dare inizio al più presto ai lavori, in considerazione delle finalità sociali che ho ricordato poc'anzi, si trovò nella impossibilità di curare come avrebbe voluto la parte tecnico-costruttiva e nella necessità di chiedere troppo allo spirito di iniziativa degli Enti appaltanti.

Nacque così il cosiddetto «Piano Sperimentale», per il quale, dal punto di vista dei progetti, non fu

possibile dare se non delle direttive di larga massima.

Il numero elevato delle iniziative di Enti, Aziende e Cooperative e la collaborazione valente dei progettisti hanno consentito di aprire i primi cantieri, risolvendo, spesso in modo soddisfacente, il problema di dare ai lavoratori una casa accogliente, sana ed economica.

Nel frattempo si sono andati organizzando i servizi della Gestione I.N.A.-CASA ed a questo problema sono state rivolte le cure speciali del Consiglio Direttivo. Fra breve verrà diffuso un opuscolo che, delineando i criteri direttivi della progettazione, consentirà di orientare le soluzioni tecnico-costruttive verso una unità di indirizzo che permetterà loro di raggiungere nelle varie città e borgate quell'armonia architettonica ed urbanistica che è sempre stata vanto del nostro Paese nei secoli scorsi, quando si curavano in sommo grado non soltanto i centri monumentali, ma anche i centri più modesti.

La collaborazione ottenuta nel Piano Sperimentale ed il contributo dato alla sua realizzazione da tecnici di provata esperienza e capacità danno la certezza che anche nell'ulteriore sviluppo del Piano i colleghi vorranno seguirci ed aiutarci in questo sforzo, che ha come meta più alta la diffusione nell'edilizia popolare di soluzioni costruttive ed architettoniche tali da favorire l'elevazione morale e spirituale dei lavoratori.

Ancora ti ringrazio e cordialmente ti saluto.

Roma, 12-9-1949.

FILIBERTO GUALA

Nota della redazione.

La illustrazione, qui raccolta, di studi e progetti per il Piano Fanfani-Case nel Piemonte non ha nè potuto, nè voluto seguire alcun proposito selettivo ed è presentato a puro titolo di rassegna di una parte degli elaborati in via di attuazione nel cosiddetto Piano sperimentale.

Cantieri del Piemonte per l'attuazione iniziale del Piano Fanfani - Case

CANTIERE N.	LOCALITÀ	STAZIONE APPALTANTE	N. VANI	N. APPAR- TAMENTI
2	Torino	Cooperativa Lancia	320	64
3	Torino	FIAT	280	55
4	Torino	Superga-I.N.C.E.T.	244	48
7	Torino	FIAT	300	60
8	Torino	FIAT	200	40
9	Torino	FIAT	200	40
10	Torino	FIAT	200	40
11	Torino	FIAT	100	20
12	Torino	FIAT	100	20
13	Torino	R.I.V.	180	36
14	Rivarolo Canavese	S.A.L.P.	24	4
17	Torino	Michelin	258	48
19	Avigliana	FIAT	60	12
20	Pinerolo	R.I.V.	80	16
21	Villar Perosa	R.I.V.	60	12
22	Ivrea	Olivetti	261	48
34	Novara	Edison	63	12
59	Galliate	Rossari e Varzi	60	12
60	Treccate	Rossari e Varzi	20	4
61	Ivrea	Rossari e Varzi	20	4
62	Alessandria	Edison	54	12
64	Biella	Lanifici Rivetti	80	16
65	Vigliano	Lanifici Rivetti	60	12
75	Spinetta Marengo	Montecatini	24	4
107	Moncalieri	Comune	140	25
139	Torino	Amministrazione Provinciale	160	32
140	Torino	Amministrazione Provinciale	80	16
142	Chieri	Cooperativa Martini e Rossi	30	6
143	Casale Monferrato	Snia Viscosa	30	6
149	Novara	Doppiari	24	4
165	Ghemme	Crespi	42	12
171	Bra	Raggruppamento Industriale	25	6
172	Torino	Comune	137	39
173	Torino	Comune	140	40
174	Torino	Comune	140	40
175	Torino	Comune	112	32
176	Torino	Comune	84	24
177	Torino	Istituto Case Popolari	204	48
178	Torino	Istituto Case Popolari	108	18
179	Torino	Istituto Case Popolari	42	6
181	Venaria	Snia Viscosa	200	40
183	Torino - Abb. di Stura	Snia Viscosa	120	24
184	Torino	S.I.P.	58	12
185	Torino	S.I.P.	117	24
186	Torino	S.I.P.	63	12
187	Torino	S.I.P.	48	8

CANTIERE N.	LOCALITÀ	STAZIONE APPALTANTE	N. VANI	N. APPAR- TAMENTI
188	Verbania	Rhodiaceta	100	20
189	Villadossola	Rhodiaceta	60	12
195	Fossano	Raggruppamento Industriale	96	24
196	Casale Monferrato	Raggruppamento Cementieri	33	12
200	Arona	Pirelli	8	2
202	Torino	Credito Italiano	41	10
228	Avigliana	Montecatini	34	8
268	Novi Ligure	I.L.V.A.	116	24
277	Santhià	Magliola	50	10
282	Coggiola	Industrie varie	48	12
283	Cossato	Industrie varie	24	4
284	Strona	Industrie varie	51	12
285	Valle Mosso	Industrie varie	40	8
286	Valle Mosso	Industrie varie	40	8
287	Valle Mosso	Industrie varie	40	8
288	Vegliamosso	Industrie varie	44	8
289	Lessona	Industrie varie	30	6
290	Mosso S. Maria	Industrie varie	10	2
291	Biella	Industrie varie	40	8
292	Pray Biellese	Trabaldo	60	9
302	Torino	Banco di Napoli	100	20
309	Mondovì	Raggruppamento Industriale	120	24
336	Asti	Istituto Case Popolari	120	24
337	Asti	Raggruppamento Industriale	120	24
347	Aosta	Cogne	472	92
349	Savigliano	Officine Savigliano	300	60
355	Torino	C.E.A.T.	60	12
378	Verzuolo	Cartiere Burgo	40	8
379	Romagnano Sesia	Cartiere Burgo	40	8
410	Torino	Italgas	27	8
434	Torino	Banca di Novara	70	15
440	Torino	Azienda Elettrica Municipale	120	24
441	Torino	Azienda Tranvie Municipali	140	40
449	Aosta	Comune	68	15
450	Settimo Tor.	Farmitalia	30	6
454	Torino	Banco di Roma	40	8
469	Torino	STIPEL, TIMO, STET, SEAT	109	24
470	Alessandria	S.T.I.P.E.L.	25	6
471	Novara	S.T.I.P.E.L.	25	6
520	Galliate	Raggruppamento Industriale	28	8
535	Serravalle Sesia	Cartiera Italiana	66	12
536	Pont S. Martin	Ilssaviola	82	20
537	Torino	Azienda Tranvie Municipali	70	20
538	Torino	Azienda Tranvie Municipali	70	20
539	Ponzone Biellese	Giletti	45	9
			8704	1757

Considerazioni di carattere tecnico relative all'attuazione sperimentale della legge Fanfani - Case

Una questione che subito nasce da una così notevole occasione di edificazione concerne l'ubicazione delle nuove costruzioni. L'esigenza imposta dal piano sperimentale, del conferimento dell'area per parte delle stazioni appaltanti, ha portato, naturalmente, ad una scelta dell'ubicazione in conformità alle disponibilità immediate dei comuni ed alle più convenienti possibilità delle singole aziende o dei gruppi, senza sottostare a quei criteri di interesse collettivo che rientrano nell'ambito delle norme di zonizzazione.

Non sempre le possibilità immediate dei comuni e dei singoli si ritrovano in armonia con le esigenze di una pianificazione oculatamente predisposta. E neppure sarebbe lecito pretendere che una occasione edile del genere di quella suscitata dalla legge Fanfani potesse, fra le sue infinite questioni da risolvere, porre, o, tanto meno, risolvere anche il problema della scelta e regolamentazione delle zone residenziali.

Starebbe ai Comuni di aver già tempestivamente risolto, come conseguenza di accurati studi e in armonia con le più aggiornate norme, la predisposizione di quelle zone in cui una edificazione residenziale risulta massimamente opportuna.

Con ciò si eviterebbero degli errori di ubicazione quali possono derivare da una troppo stretta contiguità fra industrie e abitazioni, per cui queste, per essere sotto vento o senza protezione di cortine verdi, debbono subire perniciose esalazioni o molesti odori o fumi. Anche più gravi conseguenze poi, quando interi quartieri sorgono in zone fatalmente soggette ad espansioni d'altra destinazione, così da compromettere i propri e gli altrui sviluppi. E ancora, si debbono spesso registrare dei casi di espansioni residenziali in parti inadeguatamente servite da condutture di acqua, gas, luce e forza, con la conseguenza di condannare intere comunità ad irrimediabili disagi, ovvero imporre eccessivi gravami ai Comuni interessati.

La complessità dei termini del problema e l'urgenza con cui si presenta dovrebbe promuovere, presso gli enti pubblici responsabili, delle pronte definitive pianificazioni, che risultano, invece, talvolta ignorate, tal'altra differite, pur dopo aver bandito concorsi e raccolto ampio materiale dai tecnici proponenti.

Circa le norme di giustapposizione dei corpi di fabbrica a schiera, sono state prescritte delle distanze che potrebbero forse essere revisionate sulla scorta di una oramai ricca esperienza nonchè sulla base di noti studi.

Non dovrebbero essere soltanto considerati dei rapporti fra stacchi ed altezze, che si risolvono in semplici questioni di densità costante, senza tenere in conto le zone e gli orientamenti, anche in vista della insolazione. Ai fini della densità, la conformazione degli appezzamenti spesso costringe alla inutilizzazione razionale di determinati lotti di

abitazione centrale od alla evasione dai limiti imposti, con deroghe esiziali per la normalizzazione del Piano.

Ai fini della insolazione, gli orientamenti talvolta compromettono anche le più lungimiranti prescrizioni, talvolta potrebbero consentire ottime soluzioni anche sotto termini meno restrittivi. Inoltre, ovvie considerazioni sulle differenti altezze solari, in funzione delle differenti latitudini, che sono già sensibili per le estreme regioni del nostro paese, consiglierebbero delle norme differenziate da regione a regione.

Le considerazioni di densità edilizia potrebbero, d'altra parte, essere giustamente salvaguardate da regolamentazioni di rapporti fra aree, superfici coperte e numero dei piani, con tabelle degli indici di utilizzazione.

In ordine alle prescrizioni di questa natura, potrebbero altresì essere studiate delle direttive per la migliore esposizione di interesse eliometrico e per le profondità degli ambienti di soggiorno ai fini dell'insolazione interna.

In molti fra i progetti presentati si riscontrano infatti dei vani di soggiorno tanto addentratati nel corpo di fabbrica da non poter garantire una ventilazione ed una insolazione adeguata per alcune parti, data la distanza o addirittura, la frapposizione di quinte o di risalti fra tali parti e le aperture esterne.

Queste raccomandazioni dovrebbero, ovviamente tenere nel dovuto conto le differenze di latitudine e clima.

Le considerazioni sopradette, che, almeno in parte, potrebbero apparire di carattere troppo accademico per una pratica adozione, dovrebbero costituire oggetto di esame per parte del centro-studi, che ne raccogliesse le conclusioni in chiare direttive di facile interpretazione.

Una questione di carattere economico che si è imposta attraverso alle prime esperienze, consiste nella attribuzione di una costante di prezzo per i vani delle costruzioni a due piani e per quelli dei corpi a molti piani.

Riesce facile considerare la differenza dei gravami a carico dell'elemento vano risultanti da oneri di fondazione, di copertura e di allacciamento alle condutture dei vari impianti, a seconda che il numero dei piani è relativamente limitato o meno. Non dovrebbe riuscire impossibile avviare a tale sperequazione con qualche scalarità debitamente vagliata dei massimi di prezzo ammessi per modo da non alterare l'equilibrio economico generale, pur concedendo particolari riconoscimenti, alle costruzioni più onerose, e limitando proporzionalmente tali riconoscimenti alle costruzioni di un alto numero di piani.

Con analoga preoccupazione di equità si dovrebbe forse riesaminare la delicata assegnazione di più di un vano riconosciuto, in conto servizi, a quegli appartamenti che constano di un maggior numero di camere d'abitazione, poichè

non appaiono forse giustificabili delle attribuzioni più vantaggiose a favore di grandi cellule, quando si pesi l'onere dei servizi quasi costanti per pochi come per molti complessi di vani, anche se, in effetti, si debba valutare, per i secondi, qualche aggravio per maggiori sviluppi dei disimpegni e per finiture più impegnative.

Circa il tono di dignità delle soluzioni presentate, se, da una parte, si deve riscontrare, per quanto ci consta, un vivo interessamento per talune soluzioni tecniche di sistemi costruttivi e tipi di impianti, non si può, d'altro canto, tacere che molti progetti, purtroppo, non hanno dimostrato altrettanta sollecitudine per i suoi aspetti sociali ed umani.

Molti elaborati paiono ignari della complessità delle questioni sorte e discusse in questo campo, sia sotto il punto di vista distributivo che compositivo.

Le molteplici ipotesi proposte da accuratissimi studi largamente noti, con soluzioni felicemente risolte anche nei loro più raffinati particolari, non dovrebbero più ammettere quegli schemi semplicistici per cui l'appartamento si riduce ad un certo numero di rettangoli indifferenziati in duplice allineamento, al di qua ed al di là di un budello di disimpegno. La trascuratezza di molte esigenze di vita, nei percorsi dei collegamenti e nei rapporti delle superfici, nella posizione delle aperture interne ed esterne nonchè nella assegnazione di zone particolarmente studiate e predisposte per alcune precise destinazioni, la noncurante configurazione degli spazi interni ed esterni, la anonima scelta di tipi di serramenti e di finiture, di materiali e di colori, tutto ciò riduce talvolta l'attuazione di queste nuove case ad una mediocre rielaborazione di vecchi esempi di costruzioni popolari, che hanno lasciato negli occhi e nei cuori di chi le ha considerate e più, certamente, di chi le ha abitate, la tristezza di un mondo opaco e risentito contro tutto e contro tutti.

La felicità di una intuizione più profonda, l'amore di questo problema di comprensione sociale dovrebbero far vivere queste case di un più elevato tono di vita, funzionale e spirituale.

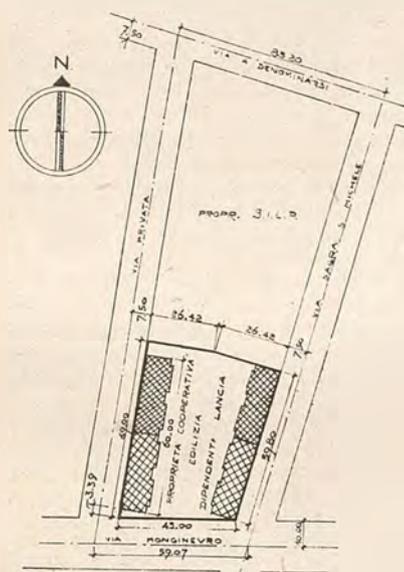
Ci auguriamo che le pubblicazioni che saranno edite e diffuse dagli Organi responsabili del Piano, affidate a note personalità della tecnica e del gusto, possano guidare anche i meno preparati e aiutare e spronare anche i migliori progettisti ma, soprattutto, vogliamo sperare che l'INA - CASA si occupi più direttamente della scelta dei progettisti e con la più costante opera di selezione, promuova una rigorosa scelta degli elementi chiamati a tale compito, cercando di eliminare le elaborazioni di mestiere, senza spirito e senza passione.

Molte buone soluzioni, d'altra parte, consentono di sperare che il loro esempio venga più generalmente sentito e seguito.

Arch. GINO LEVI-MONTALCINI



Veduta d'insieme del quartiere.



Planimetria. Scala 1/3000.

PROGETTO :

Arch. Nino Rosani

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Questo primo gruppo di costruzioni viene eseguito in attuazione del Piano Sperimentale 27 Aprile 1949.

Il gruppo è costituito da quattro case, per complessivi 64 appartamenti e 312 vani.

Il volume totale delle costruzioni è di mc. 19.090.

Fra fabbricato e fabbricato vi è una distanza di circa 27 metri, che verrà convenientemente sistemata a zona verde e parco giochi.

L'orientamento delle case è rigorosamente Est-Ovest.

I lavori vennero appaltati per l'importo complessivo di L. 91.800.000.

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

I 64 appartamenti sopra indicati sono costituiti da:

- 32 appartamenti di 3 camere, cucini-

nino, entrata e bagno, aventi una superficie di mq. 60,58 caduno;

- 16 appartamenti di 4 camere, cucinino, entrata e bagno, aventi una superficie di mq. 83,22 caduno;

- 16 appartamenti di 2 camere, cucinino, entrata e bagno, aventi una superficie di mq. 47,19 caduno.

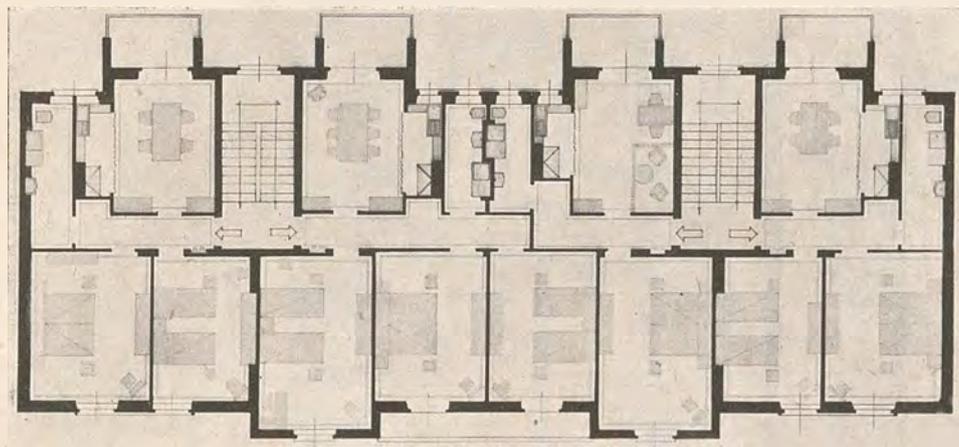
Ciascun appartamento è dotato di un ampio terrazzo da metri 3 x 1,70, tale da consentire alcune funzioni di vita all'aperto.

I gruppi idrosanitari saranno del tipo normalizzato e prefabbricato sistema Togni.

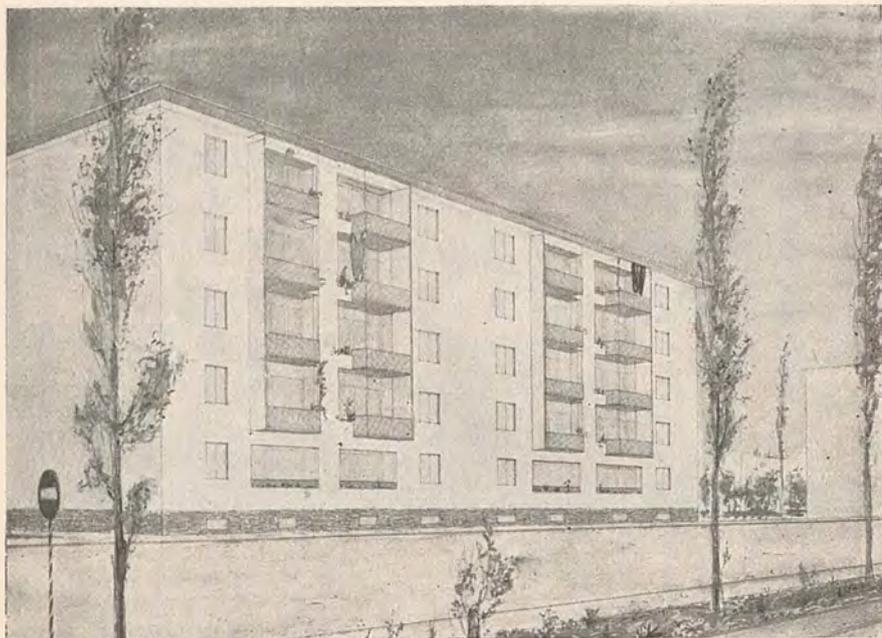
Le porte d'ingresso ai singoli appartamenti presentano la caratteristica di avere due battenti disuguali, e precisamente: un battente di circa 67 cm., ampiamente sufficiente per il normale transito delle persone, ed un battente di circa 33 cm. da aprirsi per il transito di mobili o materiali ingombranti.

Le scale saranno pavimentate in marmo.

Non è previsto il riscaldamento centrale, ma ciascun appartamento è dotato di un doppio ordine di canne fumarie.



Pianta piano tipo. Scala 1/250.



Prospettiva del fronte esterno.

PROGETTO:

Ufficio Costruzioni e Impianti FIAT.

CARATTERISTICHE DEI QUARTIERI

Le costruzioni FIAT di cui al « Piano Specimentale 1949 » comprendono: la costruzione di n. 12 case in Torino e n. 1 casa in Avigliana per un complessivo di n. 287 alloggi del tipo unificato da 60 mq.

La casa tipo comprende n. 20 alloggi distribuiti su 2 scale (due alloggi per piano e per 5 piani).

Essa copre un'area di circa 385 mq. e comprende una cubatura - v. p. p. - di circa 6.700 mc.

Ogni alloggio è costituito di: l'ingresso, la camera di soggiorno e pranzo con annesso cucinino, la camera matrimoniale e l'altra camera, oltre i servizi; complessivamente trattasi di circa 60 mq. utilizzabili.

L'alloggio è pertanto da considerarsi,

agli effetti economici della Legge, di 5 vani.

Complessivamente tra Torino ed Avigliana il totale dei vani risulta di n. 1435.

Il complesso dell'area fabbricata è di mq. 5.700 circa.

Il volume della cubatura - v. p. p. - risulta di circa 10.000 mc.

Le aeree cedute all'I.N.A.-CASA gratuitamente, e sulle quali sorgeranno le costruzioni, giardini, aiuole, cortili interni ecc. sono complessivamente di mq. 20.000 circa.

CARATTERI DELLE COSTRUZIONI

1º) Costruzione edile.

Tutta la costruzione sarà cantinata e ogni alloggio disporrà di una propria cantina.

La costruzione sarà eseguita con strutture portanti periferiche a muratura piena, muro di spina centrale, tetto in legno a semplici puntoni con copertura a tegole piatte o coppi.

L'altezza tra piano e piano sarà di ml. 3,20;

l'altezza complessiva della casa sotto il cornicione di ml. 17,30 dal piano.

I solai portanti saranno in strutture miste di laterizio e cemento armato; il solaio sull'ultimo piano sarà formato da elementi pre-fabbricati in laterizio; la struttura delle scale sarà in cemento armato.

Le scale saranno rivestite in marmo e gli alloggi saranno pavimentati con piastrelle in graniglia multicolore.

Tutti i serramenti saranno in legno colorati a biacca; all'esterno ogni finestra sarà protetta da gelosia ad eccezione delle aperture del cucinino e della scala di soggiorno prospiciente il terrazzo, che saranno eventualmente protette con scuretti dall'interno.

2º) Impianti.

Ogni alloggio sarà dotato di un impianto di riscaldamento individuale con l'installazione di una caldaia in ghisa nel cucinino, adatta per funzionamento a carbone, che alimenterà due radiatori disposti uno nella sala di soggiorno e pranzo e l'altro nella latrina-bagno, un bollitore per acqua calda da 80 litri.

Ogni impianto di riscaldamento sarà fatto in previsione della possibilità di installare anche nelle altre camere dei radiatori riscaldanti.

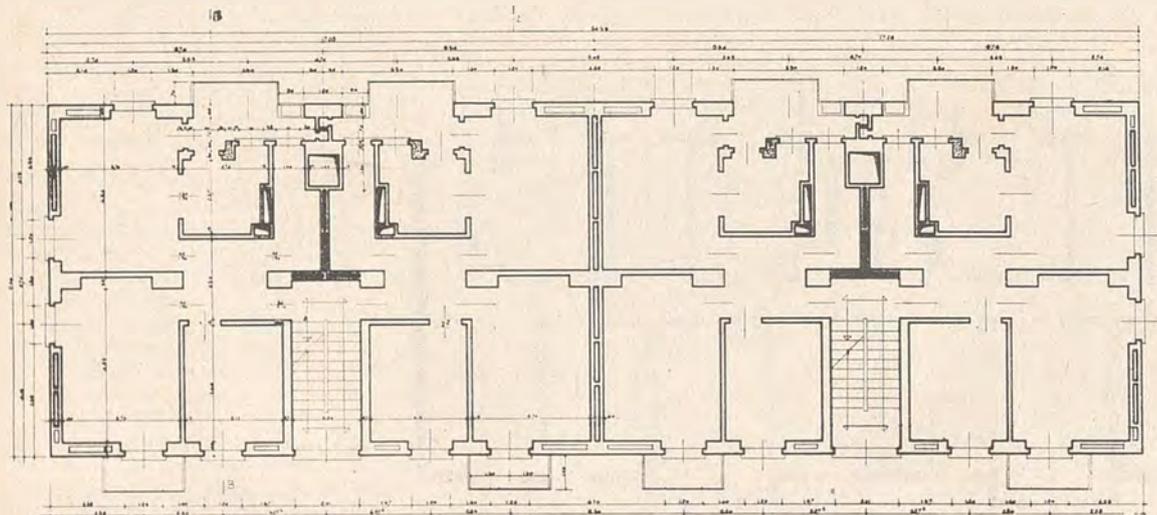
L'impianto idraulico-sanitario è costituito dai seguenti apparecchi:

- l'avello a due scomparti in cucina;
- la latrina con vaschetta di cacciata e la vasca da bagno a sedile, il lavabo nel locale latrina-bagno;
- il piano e presa per fornello gas in cucina.

La vasca da bagno e il lavandino della cucina saranno in lamiera smaltata mentre la latrina ed il lavabo saranno in ceramica o porcellana greificata.

L'impianto elettrico della casa sarà costituito da una disponibilità di energia elettrica sotto forma di prese a 220 V. e di derivazioni per luce a 120 V.

L'alimentazione sarà fatta a mezzo di condotti generali distributori da installarsi in zona vicina alle scale, condotti alimentati con 220 V. e dalle quali, tramite il neutro, sarà derivato il 120 V. luce.

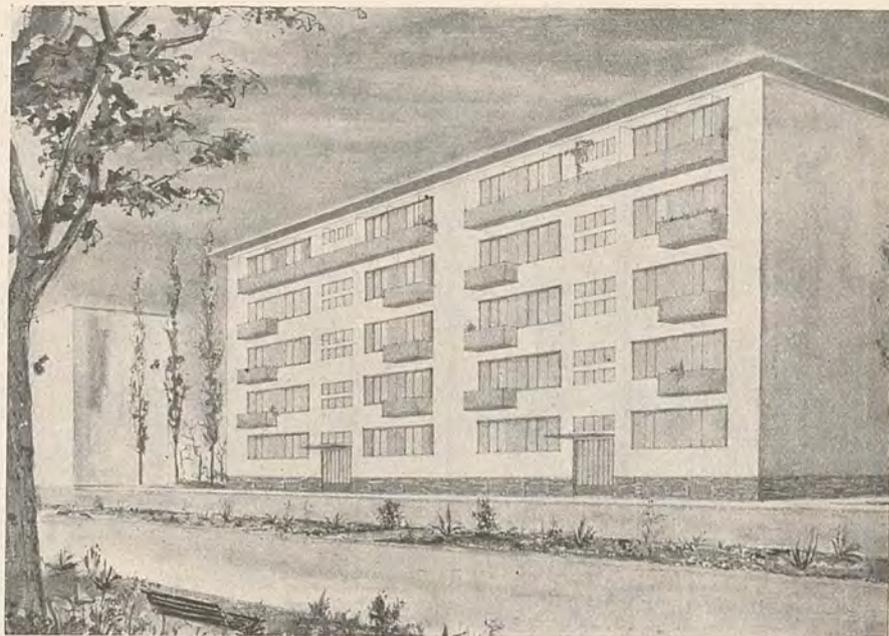


Pianta del piano tipo. Scala 1/250.

IL TIPO "FIAT",

Il tipo di alloggio studiato dalla Divisione Costruzioni e Impianti Fiat corrisponde e realizza un importante concetto della modernizzazione della casa, quello della dotazione di un complesso di impianti idraulici sanitari e di riscaldamento che permettono alla famiglia abitante di lavare, lavarsi e riscaldarsi con un uso semplice e quasi automatico di tali servizi essenziali. Lavare e lavarsi è possibile se si dispone di acqua calda ed il servizio di acqua calda può essere abbinato a quello del riscaldamento. Il riscaldamento centrale è di troppo difficile amministrazione per case a molti piccoli alloggi occupati da inquilini che hanno esigenze ed orario di lavoro troppo diversi e che possono essere obbligati anche da condizioni economiche a ridurre la spesa del riscaldamento a periodi discontinui e limitati alle ore di soggiorno in casa.

L'impianto adottato è pertanto autonomo per ogni alloggio e l'esperienza già compiuta in alcune recenti costruzioni conferma il buon esito, la soddisfazione degli utenti: consiste in una caldaietta installata nella cucina, funzionante con pochi chilogrammi di coke al giorno ed in una distribuzione a termosifone a radiatori nelle camere per il riscaldamento ed al serpentino di uno scaldacqua per la produzione di acqua calda: con la semplice manovra di qualche rubinetto si può ridurre l'uso della caldaietta al solo riscaldamento o alla sola produzione di acqua calda e nel periodo estivo lo stesso scaldacqua può funzionare con una resistenza elettrica e sospensione quindi delle caldaiette.

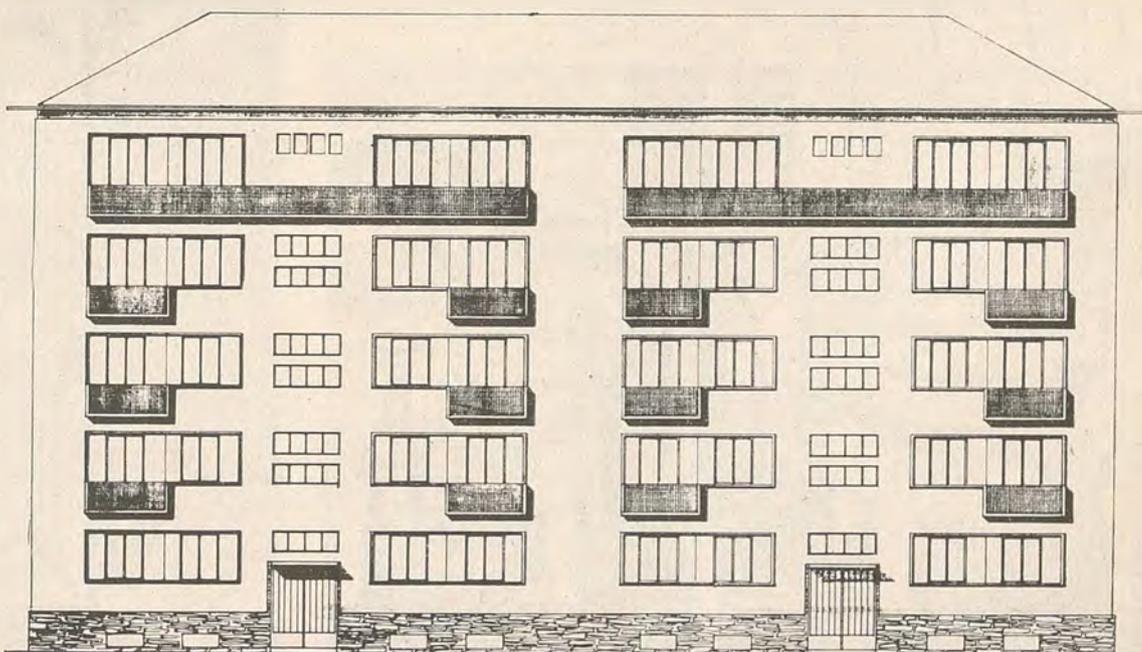


Prospettiva d'insieme.

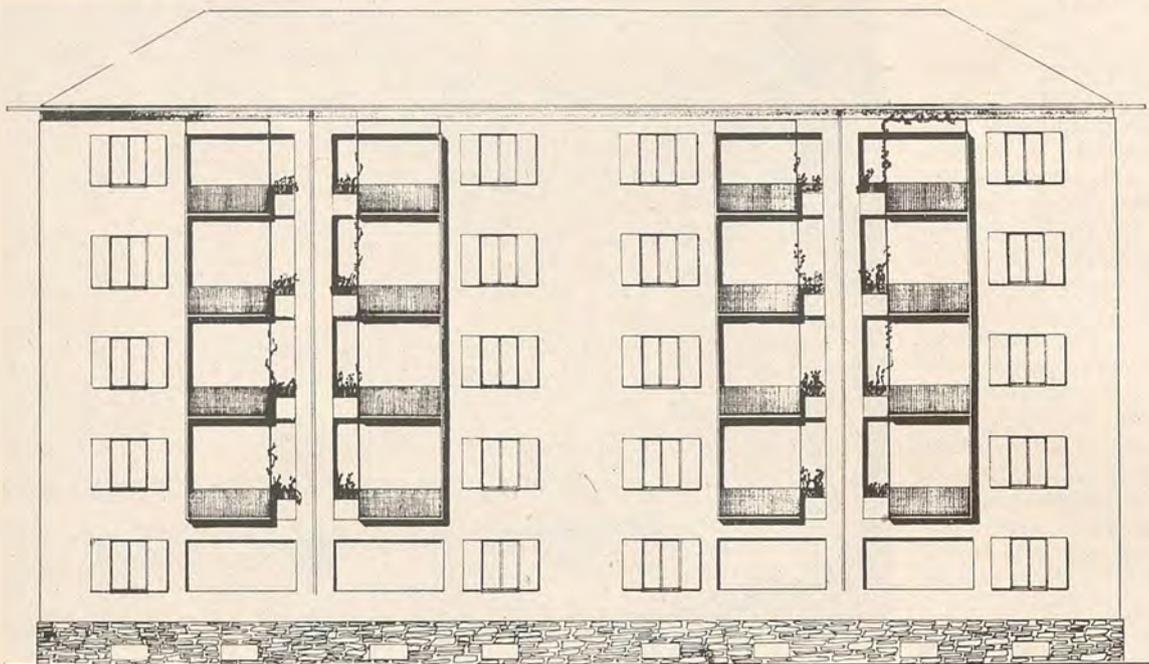
Altra caratteristica degli impianti realizzati in questo tipo di casa è il « blocco sanitario » che realizza uno dei postulati essenziali della pre-fabbricazione come quello che permette la predisposizione in officina del gruppo delle tubazioni, valvole, sifoni, braghe, saracinesche, collari sostegno destinati a disimpegnare i servizi di adduzione acqua calda e fredda, scarichi, ventilazioni, ispezioni contatori,

il collocamento in opera dei gruppi senza rotture di strutture murarie o altra operazione che richieda lunghi e faticosi montaggi sul posto e raccoglie in un'unica canna per tutto il fabbricato tale complesso di impianti così da rendere in qualunque modo ispezionabile e riparabile senza fatica alcuna per l'inquilino l'insieme degli impianti idraulici sanitari.

Ing. VITTORIO BONADÈ BOTTINO



Fronte esterno. Scala 1/250



Fronte interno. Scala 1/250

Il gruppo idraulico-sanitario prefabbricato della Ditta G. Sartorio & F.^o può essere messo in opera con notevole facilità.

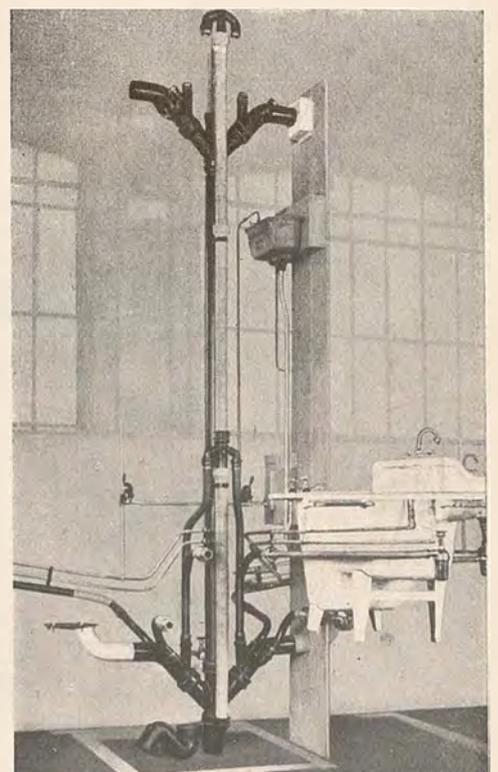
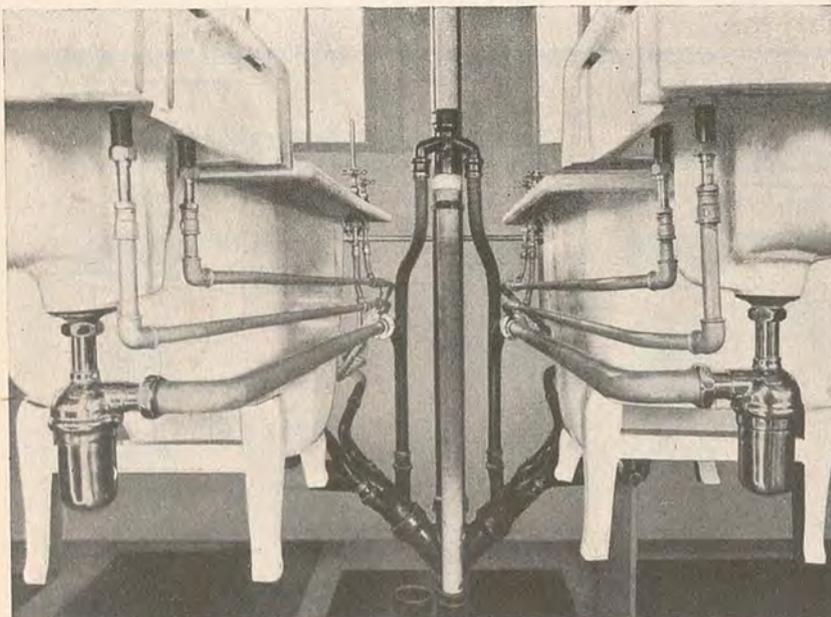
Non appena la costruzione è giunta al piano di gettata dei solai, mediante apposite maschere, possono essere installati tutti i raccordi e le tubazioni principali, dopo di che possono essere costruiti i vari muri di divisione. A locali ultimati, l'operaio non avrà che a posare le tubazioni esterne alle murature, pure esse prefabbricate, e fare i

collegamenti di dette tubazioni con le condutture principali di acqua calda e fredda e di scarico, mediante speciali premistoppe scorrevoli ad anello di gomma, in modo da facilitare la posa degli apparecchi, correggendo, senza dover ricorrere a lavori di adattamento, eventuali differenze di messa in opera delle tubazioni stesse.

Il gruppo prefabbricato per i servizi sanitari e di scarico comprende essen-

zialmente due monoblocchi A e B. Il primo è costituito da un raccordo a più vie inseribili nella conduttura principale di scarico e avente due rami laterali primari per lo scarico delle latrine, oltre a condotti secondari per il bagno, il lavabo e l'acquaio. Il secondo monoblocco B serve per il collegamento del condotto principale di ventilazione e delle tubazioni di ventilazione secondaria presifonica dei gruppi A dei singoli piani.

Illustrazione di un gruppo idraulico-sanitario prefabbricato installato fra due servizi contigui.





Veduta d'insieme delle schiere.

PROGETTO :

Ing. Marcello Pochettino.

Planimetria 1/3000

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Area lorda	mq. 43.456,15
Area da cedersi mediante compenso	» 5.223,52
Area per confronti stradalali	» 6.417,34
Area netta	» 31.815,29
Area coperta 24,46%	» 7.781,00
Area per strade, piazzali e marciapiedi 28,31%	» 9.007,50
Zone verdi 47,23%	» 15.026,79
Abitanti	n. 1160
Abitanti per ettaro	» 270 (riferito all'area lorda)
Per abitante: strade	mq. 7,76
area coperta	» 6,70
verde	» 12,95

Circolazione: arterie di primo e second'ordine.

Orientamento: Nord-Sud.

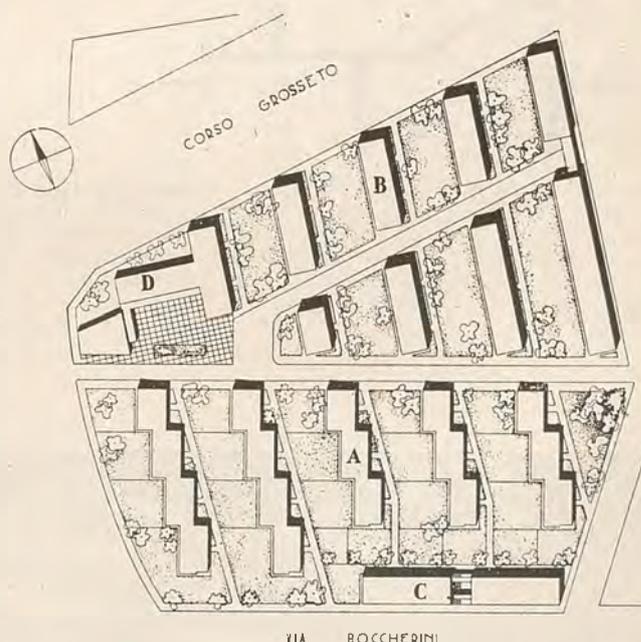
Ventilazione: costruzioni aperte.

Verde: orto-giardino per ogni abitazione del tipo **A**; zone verdi per i tipi **B** e **C**.

Sistema associativo :

- tipo **A** a due piani fuori terra (scala ogni due alloggi per piano);
- tipo **B** a quattro piani fuori terra (scala per ogni due alloggi per piano);
- tipo **C** ballatoio (una scala comune per tutti gli alloggi).

Servizi collettivi: **D:** asilo, «c.r.a.l.», spacci, ecc.



Impianti generali: luce - forza - gas - acqua potabile - acqua di irrigazione - fognatura bianca - fognatura nera.

Il programma di prima attuazione prevede la costruzione di n. 4 schiere del Tipo **A** a tre elementi ogni schiera per complessivi:

n. 24 alloggi tipo **1** con 5 letti ogni alloggio;

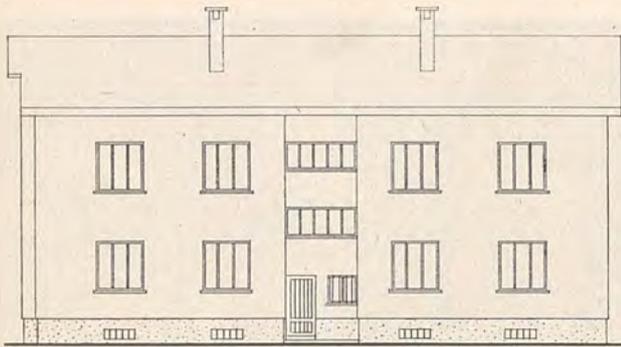
n. 16 alloggi tipo **2** con 4 letti ogni alloggio;

n. 8 alloggi tipo **3** con 3 letti ogni alloggio;

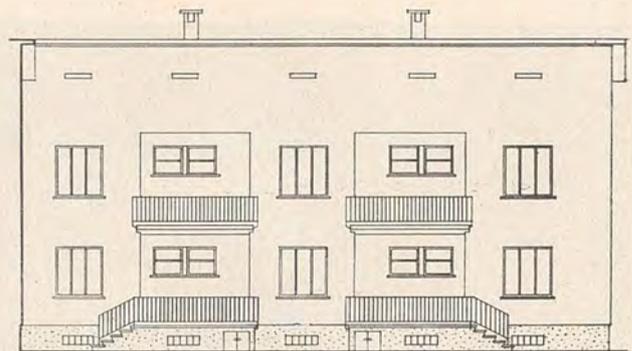
corrispondenti a un totale di n. 208 abitanti.

Cubatura complessiva per le 4 schiere mc. 16.354,68.

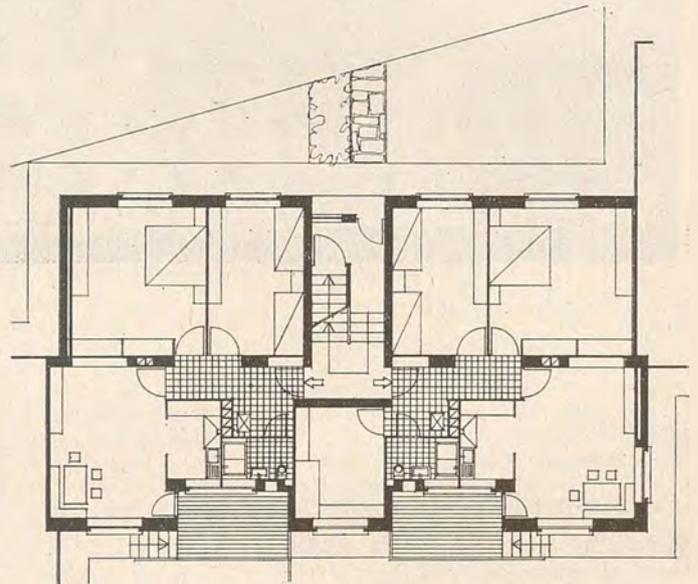
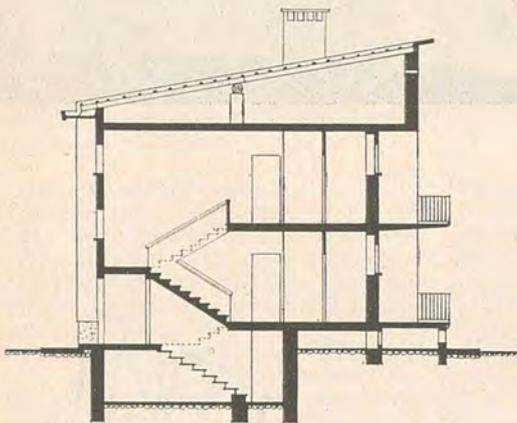
Costo previsto per mc. L. 5000.



In alto: fronte Ovest ed Est dell'elemento della schiera - Scala 1/250.



In basso: sezione trasversale e piante dello stesso elemento - Scala 1/250.



Alloggio Tipo 1:

Superficie coperta	mq.	100,43
Superficie utile	»	76,82
Effetto letto	1/15,36	
Superficie terrazzo	»	7,53
Effetto finestra	1/5,5	

Alloggio Tipo 2:

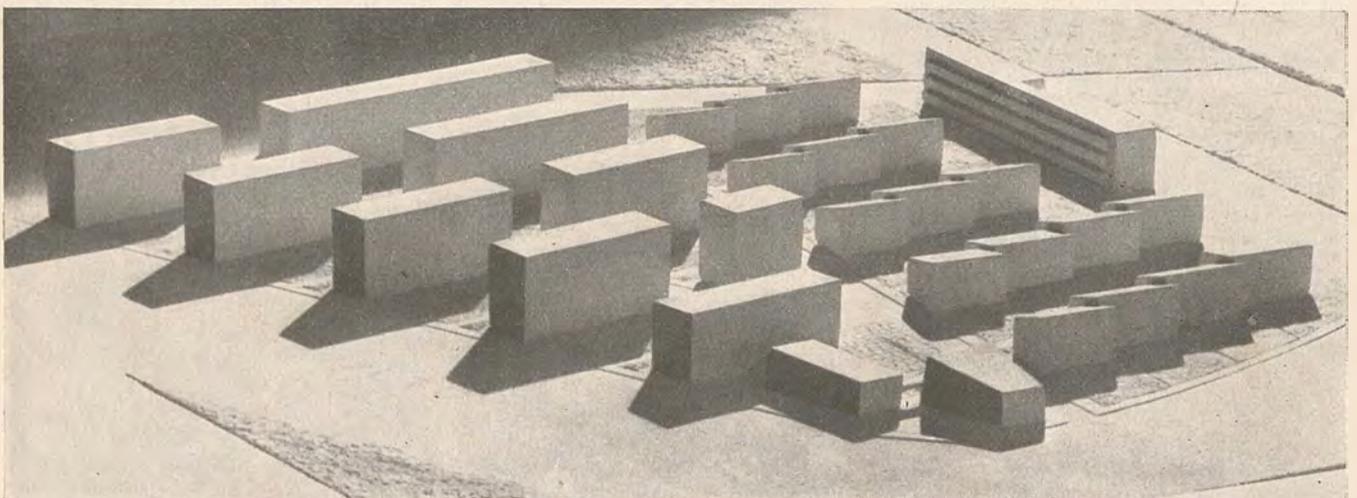
Superficie coperta	mq.	88,43
Superficie utile	»	65,88
Effetto letto	1/16,4	
Superficie terrazzo	»	7,53
Effetto finestra	1/5,5	

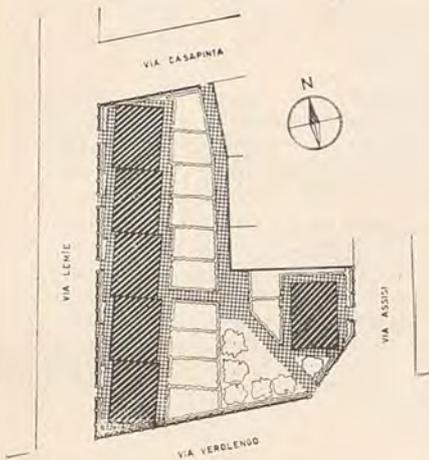
Alloggio Tipo 3:

Superficie coperta	mq.	66,76
Superficie utile	»	43,27
Effetto letto	1/14,42	
Superficie terrazzo	»	4,94
Effetto finestra	1/5,3	

Ogni alloggio avrà un orto-giardino di circa mq. 100.

Veduta d'insieme del quartiere.





Planimetria. Scala 1/2000.

PROGETTO:
 Ufficio Tecnico della "Michelin",

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

La S.A.M.I. dispone nei pressi dei propri stabilimenti in Torino, d'un insieme di terreni, uno dei quali contrassegnato col n. 407 sul foglio di mappa catastale n. 54, ha le seguenti caratteristiche:
 superficie libera da destinare a costruzioni, definita dalla mappa catastale mq. 3.987
 superficie, comprendente la parte da destinare al suolo pubblico mq. 5.950
 superficie della parte c.s. sino all'asse di via Verolengo . . . mq. 293
 Totale mq. 6.243

Il tipo di lottizzazione scelto prevede un corpo di costruzione a schiera, orientato sensibilmente Nord-Sud lungo il fronte dell'appezzamento verso Via Lemie e comprendente 5 edifici identici, a 4 piani fuori terra ed a 2 appartamenti per piano (uno di 4 vani principali e uno di 3 vani principali), più un corpo di costruzione isolato c.s. lungo il fronte verso Via Assisi.

Il computo del numero totale dei vani risulta quindi il seguente:

per ogni piano di ciascun edificio vani (4+2) + (3+2) cioè 11 vani, per 6 edifici a 4 p.f.t., un totale di: vani 11 edifici 6 piani 4 = 264 vani.

Al piano terreno di ogni edificio, dovendosi avere un passaggio diretto dalla strada al cortile, sarà destinato all'uopo un vano di fronte ad ogni ingresso verso il detto cortile. La composizione definitiva delle costruzioni sarà dunque la seguente:
 n. 6 case di 4 piani fuori terra con cantina, comprendenti ognuna:

al pianterreno 2 appartamenti di 3 vani principali — ai piani superiori 1 appartamento di 3 vani principali e 1 appartamento di 4 vani principali che formano in totale un complesso di n. 48 alloggi con n. 258 vani compresi i servizi.

Allo scopo di evitare la monotonia architettonica di una lunga facciata uniforme, è previsto nel gruppo con la fronte verso Via Lemie lo sfalsamento della successione degli assi longitudinali degli edifici, ciò che inoltre permette di diminuire alquanto la durata di esposizione al sole delle camere da letto, orientate ad Est, e di aumentare di conseguenza quella delle stanze di soggiorno orientate ad Ovest.

In riassunto, le caratteristiche previste risultano:

- Totale abitanti (previsto un massimo di n. 2 per camera da letto e una media di num. 1,5 per camera di soggiorno n. 300
- Superficie del terreno . . . mq. 3987
- Superficie delle strade adiacenti fino agli assi delle stesse » 2256
- Superficie totale » 6243
- Abitanti per ettaro $\frac{300}{0,6243} =$ n. 480
- La superficie d'un appartamento di 3 vani principali è di circa mq. 63,50
- La superficie d'un appartamento di 4 vani principali è di circa mq. 77
- Volume utile totale del complesso circa mc. 10.000
- Superficie totale del complesso mq. 3.321 (La superficie minima prescritta è di mq. 3.150).

b) Dati di finanziamento.

L'importo totale di L. 88.000.000, sarà diviso come segue:

- costruzione di n. 258 vani (comprese le opere di recinzione perimetrale) L. 80.000.000
- sistemazione del terreno, sistemazione strade adiacenti, allacciamento impianti gas, luce elettrica, acqua potabile, fognatura L. 5.760.000
- percentuale progetto, direzione lavori e diversi 2,80% circa L. 2.240.000

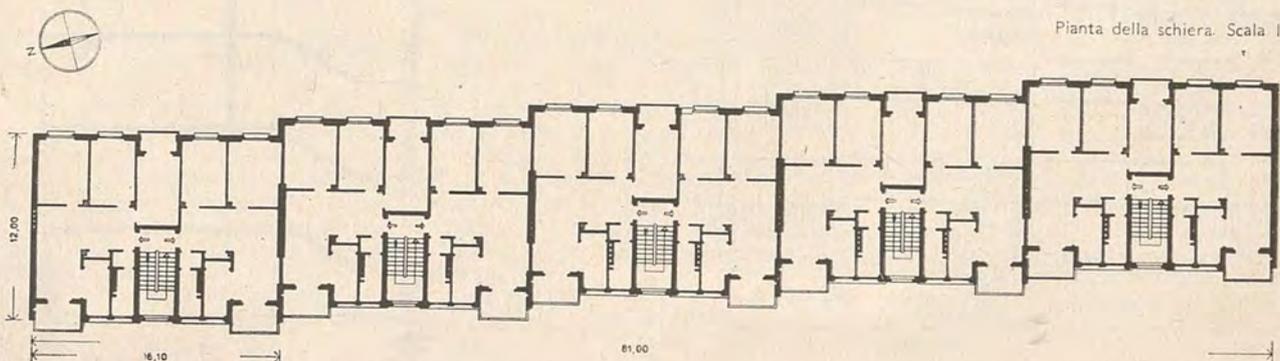
Totale L. 88.000.000

Dati costruttivi.

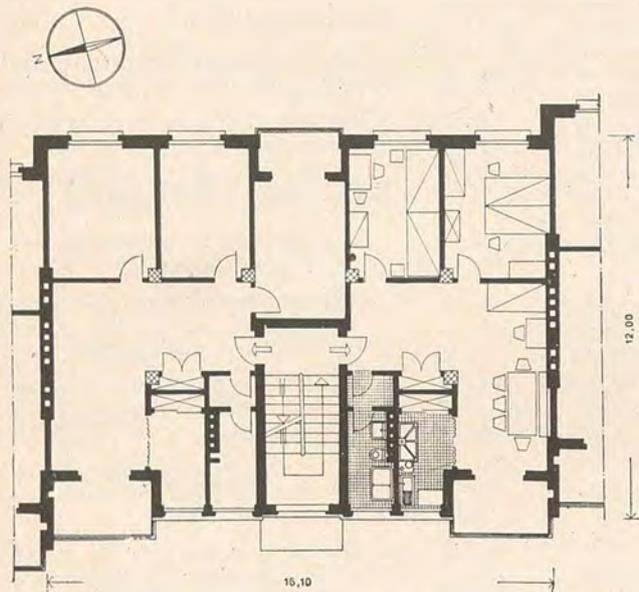
Le caratteristiche informative particolari delle costruzioni ed impianti sono:

- fondazioni continue in cls. e plinti per colonne in c. a.;
- colonne di ossatura principale interna e piattabande di rasamento in c. a.;
- muratura piano semi-sottterraneo in calcestruzzo cemento;
- muratura in elevazione pareti perimetrali esterne ed interne in mattoni comuni pieni e malta di calce idraulica;
- muri divisorii piano semi-sottterraneo in mattoni comuni pieni di fascia e malta di calce comune;
- i muri divisorii piani superiori in mattoni forati di quarto e malta di calce idraulica;
- telai a nervature parallele di travetti in cls. e laterizi armati, eseguiti a piè d'opera (tipo Sap. p. es.);
- intonaco interno ordinario in malta di calce bianca;
- intonaco esterno spruzzato in malta colorata a grana media;
- copertura a doppia falda, con tetto ad armatura di legno e manto di tegole piane;
- zoccolo facciate esterne, soglie ingressi, davanzali in pietra Luserna lavorata a martellina fina;

Pianta della schiera. Scala 1/500.



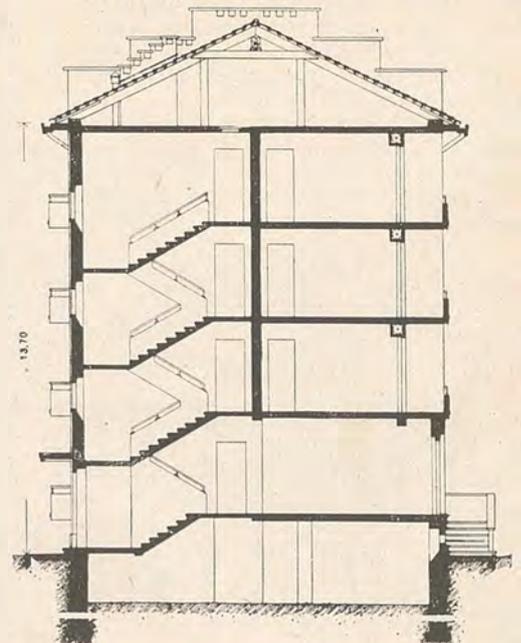
- scala con rampe, parapetto in cls. armato, e gradini in pietra di Luserna lavorata a martellina fina;
- pavimenti in piastrelle cemento e marmette graniglia colorata;
- rivestimenti parziali pareti latrina e cucina con piastrelle ceramica bianca smaltata;
- serramenti esterni in larice nostrano spessore cm. 4,5 persiane avvolgibili a rullo, completo di cassettoni;
- portoncino ingresso, id., d'accesso alloggio in rovere spess. cm. 4,5;
- porte interne in abete spessore cm. 3,5 con specchiature inferiori in legno e superiori in vetro stampato;
- porte accesso cantine in abete;
- teste delle canne di ventilazione in eternit;
- tubazioni di scarico latrine in grès ceramico;
- impianti igienico-sanitari composti di: rete di erogazione, distribuzione e scarico dei gruppi di apparecchi;
- apparecchi d'impianto: lavandini, lavabi, (esclusa la vasca da bagno);
- rubinetteria diversa e valvole;
- impianto elettrico esterno, in filo biaccato, al centro volta incassato in tubo;
- Impianto di riscaldamento a sistema locale prevedendo l'installazione di stufa a combustibile solido (legna e carbone) nell'ingresso e nel soggiorno (esclusa la stufa);
- opere varie complementari di finitura; tinteggiature interne a calce; verniciatura ad olio a due strati su imprimitura, dei serramenti esterni ed interni, ed a stoppino nella faccia esterna delle porte d'ingresso agli alloggi.

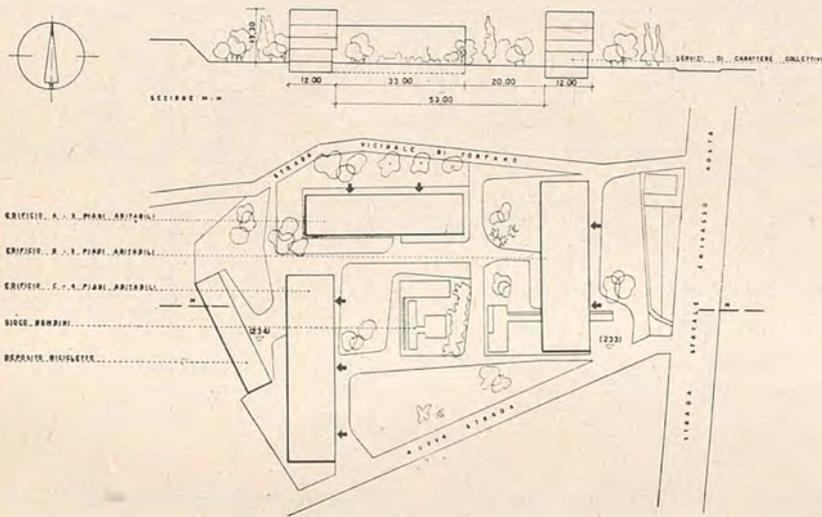
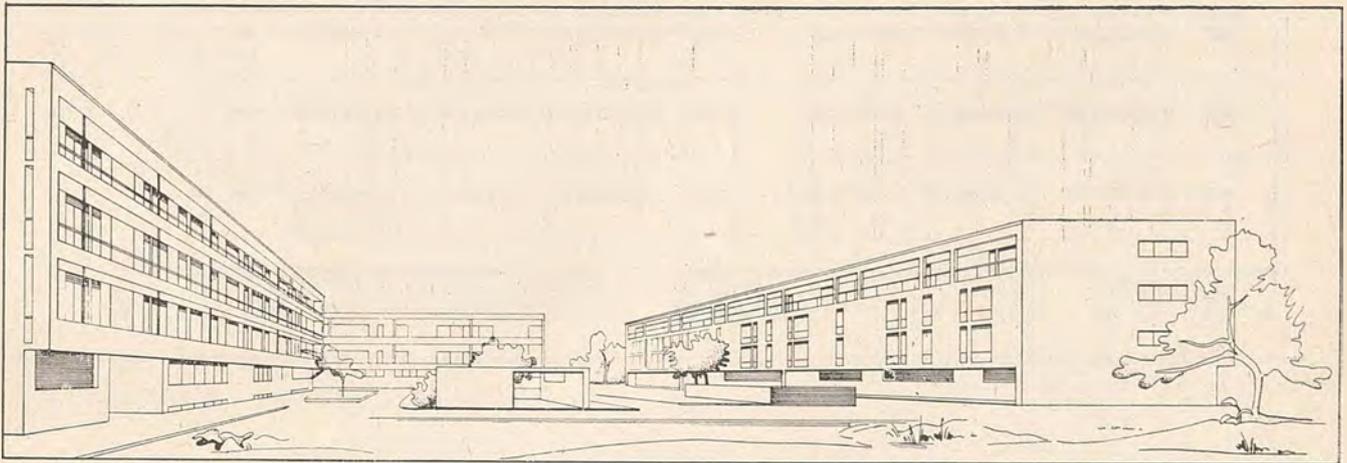


(a fianco)
Pianta del piano tipo. Scala 1/250.

(in basso a sinistra)
Facciata ovest. Scala 1/250.

(in basso a destra)
Sezione trasversale. Scala 1/250.





(in alto) Veduta prospettiva d'insieme dei corpi
A, B, C.

(di fianco) Planimetria generale 1/2000.

PROGETTO:
 Ufficio Tecnico della "Olivetti",

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE
 Il complesso edilizio che forma oggetto del piano è costituito da n. 3 case di cui una (Edificio **A**) orientata con fronti a Nord e a Sud e n. 2 (Edifici **B** e **C**) con fronti ad Est e ad Ovest.

CARATTERISTICHE DELLE COSTRUZIONI E DEGLI APPARTAMENTI
 L'edificio **A** consta di n. 12 alloggi, ognuno di 3 + 2 vani con superficie netta utilizzabile di mq. 61,66, cui vanno aggiunti mq. 3,71 adibiti alla sistemazione di armadi a muro e mq. 5,90 a terrazza coperta. Nel locale di soggiorno-pranzo è prevista la possibilità di sistemazione di un divano letto. Le camere da letto e soggiorno si affacciano sul fronte Sud mentre su quello Nord danno i servizi (bagno-cucina) e la scala.

Ogni alloggio dispone di una terrazza coperta e di un ripostiglio; gli ambienti sono disimpegnati da un corridoio nel quale in posizione centrale rispetto all'alloggio è predisposto opportuno allargamento per consentire la sistemazione di una stufa. La camera da letto matrimoniale può ospitare anche una culla; ogni alloggio dispone inoltre di una cantina per mq. 18 circa.

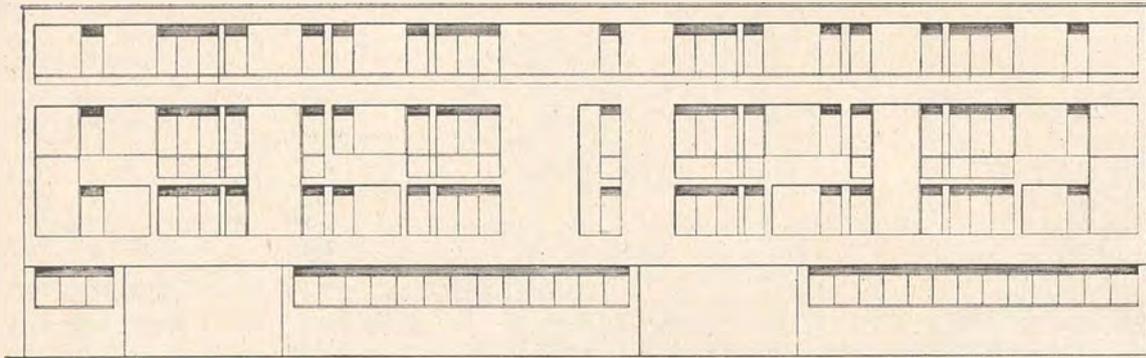
L'edificio **B** consta di tre piani abitabili oltre il piano terreno, nel quale sono previsti dei locali per la sistemazione dei seguenti servizi di carattere collettivo per gli abitanti del quartiere:

alloggio del portiere, deposito per n. 40 biciclette e per una quindicina di motocicli (che integra altro deposito sistemato in zona Ovest del lotto), lavatoio con centrifuga e locale adibito a lavanderia ad uso comune.

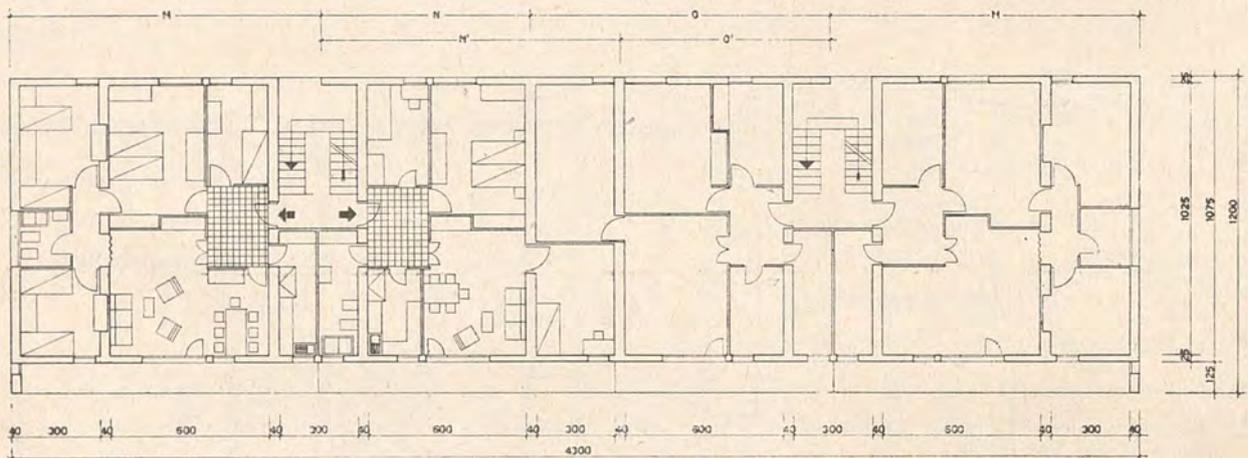
I tre piani sono serviti da n. 2 scale che disimpegnano complessivamente n. 12 alloggi.

La soluzione studiata consente, nella parte centrale, di ricavare n. 2 alloggi (tipo N e O) entrambi di 4 + 2 locali, oppure n. 2 alloggi (tipo N' e O') rispettivamente di 5 + 2 e 3 + 2 locali.

Tutti gli alloggi hanno superficie netta superiore a quella stabilita dalle norme e dispongono a levante di una terrazza coperta, con superficie variabile da metri quadrati 10,37 a 14,12 per alloggio, sulla quale si affaccia il locale di soggiorno. Per consentire una certa varietà si sono pure studiati al secondo piano alloggi con una piccola terrazza (con superficie variabile da mq. 5,60 a 7,87 per alloggio) anche verso il lato Ovest e sulla quale danno le camere da letto. I complessi di servizio (bagno-cucina) sono stati studiati adiacenti allo scopo di poter realizzare un risparmio nelle condutture; solo per gli alloggi di testata si è preferito spostare il bagno, sia per renderlo meglio accessibile dalle camere da letto che per consentire un ampliamento del locale adibito a soggiorno.



Casa tipo B - fronte Est. Scala 1/250



Casa tipo B - pianta piano tipo. Scala 1/250

L'edificio C risulta di 4 piani abitabili; è servito da n. 3 scale che disimpegnano complessivamente n. 24 alloggi.

Lo schema distributivo è analogo a quello dell'edificio B, ma, con lo spostamento dei locali bagno e cucina e la si-

stemazione di una camera da letto nel vano adiacente alla scala, si è creata la possibilità di ampliare l'uno o l'altro alloggio contiguo a seconda delle necessità familiari e ciò vale anche per le due camere da letto degli alloggi centrali, comprese fra i due soggiorni.

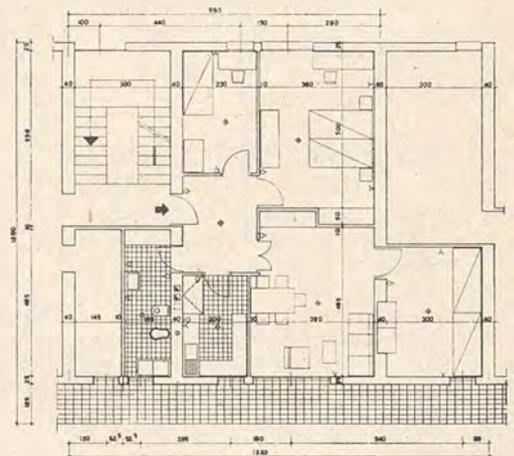
Gli alloggi dei piani superiori dispongono di una terrazza verso levante la cui superficie è variabile, a seconda del numero dei locali, da mq. 6,75 a mq. 14; anche in questo tipo di casa si è introdotto una variante al terzo piano ricavando verso Ovest una piccola terrazza coperta.

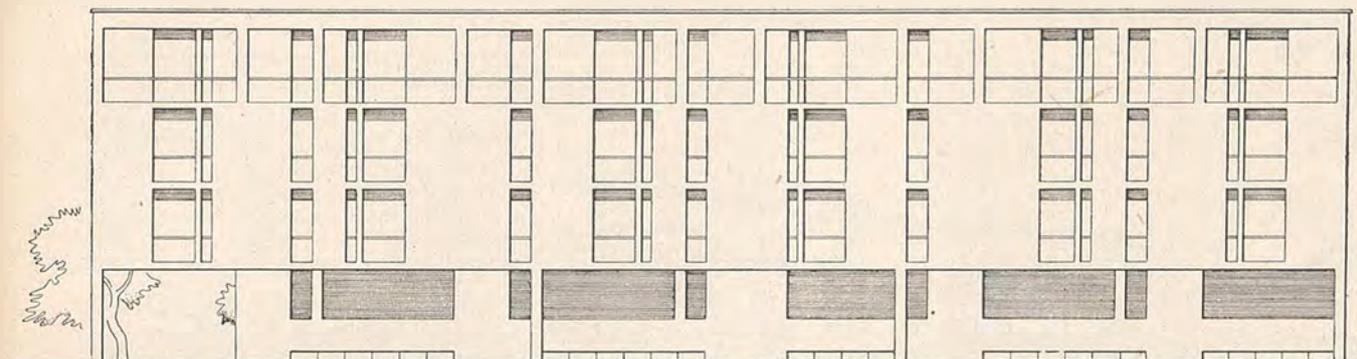
Dalle tabelle allegate ai disegni risulta:

N. alloggi	N. vani	N. letti
	Casa tipo A	
12	60	48+12 ⁽¹⁾
	Casa tipo B	
12+1 ⁽²⁾	78+3,5 ⁽²⁾	74+13 ⁽¹⁾⁽²⁾
	Casa tipo C	
23	120	102+23
In totale		
48	261,5	224+48

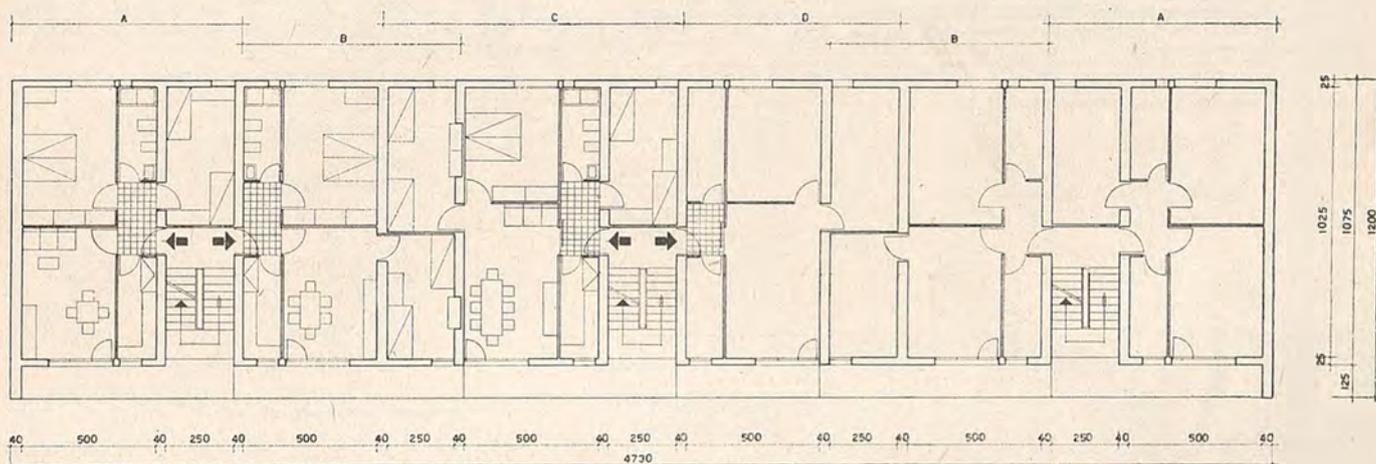
(1) Letti nel soggiorno. - (2) Alloggio custode. - (3) Di cui 2+1 per alloggio custode.

Casa tipo B
Alloggio tipo. Scala 1/250.





Casa tipo C - fronte Ovest. Scala 1/250.



Casa tipo C - pianta piano tipo. Scala 1/250.

Dati costruttivi.

Il sistema costruttivo consta di muri perimetrali in mattoni (di cui quelli a levante e ponente, non protetti da loggiato e perciò maggiormente esposti alle intemperie, provvisti di intercapedine); spina centrale di pilastri e solai in laterizio con elementi fabbricati fuori opera. Esternamente l'edificio risulta intonacato a civile con tinta a calce mentre nell'interno dei locali verrà data una tinteggiatura a colla. Il vano adibito a bagno (che comprende oltre alla vasca a sedile munita di doccia, un W.C. ed un lavabo) è in parte rivestito in piastrelle.

La posizione scelta per la sistemazione della stufa permette di provvedere con questa al riscaldamento dell'intero alloggio: sono state tuttavia lasciate nella costruzione le tracce per il passaggio delle tubazioni nel caso che in futuro si volesse eseguire l'impianto di riscaldamento centrale. Sul pianerottolo della scala sono sistemate le bocche di scarico per l'allontanamento delle immondizie.

L'impianto idraulico risulta interamente incassato; l'impianto elettrico esterno con plattina biaccata; i contatori sono sistemati in apposito vano non visibile in vicinanza della porta d'ingresso.

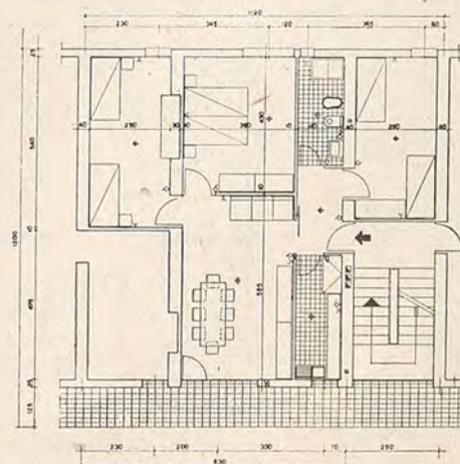
Indici.

Il numero dei letti per vano ha un valore medio di 1,03 (n. 270 letti - n. 261,5 vani) e pertanto la densità di popolazione del lotto risulta di 390 abitanti per ettaro.

Orientamento.

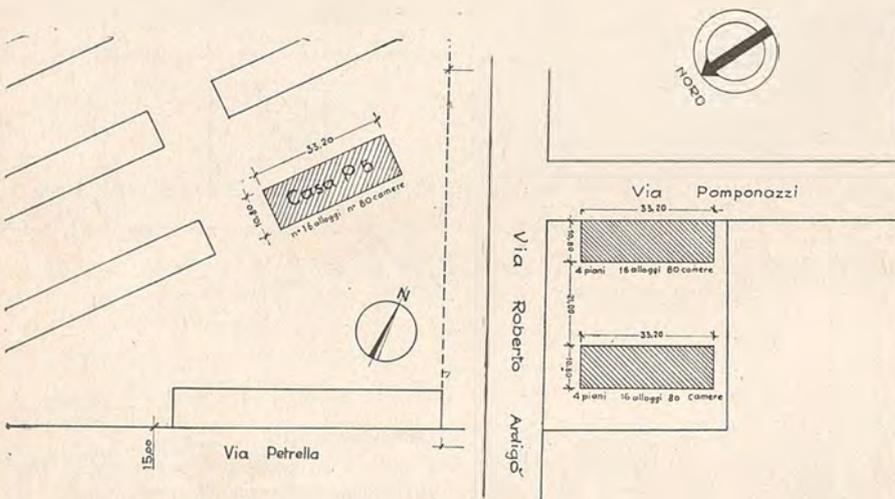
Dato l'ordinamento degli edifici tutti gli appartamenti risultano toccati dal sole dall'alba al tramonto in ogni stagione dell'anno.

Casa tipo C - alloggio tipo Scala 1/250.

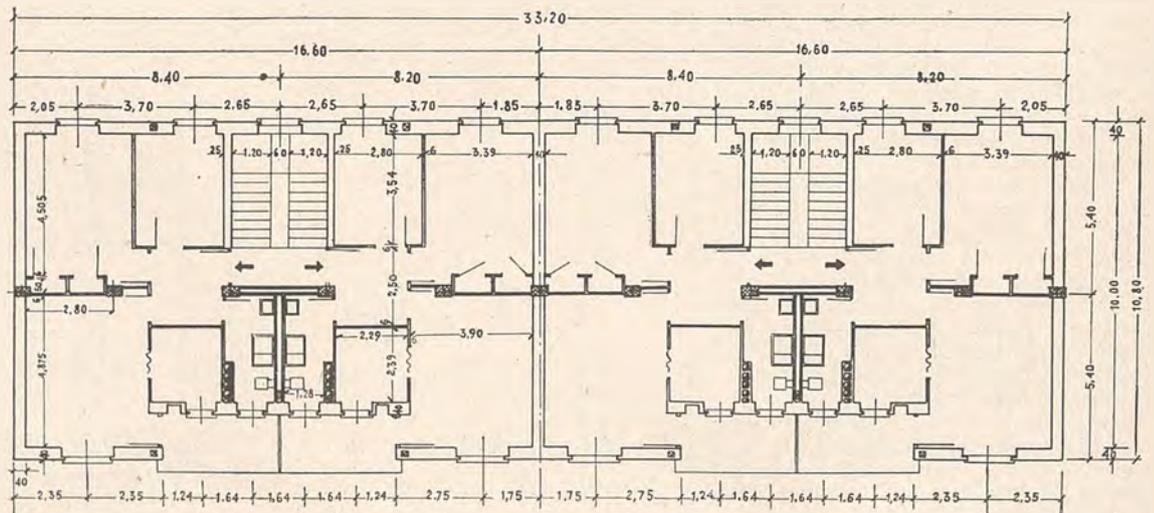




Veduta d'insieme della casa sulla via Petrella.



Planimetrie scala 1/2000.



Pianta generale.
 Scala 1/250.

PROGETTO:

Dott. Ing. Mario Torretta - Ufficio Tecnico dell'Amministrazione della Provincia.

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Il progetto contempla la costruzione di due case sull'angolo della via Pomponazzi e Ardigò e di una casa nel gruppo da costruirsi dal Municipio sull'angolo delle vie Alessandro Cruto e Petrella, sempre in Torino.

La disposizione dei fabbricati è a cortile aperto, ed ogni alloggio ha due esposizioni, conformemente alle norme dei moduli S. T. 5, S. T. 6 e S. T. 7.

Numero degli alloggi: per casa 16; in totale 48.

Numero dei vani: per ogni casa 80; in totale 240.

Cubatura: per ogni casa mc. 5055.

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Superficie dei locali:

Soggiorno	mq.	19,00
Camera matrimoniale	»	15,80
Camera figli	»	9,90
Cucinetta	»	5,50
WC e bagno	»	4,80
Entrata	»	5,50

Totale mq. 60,50

Loggetta esterna mq. 5.

Dati economici.

Il prezzo per ogni casa da appaltare è di L. 27.535.000, e per tre case di Lire 82.605.000.

Le somme a disposizione della Stazione appaltante sono di Lire 950.000 e per le tre case Lire 2.850.000 quelle per imprevisti, rimborso I. G. E., spese di progetto e di direzione di L. 3.383.448, e per le tre case di L. 10.150.344.

La spesa complessiva è così di Lire 95.605.344 che si arrotonda in L. 96.000.000, cifra che corrisponde alla spesa stabilita dalla legge di L. 400.000 per vano.

PROGETTO:

Ufficio Tecnico del Comune di Torino.

SITUAZIONE URBANISTICA

Area già di proprietà Municipale a nord-est del centro cittadino non lontano dall'imbocco dell'Autostrada Torino-Milano. Compresa in una zona fabbricabile sita fra due centri sussidiari: Monterosa e Regio Parco; su quest'ultimo, più vicino e più collegato, graviterà, almeno per ora, la popolazione delle case.

Il collegamento con il centro cittadino, assicurato da strade già sistemate, è facilitato da due linee tramviarie a distanza di 700 e 1000 metri.

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Si tratta, per ora, di cinque fabbricati a manica doppia di cui:

3 con	40 alloggi
1 »	32 »
1 »	24 »

176 »

oltre ad un fabbricato con 32 alloggi in costruzione a cura della Provincia.

Area con due fronti, uno su via Cruto e l'altro su via Petrella a nord di via Cimarosa.

Entrata unica in via Cruto con passaggio obbligato dalla portineria.

Con la costruzione prevista del fabbricato lungo via Petrella, potrà sistemarsi in esso un'altra portineria e quindi si potrà avere un secondo ingresso che renderà ancor più rapida ed agevole la circolazione già ottima.

Superficie del terreno mq. 16250 netto delle strade perimetrali.

Superficie totale coperta a programma completato . mq. 3850

Superficie viabile a programma completato . . . » 6850

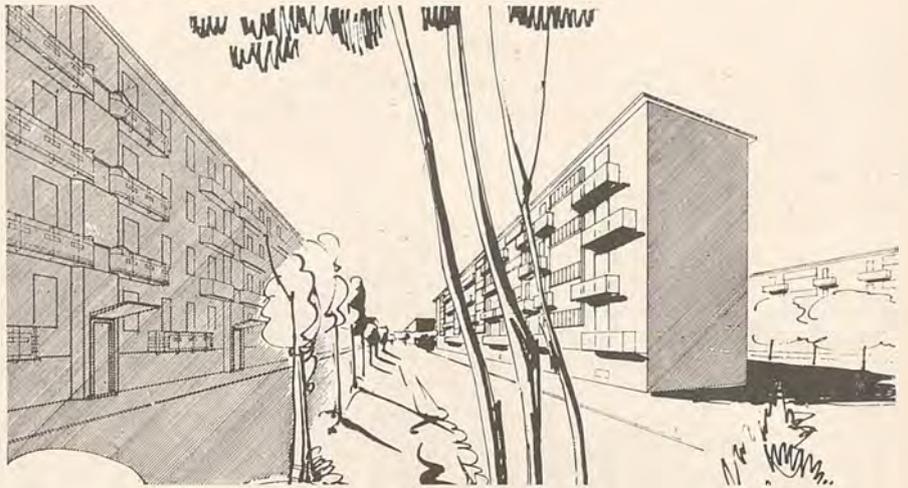
Superficie verde a programma completato . . . » 5350

Orientamento.

L'asse longitudinale degli edifici è pressoché parallelo all'asse eliometrico.

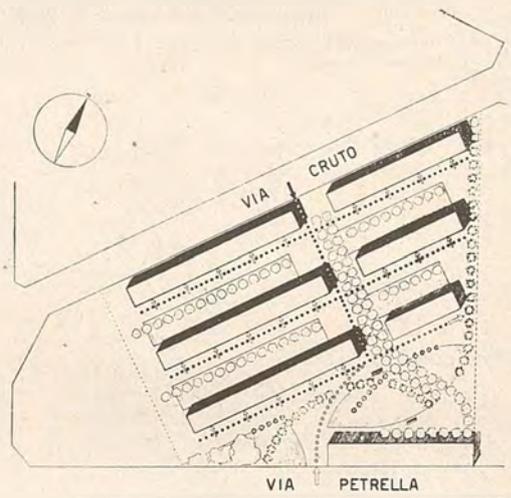
Ventilazione.

Costruzioni aperte a n.º 4 piani f. t.



(in alto) Veduta di insieme del quartiere.

(in mezzo) Planimetria generale scala 1/4000.



Luminosità.

Fabbricati alti m. 14 al filo cornicione, - distanziati di 21 metri.

Il rapporto di illuminazione è in media da 1 a 6.

Verde.

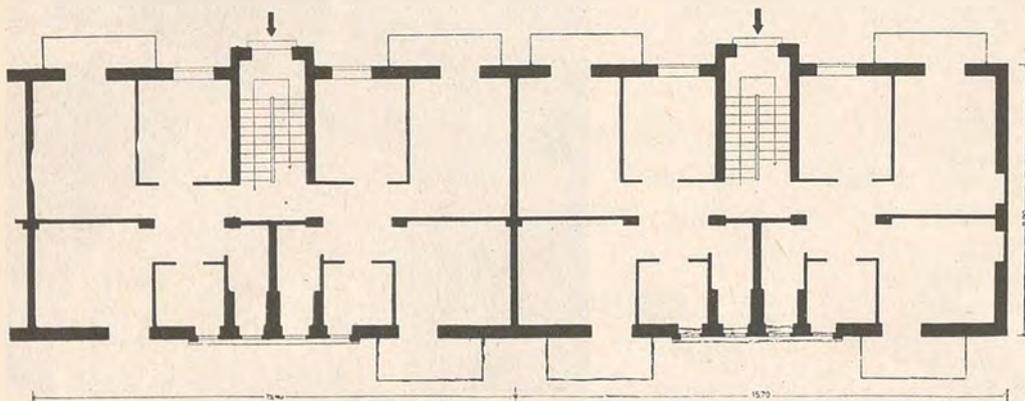
Giardino collettivo con filari di alberi e siepi fra costruzione e costruzione.

Grande viale centrale che dall'entrata di via Cruto giunge fino allo spazio sistemato con schiere d'alberi di essenze diverse - alcuni anche fruttiferi.

Sono progettate due fontane alimentanti larghe vasche con acqua bassissima per i giochi dei bimbi.

Densità.

500 abitanti per ettaro.



Pianta del piano tipo. Scala 1/250.



(in alto)
Veduta d'insieme del quartiere.

(in basso a sinistra)
Pianta degli appartamenti tipo C. Scala 1/250

(in basso a destra)
Pianta degli appartamenti del tipo D. Scala 1/250.

PROGETTO:

Ing. Gabriele Manfredi e arch. Alberto Beveresco.

Per le costruzioni promosse dall'I.N.A.-CASE l'Istituto Case Popolari di Torino ha messo a disposizione un lotto di ben 19.500 mq. in località Regio Parco. Il notevole contributo ha permesso di realizzare un quartiere estensivo con case a tre piani fuori terra completamente circondate da giardino ed eccezionalmente distanziate.

Si deve al consiglio di amministrazione dell'Istituto guidato dal Presidente Avv. Savio se oggi l'I.N.A. può creare un complesso così importante di abitazioni in quella località.

10 fabbricati sono già in costruzione per un totale di 354 vani in 72 appartamenti di

due-tre-quattro e cinque camere utili e servizi.

Il numero normale di letti è di 314 oltre 72 culle.

Tutti gli appartamenti sono dotati di bagno e cucina completi rivestiti in piastrelle. Il pavimento del soggiorno è in legno.

Sono stati adottati buoni accorgimenti per la standardizzazione di alcuni elementi.

I lavori sono già iniziati e sotto la guida dell'ing. Boccalatte procedono rapidamente.

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Superficie assegnata al 1° gruppo mq. 12.000
 Superficie coperta da fabbricati mq. 2.134
 Abitanti normali 314
 + 1/3 delle culle 24 n. 338
 Abitanti per ettaro n. 280

Fabbricati.

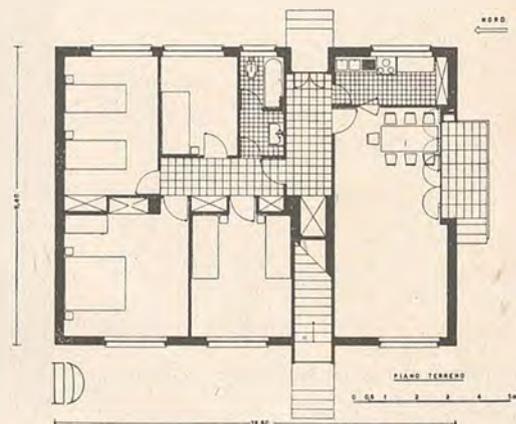
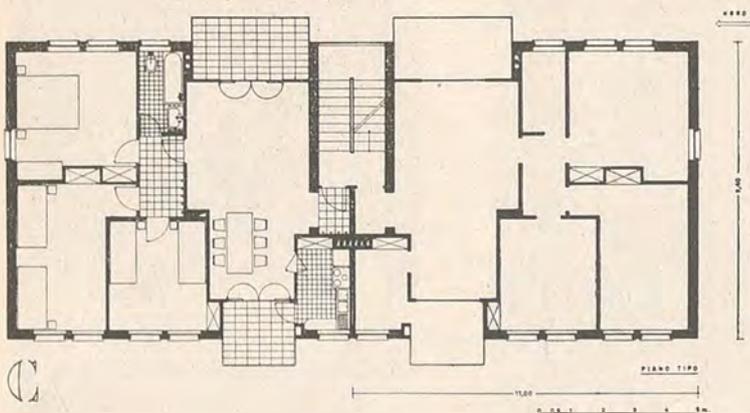
4 fabbricati a 3 p. f. t. alloggi di 2 e 3 camere utili.
 3 fabbricati a 3 p. f. t. alloggi di 4 cam. utili.
 3 fabbricati a 2 p. f. t. alloggi di 5 cam. utili.

Appartamenti.

2 camere utili n. 24 (tipo A)
 3 » » n. 24 (tipo B)
 4 » » n. 18 (tipo C)
 5 » » n. 6 (tipo D)

Orientamento.

Tutti i vani sono esposti ad est o ad ovest.



LOTTO A

PROGETTO:

Ing. Alessandro Lusso e Arch. Alberto Beveresco.

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Terreno in Torino - corso Vittorio Em.
 Area del terreno da cedere all'INA-CASA mq. 384
 Superficie integrata dalla quota spazi pubblici e limitrofe proprietà SIP » 1100
 Cubatura totale dell'edificio mc. 3494
 Vani (art. 22) n. 60
 Letti normali » 48
 Abitanti per ettaro » 435

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO

N. 6 piani fuori terra con due alloggi di tre camere utili (tipo E. F.) per piano.
 Cubatura media lorda per vano mc. 58,20.

Abitanti.

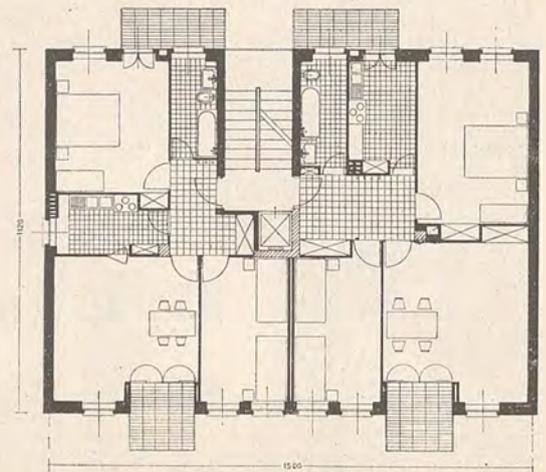
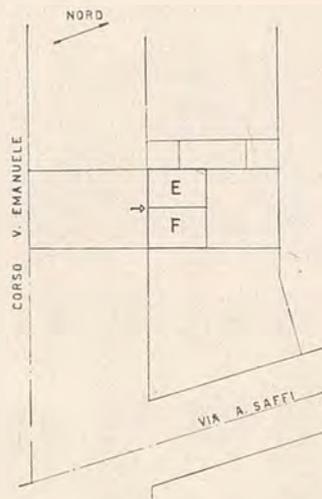
Normali (esclusi gli eventuali letti nei soggiorni) n. 48.

Orientamento.

Disposto necessariamente secondo l'asse in direzione Est-Ovest, ma sono rispettate le norme del Comitato relative all'esposizione dei vani.

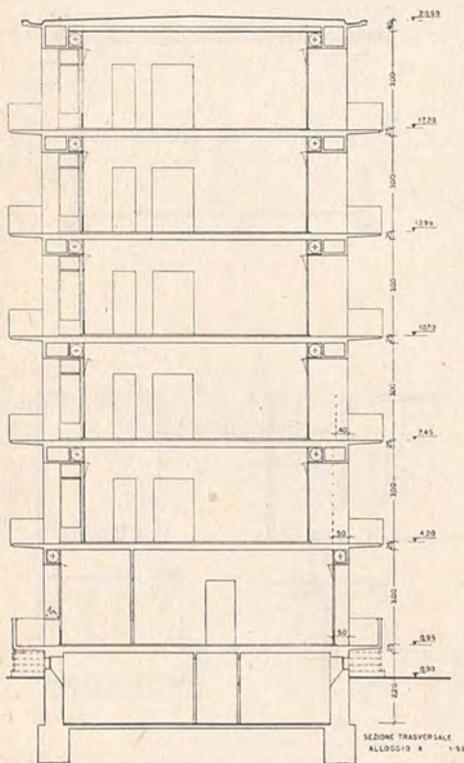
CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Appartamenti tipo **E**:
 N. 3 camere utili : cucina - bagno - ingresso e disimpegno locali - due terrazzini;

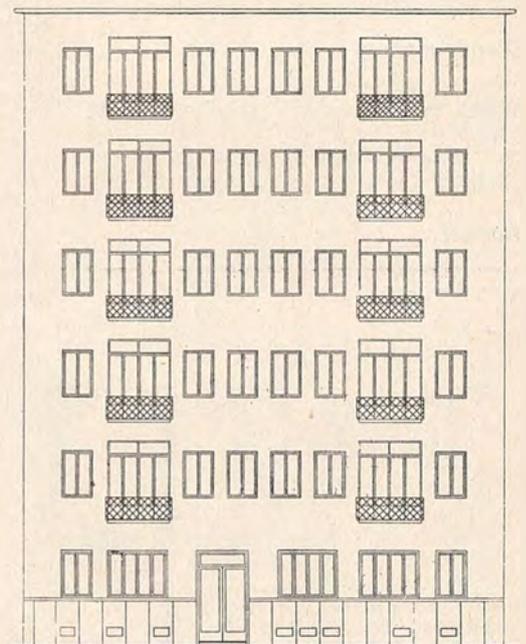


4 letti (eventuale letto nel soggiorno).
 3 armadi.
 Soggiorno e pranzo mq. 18,56
 sup. illuminante mq. 6,30
 Camera letto (matrimoniale) » 15,00
 sup. illuminante mq. 2,52
 Camera letto (a due letti) » 11,88
 sup. illuminante mq. 2,52
 Cucina » 5,15
 Bagno » 4,40
 ingresso e disimpegno » 5,56
 Terrazzino » 4,00
 Terrazzino » 3,84
 Superficie utile totale » 78,39

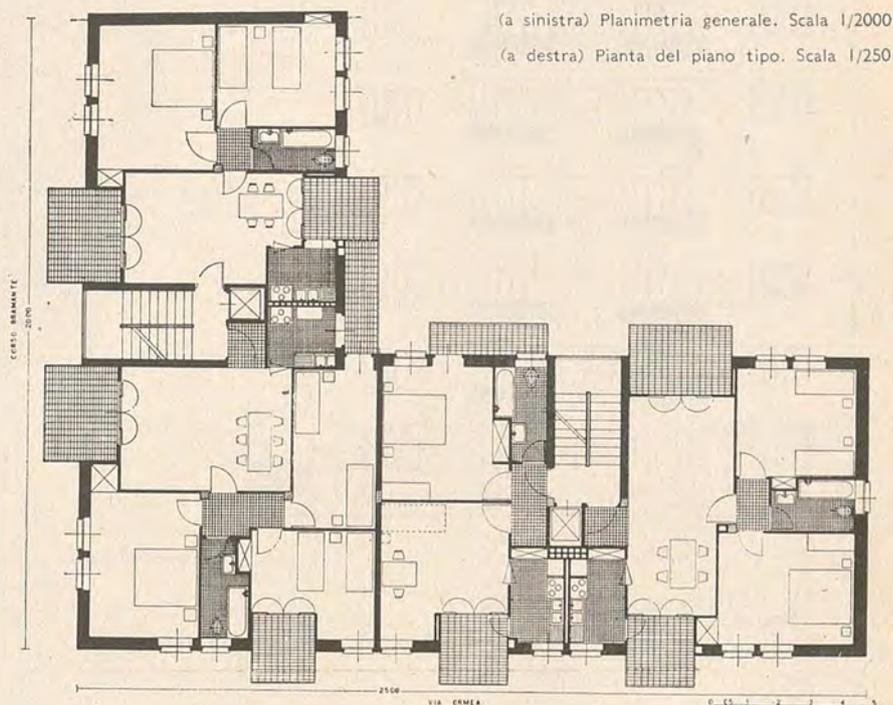
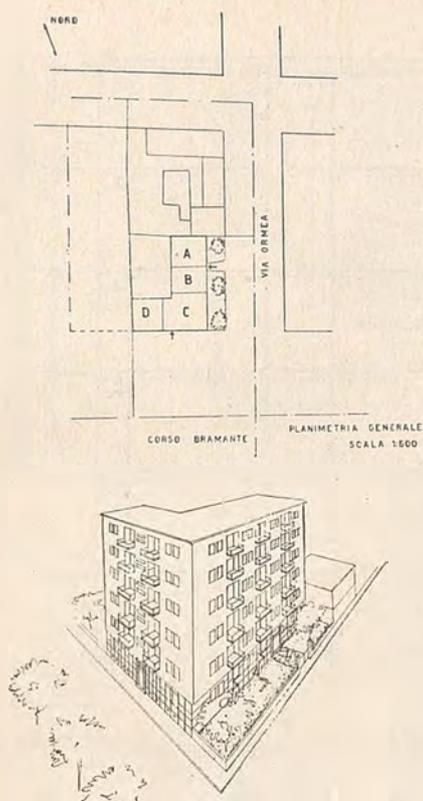
Appartamenti tipo **F**:
 N. 3 camere utili: cucina-bagno-ingresso disimpegno locali e due terrazzini; 3 armadi.
 Soggiorno e pranzo mq. 21,98
 sup. illuminante mq. 6,30
 Camera letto (matrimoniale) » 18,15
 sup. illuminante mq. 2,52
 Camera letto (a due letti) » 12,42
 sup. illuminante mq. 2,52
 Cucina » 6,95
 Bagno » 4,77
 Ingresso e disimpegno » 8,06
 Terrazzino » 4,00
 Terrazzino » 3,84
 Superficie utile totale » 80,17



Sezione trasversale. Scala 1/250.



Facciata Sud. Scala 1/250.



(a sinistra) Planimetria generale. Scala 1/2000

(a destra) Pianta del piano tipo. Scala 1/250

LOTTO B

PROGETTO:

Ing. Alessandro Lusso e Arch. Alberto Beveresco

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Terreno in Torino:
Corso Bramante ang. via Ormea.
Area del terreno da cedere all'I.N.A.-CASA mq. 625
Superficie integrata dalla quota spazi pubblici e limitrofe proprietà SIP » 2400
Cubatura totale dell'edificio . . . mc. 6830
Vani n. 117
Letti normali » 96
Abitanti per ettaro » 400

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO

N. 1 fabbricato a 6 piani fuori terra, alloggi di 2-3-4 camere utili.
Cubatura media lorda per vano . . . mc. 58,50

Appartamenti.

Tipo **A** (3 camere utili):
alloggi n. 6 - complessivi vani 30 (art. 22) letti n. 24
Tipo **B** (2 camere utili):
alloggi n. 6 - complessivi vani 21 » » 12
Tipo **C** (4 camere utili):
alloggi n. 6 - complessivi vani 36 » » 36
Tipo **D** (3 camere utili):
alloggi n. 6 - complessivi vani 30 » » 24
Totali:
Alloggi n. 24 - vani n. 117 letti n. 96

Abitanti.

Abitanti normali (esclusi gli eventuali letti nel soggiorno) n. 96

Orientamento.

Il fabbricato è di forma ad L. Il lato maggiore ha l'asse in direzione Nord-Sud e quindi tutti i vani sono esposti ad Est e ad Ovest. Per il lato minore, disposto necessariamente con l'asse in direzione Est-Ovest, sono rispettate le norme del Comitato relative all'esposizione dei vani.

Soleggiamento.

Sono rispettate le disposizioni della Legge.

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Appartamenti tipo A:

N. 3 camere utili: cucina - bagno - ingresso - disimpegno - locali notte - due terrazzini; n. 4 letti (eventuale letto nel soggiorno); n. 3 armadi.
Soggiorno e pranzo mq. 21,50
superf. illumin. mq. 10,00
Camera letto (matrimoniale) . . . » 15,50
superf. illumin. . . » 2,52
Camera letto (a due letti) . . . » 13,20
superf. illumin. . . mq. 2,52
Cucina » 4,85
Bagno » 4,25
Ingresso » 1,56
Disimpegno » 1,60
Terrazzino » 7,05
Terrazzino » 4,20
Superficie utile totale mq. 73,71

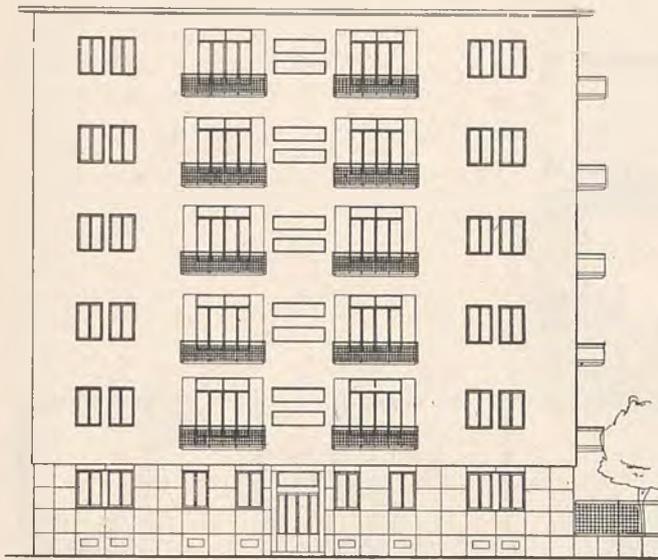
Appartamenti tipo B:

N. 2 camere utili: cucina - bagno - ingresso - un terrazzino - un balcone; n. 2 letti (eventuale letto nel soggiorno); n. 2 armadi.
Soggiorno e pranzo mq. 15,75
superf. illumin. mq. 6,26
Camera letto (matrimoniale) . . . » 16,13
superf. illumin. mq. 2,52
Cucina » 4,85
Bagno » 4,20
Ingresso » 3,30
Terrazzino » 4,20
Balcone » 3,75

Superficie utile totale mq. 52,18

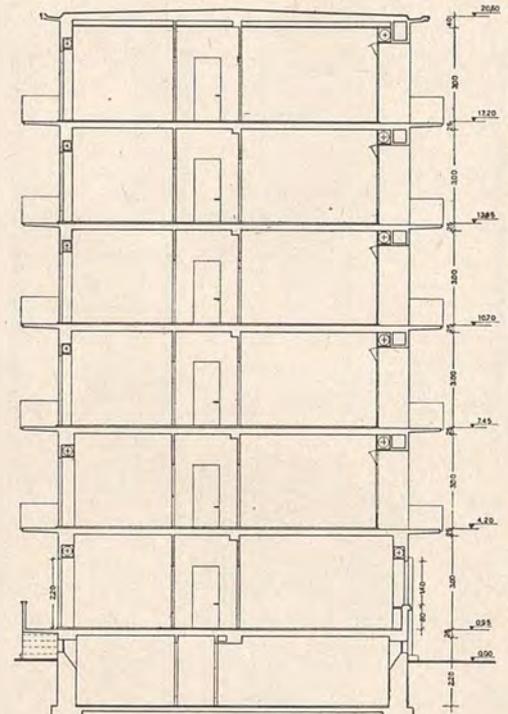
Appartamenti tipo C:

N. 4 camere utili: cucina - bagno - ingresso - disimpegno - due terrazzini - un balcone; n. 6 letti (eventuale letto nel soggiorno); n. 2 armadi.
Soggiorno e pranzo mq. 20,80
superf. illumin. mq. 5,00
Camera letto (matrimoniale) . . . » 16,20
superf. illumin. mq. 3,78
Camera letto (due letti) » 13,00
superf. illumin. mq. 1,26
Camera letto (due letti) » 12,40
superf. illumin. mq. 6,26
Cucina » 3,96
Bagno » 4,30
Ingresso » 1,68
Disimpegno » 3,15
Terrazzino » 6,90
Terrazzino » 4,20
Balcone » 3,60
Superficie utile totale mq. 90,19



(sopra) Prospetto sul corso Bramante.

(a destra) Sezione trasversale. Scala 1/250.



Segue: CASE PER LAVORATORI DEL GRUPPO "SIP,, E CONSOCIATE

Appartamenti tipo D

N. 3 camere utili: cucina - bagno - disimpegno - due terrazzini; n. 4 letti (eventuale letto nel soggiorno); n. 2 armadi.

Soggiorno e pranzo	mq. 18,65
superf. illumin.	mq. 10,00
Camera letto (matrimoniale)	» 17,35
superf. illumin.	mq. 2,52
Camera letto (due letti)	» 12,50
superf. illumin.	mq. 2,52
Cucina	» 3,75
Bagno	» 4,40
Disimpegno	» 1,54
Terrazzino	» 6,90
Terrazzino	» 4,75

Superficie totale utile mq. 69,84

Serramenti.

I serramenti esterni sono dei seguenti tipi:

- 0,90 x 1,40
- 2,00 x 2,50

I serramenti interni sono dei seguenti tipi:

- 0,83 x 2,00
- 0,65 x 2,00 nei servizi
- 1,00 x 2,00 ingresso agli appartamenti.

LOTTO D

PROGETTO:

Architetti Mario Passanti e Paolo Perona.

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

A norma di regolamento, l'area a disposizione essendo di mq. 870 incluse le mezze vie, la casa a progettarsi non doveva poter ospitare nelle sue camere da letto più di n. 43 persone (mq. 870 per 0,05). Si è previsto di ospitare n. 40 persone in otto alloggi, ossia n. 5 persone per alloggio.

Della totale superficie, netta da vie, di mq. 554, il fabbricato copre mq. 235,70 e cuba fuori terra mc. 3418.

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO

Esso è conformato a parallelepipedo libero su tre fronti, a quattro piani fuori terra, con due alloggi per piano.

Per mantenere identici tutti i quattro piani e per non diminuire al pianterreno nel lato a sud la superficie degli alloggi, l'accesso alla casa si è creato dal cortile. Questo è stato sistemato a giardino, con alberi d'alto fusto, i quali mentre non tolgono sole alla casa, ne celano almeno in parte la non gradevole vista da quel lato.

Orientamento.

Il fabbricato è disposto parallelamente a via Principessa Clotilde, ed arretrato di m. 3,50 dal filo della via, onde la fronte verso questa, che è rivolta a sud, risulti più soleggiata.

Dati costruttivi.

Le murature sono in mattoni; i pilastri di spina, i travi e le solette delle loggie e delle scale, in cemento armato; gli orizzontamenti in c. a. e in laterizi; il tetto, a coppi.

L'esterno è in intonaco a tinta chiara, con i parapetti delle loggie rivestiti esternamente in cotto; la ventaglia mostra in vista i coppi; i serramenti verranno dipinti in verde.

Dati distributivi.

Ogni alloggio ha un ampio ambiente di ingresso-soggiorno-pranzo, rivolto a sud, dal quale si accede alla loggia a sud, che ne costituisce come un prolungamento all'aperto, alla cucina, a nord, dotata di loggetta di servizio, ed al disimpegno su cui apronsi le tre camere da letto ed il bagno-W.C. Delle 24 camere da letto, 16 prospettano sulle loggie a sud, 4 a ovest e 4 a nord; ognuna è dotata di un identico armadio a muro.

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

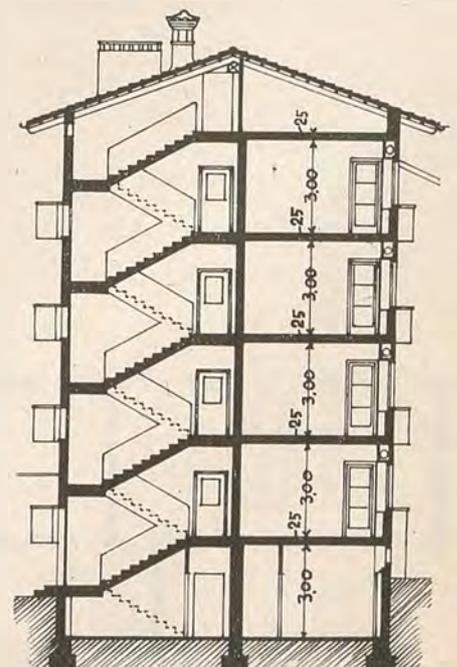
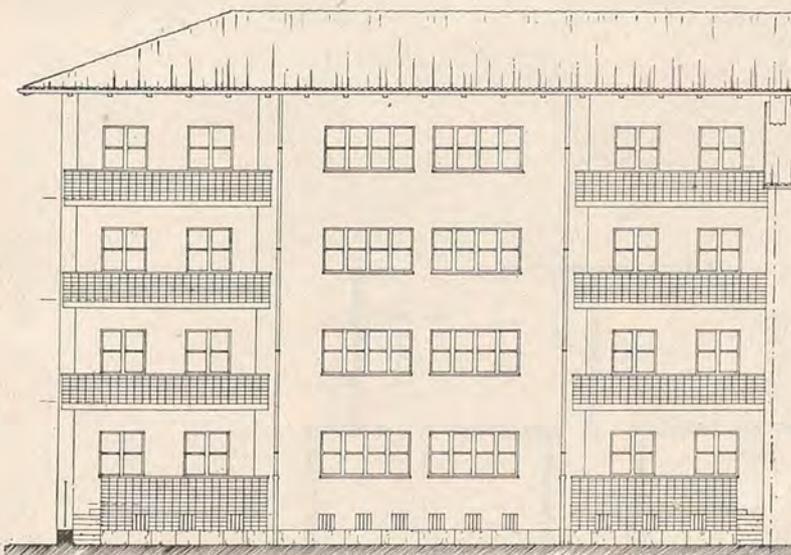
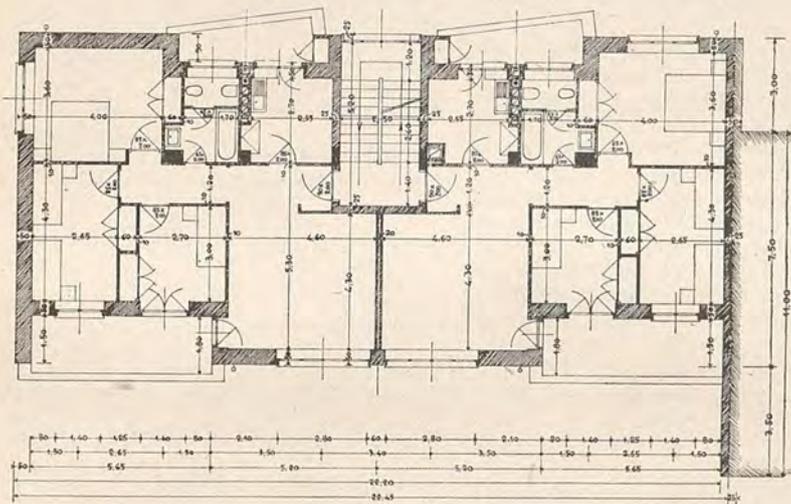
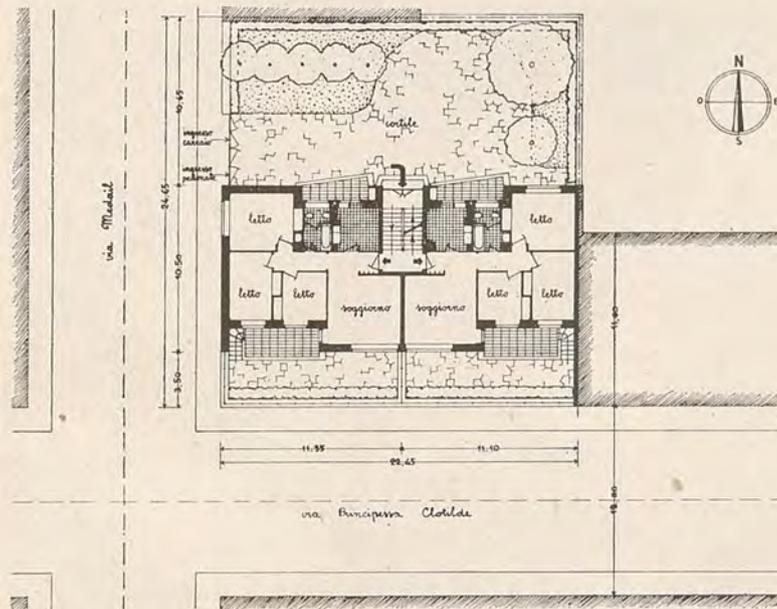
- 2 camere a due letti
- 1 camera a un letto
- 1 soggiorno-pranzo
- 2 vani « accessori »

6 vani per alloggio x 8 alloggi = n. 48 vani.

Soggiorno-pranzo	mq. 23,55
superf. illumin.	mq. 5,76
Cucina	» 7,12
Camera letto matrimoniale	» 13,96
superf. illumin.	mq. 3,04
Camera con due letti	» 11,39
superf. illumin.	mq. 1,96
Camera con un letto	» 8,55
superf. illumin.	mq. 1,96
Bagno-W.C.	» 4,79
Disimpegno	» 4,36

Superficie utile totale	mq. 73,72
Cubatura totale lorda	mc. 335,10
(mq. 103,10 x h. 3,25)	
Cubatura media lorda p. vano	» 55,85
(mc. 335,10 : 6)	
Loggia a sud (pavimento netto)	mq. 10,26
Loggia a nord	» 5,04

Totale mq. 15,30



(in alto) Planimetria, scala 1/500.
 (al centro) Piano tipo. Scala 1/250.
 (in basso a sinistra) Fronte Sud. Scala 1/250.
 (sotto) Sezione trasversale. Scala 1/250.



Veduta d'insieme del quartiere da Ovest.

PROGETTO :
 Arch. Bertinetti.

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Area totale terreno . . . mq.	6248,38
» totale strade . . . »	864,00
» fabbricabile . . . »	5384,38
» totale giardini . . . »	2964,00
» totale cellule . . . »	1405,30
» servizi comuni . . . »	1015,08
Volume totale fabbricati costruibili mc.	9486,10
Volume fabbr. costruiti . . . »	1459,36
N° totale cellule fabbricabili .	13
» » cellule costruite	2
» » vani fabbricabili	156
» » vani costruiti	24

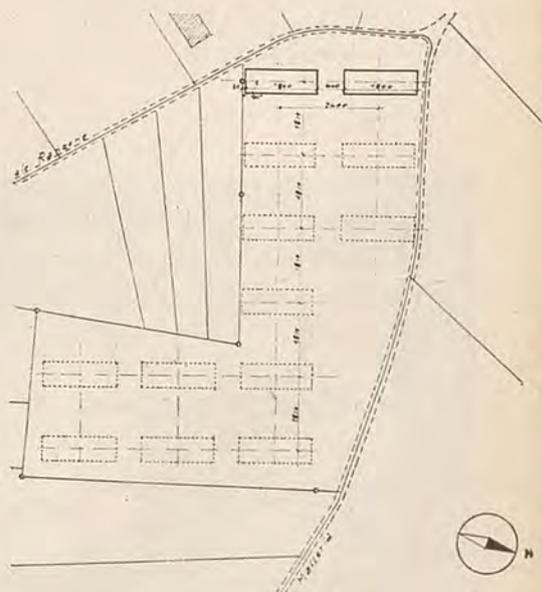
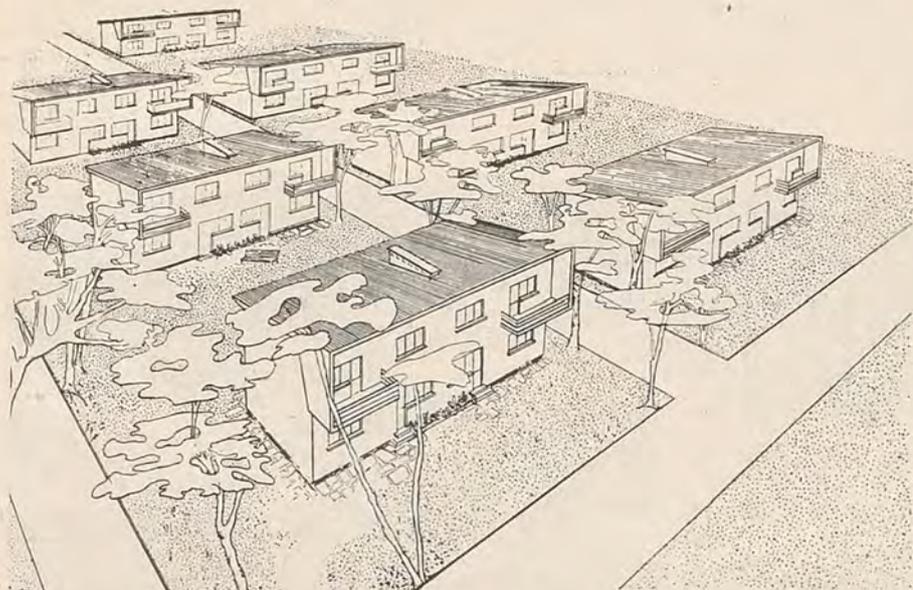
N° totale abitanti n.	130
Area di una cellula mq.	108,1
» giardino cellula »	228
Largh. strada longitud. m.	6

Indici caratteristici.

Coeff. di sfruttamento z =	0,643
» spaziosità s =	1,06
» fabbricabilità mc./Af. =	2,17
» zonizzazione mq./abit. =	48,06
Indice di affollamento abit/vano abitabile =	1,25
Densità edilizia . case/ettaro =	20,8

(in basso a sinistra) Prospettiva d'insieme.

(in basso a destra) Planimetria 1/2000.



DATI COSTRUTTIVI

Il primo lotto dei lavori comprende la costruzione di N. 2 case, per un totale di 4 alloggi e di 16 vani abitabili più i servizi.

Il fabbricato verrà eseguito in getto di calcestruzzo non armato (salvo i plinti dei N. 3 pilastri in c. a.) fino a quota (-0,20); da quota (0,00) i muri perimetrali verranno eseguiti a cassa vuota, formata da N. 2 muricci di spessore cm. 12 in mattoni pieni, opportunamente rinforzati e collegati da gambette e da pilastri intermedi onde renderli portanti.

N. 3 pilastri in c. a. sorgono nella zona interna e portano travi longitudinali su cui poggiano i solai. Sul perimetro di questi un cordolo armato forma un telaio di collegamento.

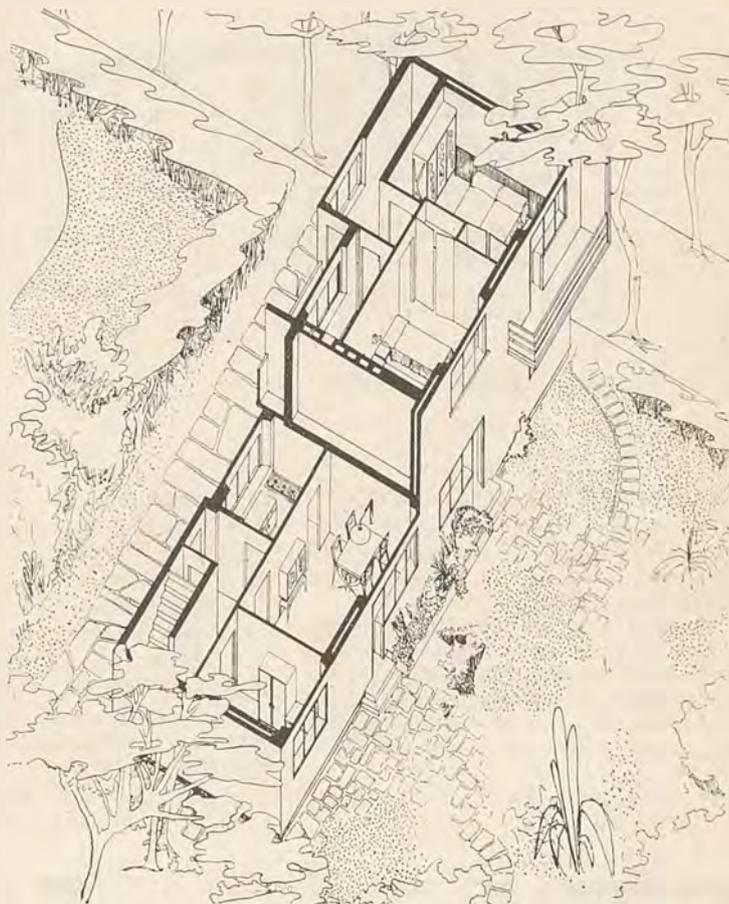
Da quota (3.00) un quarto pilastro in c. a. sistemato nella parete divisoria dei due terrazzi, e prolungato fino al tetto, si aggiunge ai precedenti.

I solai saranno in travetti prefabbricati di laterizio forato armato, di luce massima m. 4,25; l'altezza dei laterizi è di cm. 12.

Il tetto sarà pure formato da un solaio tipo S.A.P. inclinato, su cui verranno opportunamente fissati a regola d'arte lastroni di eternit ondulati.

Tra il solaio che forma il tetto e le camere al primo piano sarà costruita una soffittatura in popolit formante camera d'aria isolante e termica nel sottotetto.

Al piano terreno, nella parte sotto cui non vi è cantinato, occorre costruire un buon vespaio in pietrame disposto ad arte, onde isolare il pavimento dalla umidità del terreno.



Assonometria degli interni scala 1/250

E' prevista la costruzione di N. 2 fosse asettiche, una per ogni casa, della capacità utile per 12 persone caduna.

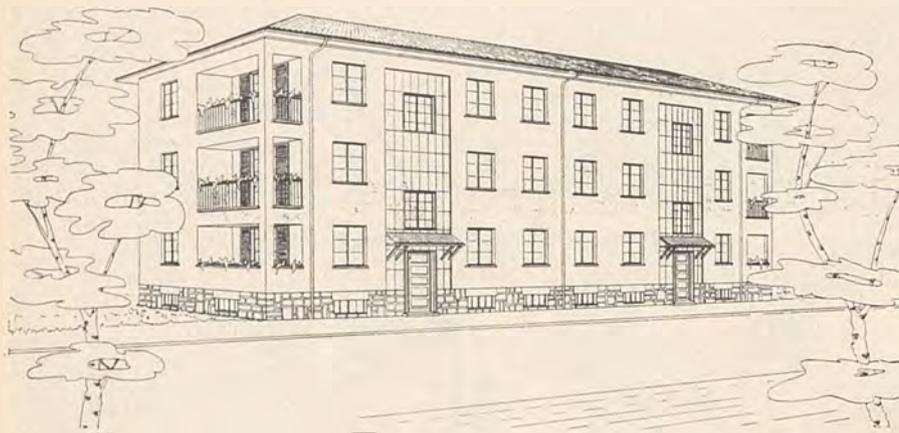
Le scale avranno struttura in c. a. con pedate ed alzate in lastre di graniglia per a rampa da quota (0,00 a quota (3.00)

ed in pietra di Luserna per la rampa da quota (-2,60) a quota (0,00).

Gli intonaci saranno in calce negli interni ed in cemento per gli esterni; per questi, parte sono previsti in cemento normale, parte in cemento bianco.

Veduta d'insieme dalla parte dei servizi.



**CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO**

La casa sta sorgendo nel territorio del Comune di Strona sulla dorsale della valle esposta a ponente in terreno di proprietà della Ditta.

L'edificio è in un solo blocco aperto, lineare, con esposizione dell'asse longitudinale nord-sud e consta di un piano seminterrato e tre piani fuori terra.

Sono ricavati 6 appartamenti di 2 vani più servizi e 6 appartamenti di 3 vani più servizi.

In totale quindi 30 locali più 21 locali otteggianti per i servizi.

Dati costruttivi.

Le scale saranno in massello di graniglia levigata con parapetto in ferro e corrimano in faggio.

La facciata sarà in intonaco granosite con zoccolo in pietra viva.

Tutte le finestre e porte esterne avranno contorni in finta pietra raschiata.

I pavimenti saranno, in tutti i locali, compresi i terrazzini, in marmette di graniglia colorate.

Le cucine ed i locali bagno avranno rivestimenti di maiolica bianca.

Dati distributivi.

Gli alloggi sono studiati in modo da assicurare separazione tra ambienti diurni e notturni.

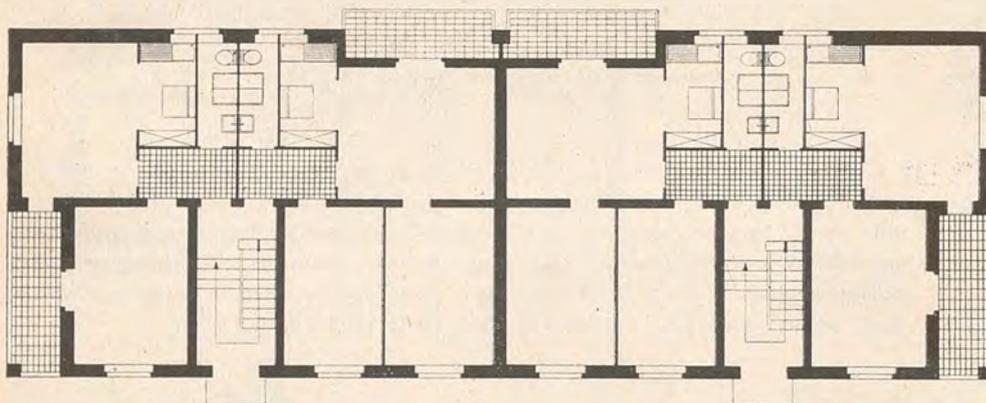
La cucina è attrezzata in nicchia che si affaccia sul locale di soggiorno.

Per ogni alloggio è ricavata un'ampia terrazza con accesso dal soggiorno ed anche, per gli alloggi di 2 vani, dalla camera da letto.

L'accesso è assicurato con due scale laterali che servono 6 alloggi ciascuna.

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

	alloggio di: 2 vani	3 vani
Superf. abitabile diurna mq.	16,20	19,2
» » notturna »	15,98	30,24
Disimpegni »	4,5	4,5
Superficie servizi »	12,6	12,6
Totale superf. abitabile mq.	49,28	66,54
Collegamenti verticali esterni »	6	6
Superficie all'aperto »	7,5	6,75
Totale superf. alloggi . mq.	62,78	79,29
Numero letti: normale	2	4
» » massimo	3	5
Superficie abitabile : numero letti	24,5	21,8
	e 16,4	e 15,9



(in alto) Prospettiva d'insieme.

(in basso) Pianta del piano tipo 1/250.

CANTIERE N. 288 - VEGLIOMOSSO**CASA PER LAVORATORI DI UN RAGGRUPPAMENTO DI INDUSTRIE****VANI N. 44 - APPARTAMENTI N. 8****PROGETTO :**

Ufficio Tecnico dell'Unione Industriale Biellese.

La casa sta sorgendo nella valle dello Strona, sulla rotabile provinciale Mosso S. Maria - Pettinengo, ad 1 Km. circa dall'abitato di Vegliomosso, fraz. Romanina, ove si trovano gli stabilimenti delle aziende che hanno preso l'iniziativa della costruzione diretta.

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO

Edificio in un solo blocco aperto, lineare. Esso comprende 4 piani ed 1 piano seminterrato con cantine (una per alloggio), limitato alla parte centrale della costruzione.

La cubatura sopra suolo, escluso sottotetto, risulta di mc. 2875.

La casa è costituita di 8 alloggi, di cui 5 con tre vani più servizi e 3 con quattro

vani più servizi. In totale 28 vani oltre i servizi calcolati per altri 16 vani.

Dati costruttivi.

L'edificio è costruito con muratura mista di pietrame e mattoni, intonaci ed arricciature comuni; i pavimenti sono previsti in magnesite per i locali di soggiorno e le camere da letto, in piastrelle per i servizi. Le scale saranno in marmo.

Dati distributivi.

Ogni alloggio è stato studiato in modo da permettere una netta separazione tra ambienti diurni e notturni.

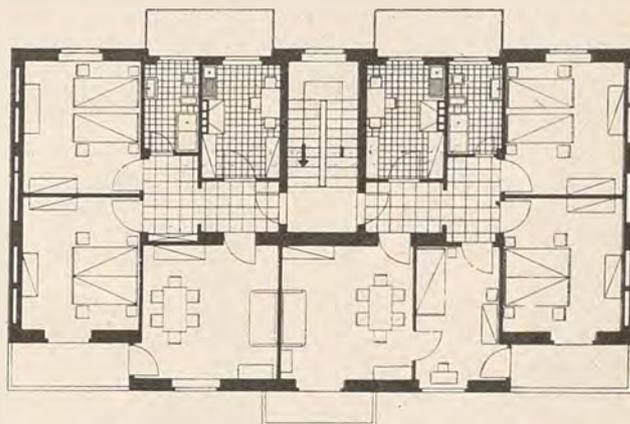
La cucina è di ampie dimensioni e gli impianti igienici completi. Il corridoio di disimpegno, di notevole ampiezza, è illuminato dalle aperture sui vari locali per le quali sono previste porte con riquadri a vetri. Per ogni alloggio è previsto un terrazzo d'angolo.

I locali di soggiorno possono contenere anche un letto-divano.

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Alloggio di 3 vani più servizi:	
Superficie abitabile diurna . mq.	16,20
» » notturna »	16,72
Disimpegni »	6,72
Superficie servizi »	10,08
<hr/>	
Totale superf. abitabile mq.	49,72
Collegam. verticali esterni »	3,08
Superficie all'aperto »	5,44
<hr/>	
Totale superf. alloggio mq.	58,24
Numero letti:	
normale	4
massimo	5

Pianta del piano tipo. Scala 1/250.



Superf. abitabile : numero letti =	14,6
ed 11,6.	
Alloggio di 4 vani più servizi:	
Superficie abitabile diurna . mq.	16,20
» » notturna »	29,4
Disimpegni »	6,72
Superficie servizi »	10,08
<hr/>	
Totale superf. abitabile mq.	62,40
Collegam. verticali esterni »	3,08
Superficie all'aperto »	5,44
<hr/>	
Totale superf. alloggio mq.	70,92

Numero letti:	
normale	5
massimo	6
Superficie abitabile : numero letti =	
ed 11,82.	

Dati economici.

Il costo della costruzione è previsto in L. 5250 per mc., pari a L. 355.000 a vano utile, escluse le spese per imprevisti, progetto e direzione lavori.

CANTIERI N. 285 - 286 - 287 - 289 - 290 - 291 - VALLEMOSSO - MOSSO S. MARIA - BIELLA
CASE PER LAVORATORI DI UN RAGGRUPPAMENTO DI INDUSTRIE
VANI N. 200 - APPARTAMENTI N. 40

PROGETTO :

Ufficio Tecnico dell'Unione Industriale Biellese.

In totale 5 case che sorgeranno nelle adiacenze delle località ove hanno sede gli stabilimenti delle aziende che hanno preso l'iniziativa della costruzione diretta.

Le aree sono state prescelte in modo da assicurare le migliori condizioni di esposizione e da avere assicurati i servizi igienico-sanitari indispensabili.

In particolare nella Vallemosso, stretta ed incassata, per favorire il soleggiamento si sono prescelte aree in posizione elevata sulle dorsali. Tutte le località hanno assicurato comodo accesso carrozzabile.

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO

Il progetto unico prevede la costruzione di un edificio in un solo blocco aperto, lineare, con orientamento Nord-Sud per ogni raggruppamento di aziende. In totale quindi 5 case.

Il piano seminterrato, limitato al blocco centrale della costruzione assicura una cantina per ogni alloggio.

I piani fuori terra sono 4 con 2 alloggi per piano e scala di accesso centrale. Ogni alloggio è costituito di 3 vani più servizi; complessivamente quindi 24 vani utili più i servizi.

Orientamento.

I locali di soggiorno sono tutti esposti a ponente; le camere da letto a levante.

Dati costruttivi.

Le murature portanti sono costituite da blocchi cavi di calcestruzzo di pomice che, posti in opera a giunti sfalsati, formano colonne verticali riempite di calcestruzzo di cemento ed armate alla *considère*.

I solai sono in laterizio armato del tipo S.A.P. Intonaci ed arricciature normali, i pavimenti sono previsti in magnesite e, per i servizi, in marmette.

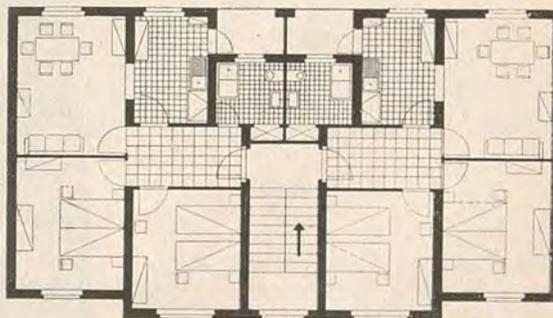
CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Superficie abitabile diurna . mq.	15,29
» » notturna »	25,37
Disimpegni »	6,82
Superficie servizi »	13,11

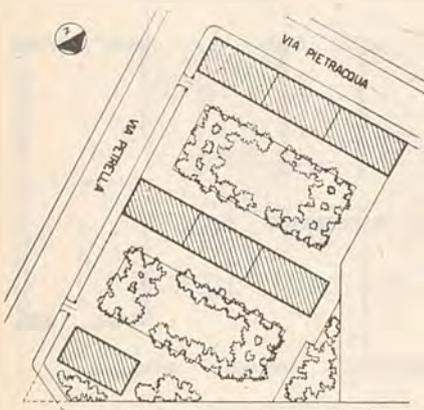
Totale superficie abitabile . mq.	60,59
Collegam. verticali esterni »	5,5
Superficie all'aperto »	3,1

Totale superficie alloggio . mq.	69,19
Numero letti : normale 4 - massimo 5	
Superficie abitabile : numero letti =	17,12 e 13,87.

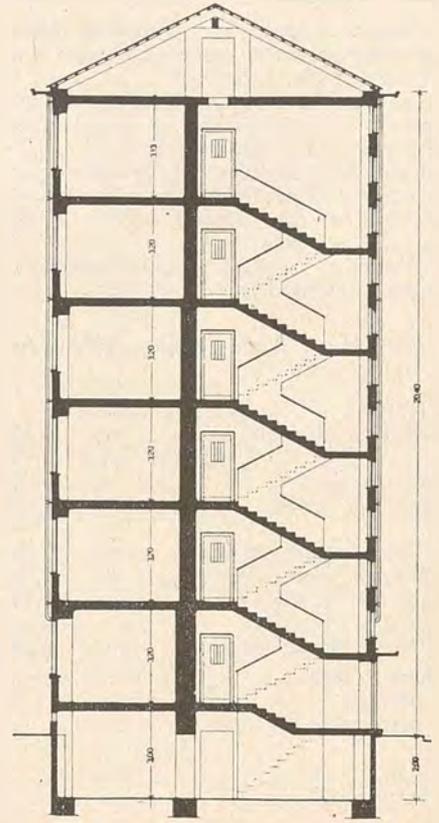
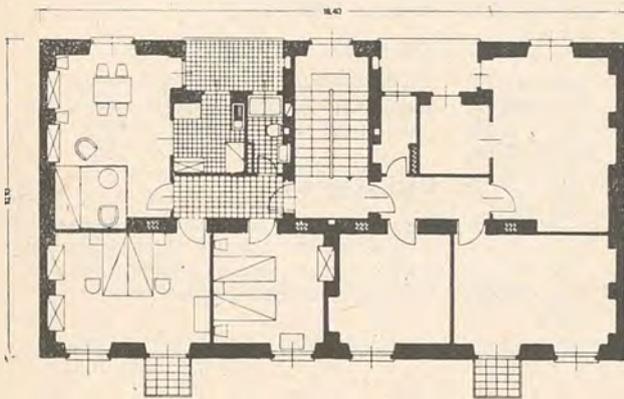
Pianta del piano tipo. Scala 1/250.



CANTIERI N. 355 - TORINO
 CASA PER LAVORATORI DELLA "CEAT",
 VANI N. 60 - APPARTAMENTI N. 12



(a sinistra in alto) Planimetria. Scala 1/2500
 (a sinistra in basso) Pianta del piano tipo. Scala 1/250
 (a destra) Sezione trasversale. Scala 1/250



PROGETTO :
 Arch. Mario Dezzutti.

La Società CEAT - Torino, realizzerà un complesso di costruzioni per le abitazioni dei suoi dipendenti su di un terreno di mq. 5000, appositamente acquistato. Il primo dei fabbricati, che sarà subito realizzato, contiene 12 alloggi su sei piani fuori terra.

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO
 Superficie: m. 18,40 x 10,10 = mq. 185,84.
 Altezza: m. 20,40.
 Volume: mc. 3791,14.

Negli anni successivi, altri fabbricati analoghi sorgeranno presso il primo, e comprenderanno ampie zone di verde, campi di giuoco e servizi generali per il complesso che sarà costituito di 7 fabbricati con la capienza totale di 84 famiglie.

CARATTERISTICHE DELL'APPARTAMENTO

Ogni alloggio è composto di tre vani utili e servizi completi di cucina e bagno con rivestimenti in piastrelle.

I locali di servizio si aprono su ampi terrazzini.

Ogni alloggio può ospitare fino a 5 letti.

Ingresso	mq. 4,48
Bagno	» 2,62
Cucina	» 4,95
Soggiorno	» 19,26
Camera letto matrimoniale	» 16,97
Camera letto figli	» 12,25
	<hr/>
	mq. 60,53



Veduta di un ritmo di balconi delle case dell'Azienda Elettrica Municipale di Torino.



PROGETTO:

arch. Mario Dezzutti

CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO

Superficie: m. 36,50 x 10,20 = mq. 372,30.
 Altezza m. 20,40.
 Volume mc. 7594,92.

CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

Il fabbricato, è composto di 24 alloggi disposti su sei piani e serviti da due scale distinte.

Gli alloggi sono composti di tre camere utili e relativi servizi, consistenti in ingresso, cucina e bagno.

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Alloggi di testa :

Ingresso	mq. 6,50
Bagno	» 2,73
Cucina	» 6,00
Soggiorno	» 17,40
Camera letto matrimoniale . .	» 18,13
Camera letto figli	» 12,95
	<hr/>
	mq. 63,71

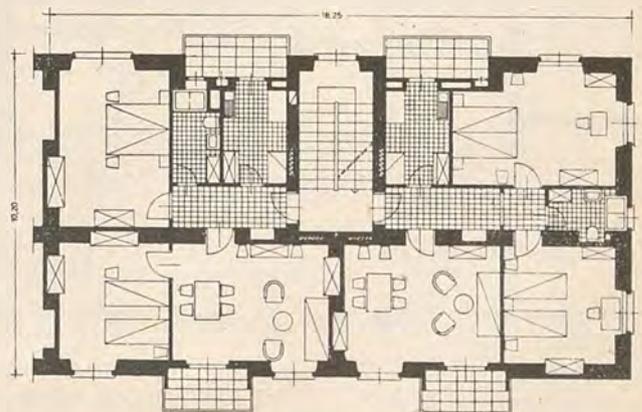
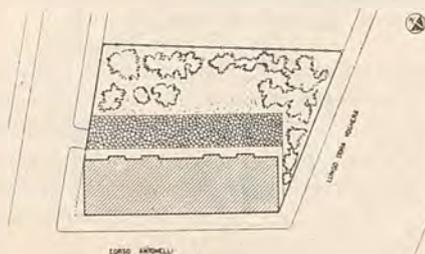
Alloggi centrali:

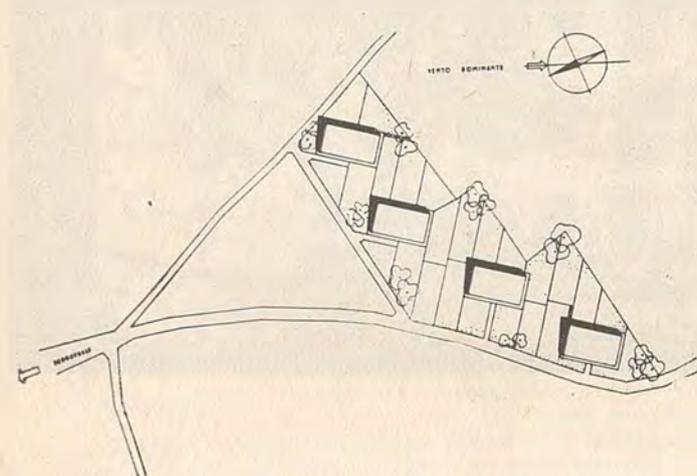
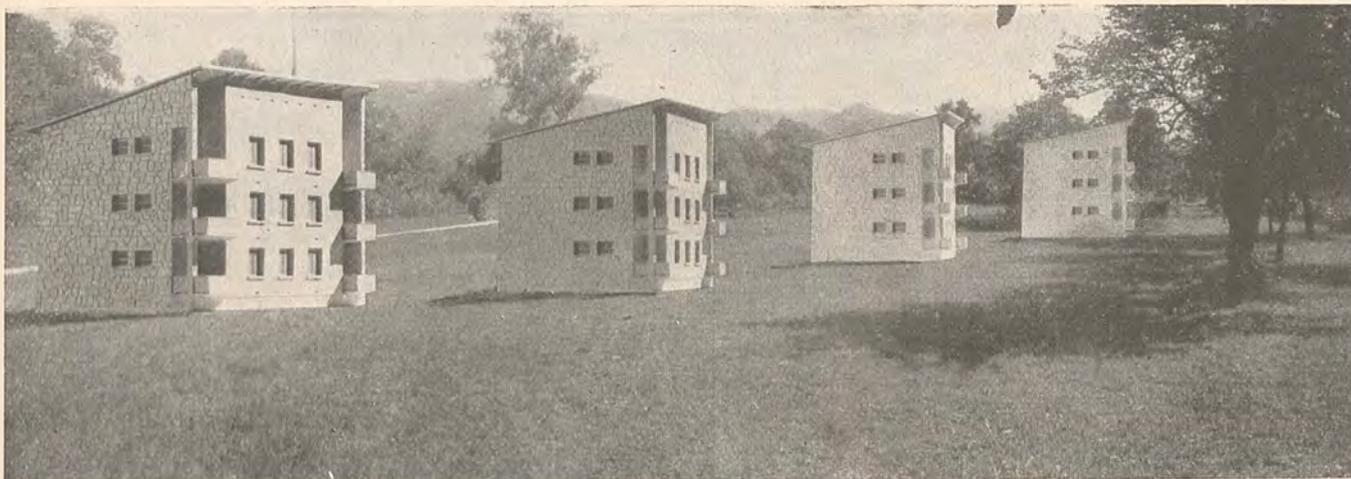
Ingresso	mq. 4,68
Bagno	» 4,22
Cucina	» 6,00
Soggiorno	» 17,50
Camera letto matrimoniale . .	» 18,13
Camera letto figli	» 12,95
	<hr/>
	mq. 63,48

Ogni cucina dispone di un ampio terrazzino di sfogo, ed ogni camera di soggiorno è dotata di un balcone prospiciente la collina.

a sinistra) Planimetria - Scala 1/1500.

(a destra) Pianta del piano tipo - Scala 1/250





(in alto)
 Veduta d'insieme del quartiere.

(in basso)
 Planimetria generale. Scala 1/2500.

PROGETTO:
 Ing. Marcello Pochettino.

Posizione:

Il lotto destinato alle costruzioni in oggetto dista circa 1 Km. dallo Stabilimento ; è di forma allungata trasversalmente alla Valle e digrada leggermente a levante verso il fiume, a ponente è riparato dalla Collina di Sant'Antonio.

Dati generali:

Superficie del terreno . . .	mq. 4780,—
Superficie coperta	» 791,68
Superf. strade e marciapiedi	» 480,—
Superf. libere per orti e giardini	» 3508,32
Superf. terreno per ogni famiglia	» 146,17
Totale abitanti n. 108	
Cubatura totale mc. 8064,48	

CARATTERISTICHE DEI FABBRICATI.

Il piano complessivo prevede la costruzione di n. 4 case a tre piani, due alloggi per piano per un complessivo di n. 24 alloggi con n. 108 letti. Il programma di prima attuazione prevede la costruzione di n. 2 case.

Dati distributivi.

Il piano seminterrato è diviso in modo tale da dare una cantina per alloggio e locali comuni per lavanderia, deposito di biciclette, attrezzi da lavoro, ecc.

La pianta del piano tipo è simmetrica rispetto all'asse trasversale:

Gli ambienti di soggiorno (metri quadrati 17,64 + mq. 6,26 all'aperto) sono orientati a Sud Est verso Valle;

Le camere da letto a Nord Ovest (la collina di Sant'Antonio ripara gli ultimi raggi del sole estivo);

La cucina ha una superficie di metri quadrati 6,77, separata dal soggiorno, ventilata direttamente con finestra a davanzale alto sul piano pavimento. Grande armadio a muro con parte sistemata a dispensa e dotata di aperture verso l'esterno per la ventilazione, acquaio, cucina economica con cappa e relativo esalatore.

Il bagno ha una superficie di metri quadrati 3,50 comprendente i seguenti apparecchi: vasca a sedile, lavabo, latrina a sedile, completi di rete di scarico, alimentazione, acqua calda e fredda e ventilazione primaria e secondaria.

La posizione degli apparecchi della cucina e del bagno consentono la installazione di blocchi prefabbricati, con possibilità di ispezione ad ogni piano per le colonne montanti e di scarico. L'acqua calda può essere fornita a mezzo di boiler elettrico o mediante termocucina.

Il riscaldamento di ogni singolo alloggio è fornito da un impianto ad aria calda che ha bocche di calore dirette nel soggiorno, nelle camere da letto, nei disimpegni; la presa d'aria è dall'esterno mediante una tubazione passante nello spessore dei blocchi laterizi del solaio.

Le dimensioni assegnate all'impianto prevedono anche un piccolo deposito per legna e carbone. Un'apertura a *vasistas* sopra la porta d'ingresso ad ogni alloggio e la parete traforata sopra la stufa assicurano la ventilazione dei disimpegni.

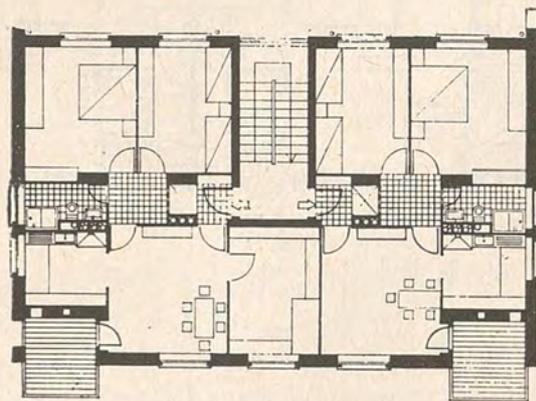
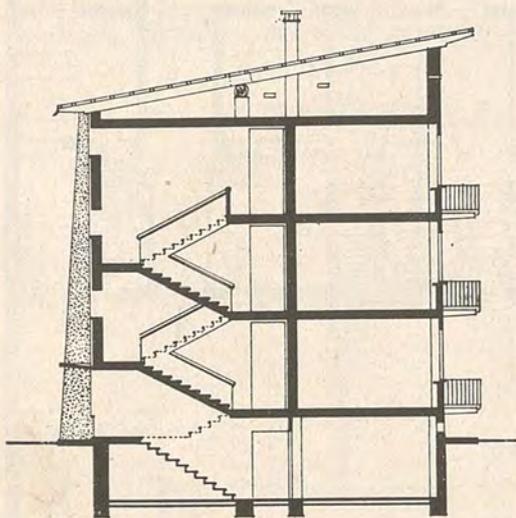
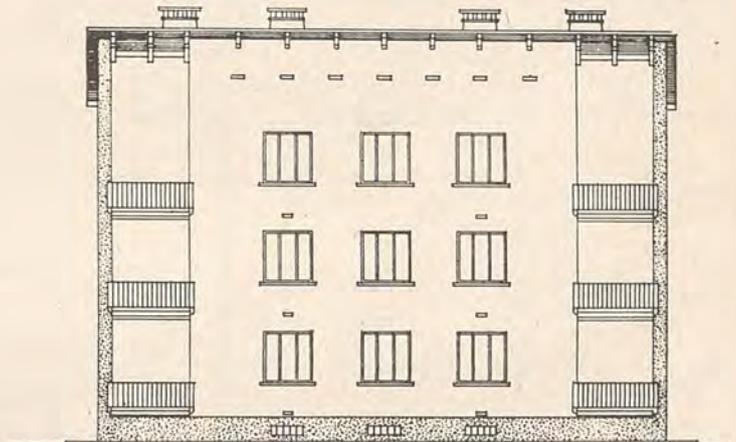
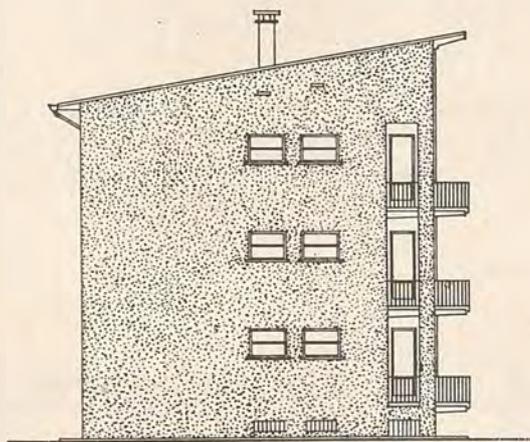
CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

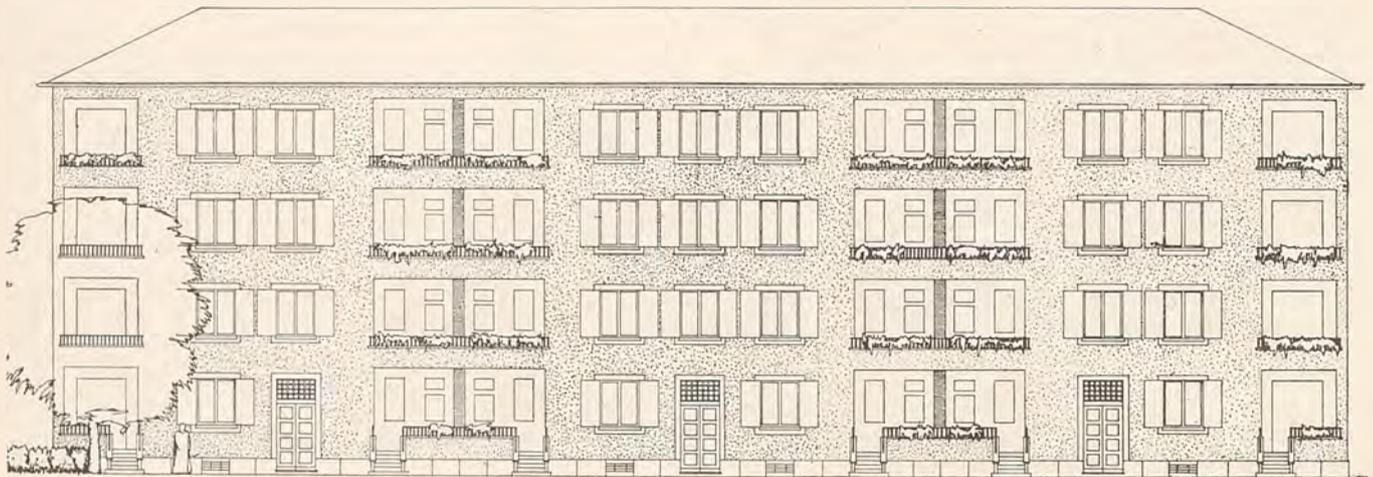
Alloggio Tipo A (5 letti):	
Superficie utile	mq. 75,47
Effetto letto 1/15	
Superficie terrazzo	» 7,53
Effetto finestra 1/5,54	
Alloggio Tipo B (4 letti):	
Superficie utile	mq. 62,27
Effetto letto 1/15,5	
Superficie terrazzo	» 7,53
Effetto finestra 1/5,55	

Dati economici.

Il costo delle costruzioni è previsto in Lire 5000 al mc. circa.

(in alto) Fianco e fronte Ovest del Fabbricato tipo - Scala 1/250
(in basso) Sezione trasversale e pianta del piano tipo - Scala 1/250





PROGETTO:

Ing. Felice Bardelli

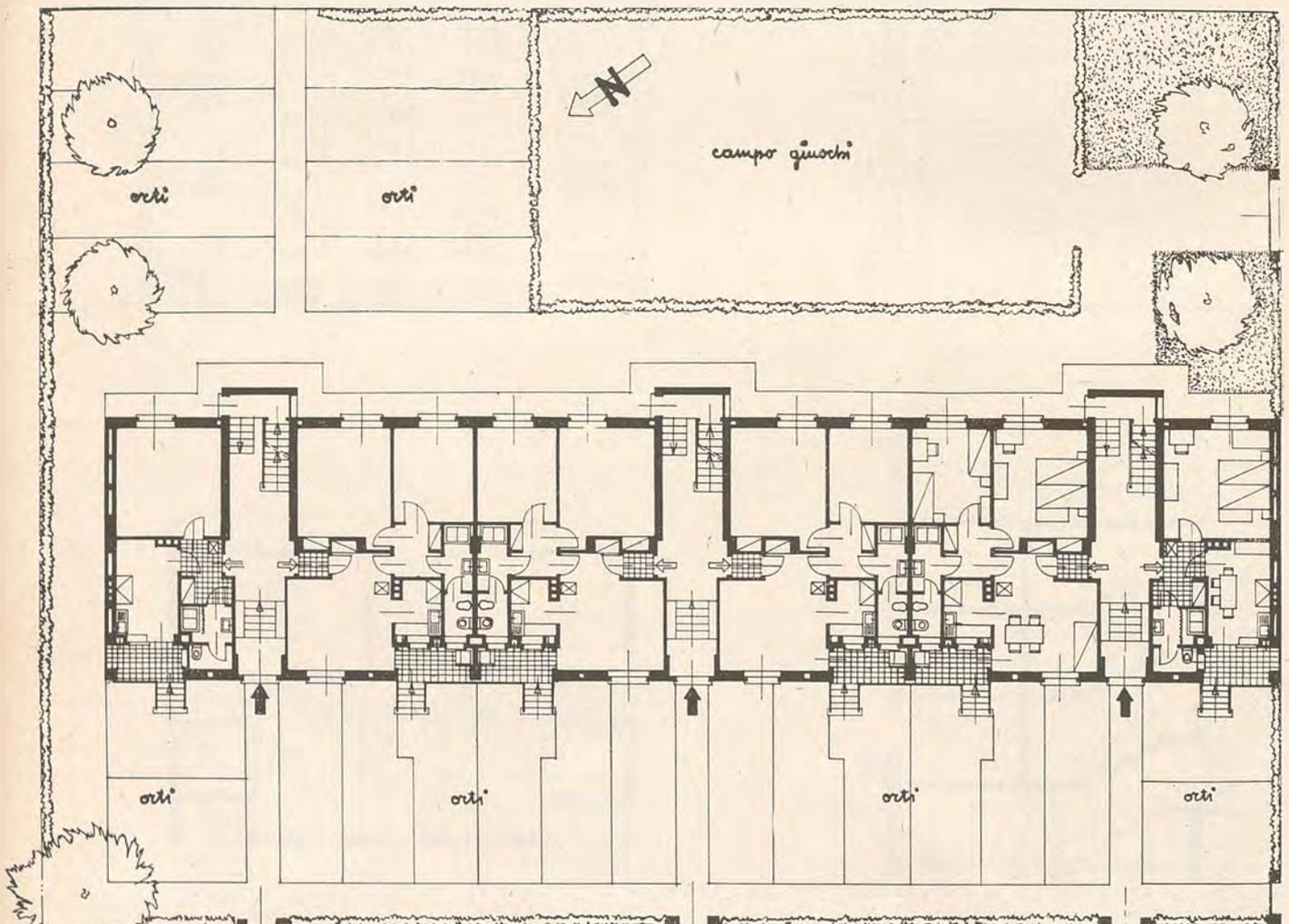
CARATTERISTICHE DEL QUARTIERE

L'edificio sorgerà nella zona occidentale di Torino cosiddetta dei Nuovi Mercati, in

via La Loggia angolo via P. Paoli. Il quartiere è bene attrezzato di tutti i servizi pubblici, ha Scuola elementare, Chiesa, negozi ed è adiacente ai Nuovi Mercati generali della Città. E' servito da tre linee tranviarie.

(in alto) fronte sulla via P. Paoli

(in basso) fronte del piano terra



CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Gli alloggi sono di tre tipi: a due, tre e quattro vani e accessori. Le superfici nette dei vani degli alloggi di tre vani e accessori (5 vani legali) sono:

Soggiorno - tinello	mq. 17,50
Camera matrimoniale	» 17,05
Camera figli	» 13,00
Cucinino	» 4,60
W.C. e bagno	» 5,40
Entratina	» 2,35
Disimpegni gruppo letto	» 3,55

Totale mq. 63,45

Loggetta esterna	» 4,10
----------------------------	--------

Ogni alloggio avrà una cantina e un orto a sua disposizione. In uso comune ai bambini della casa è un campo per giochi.

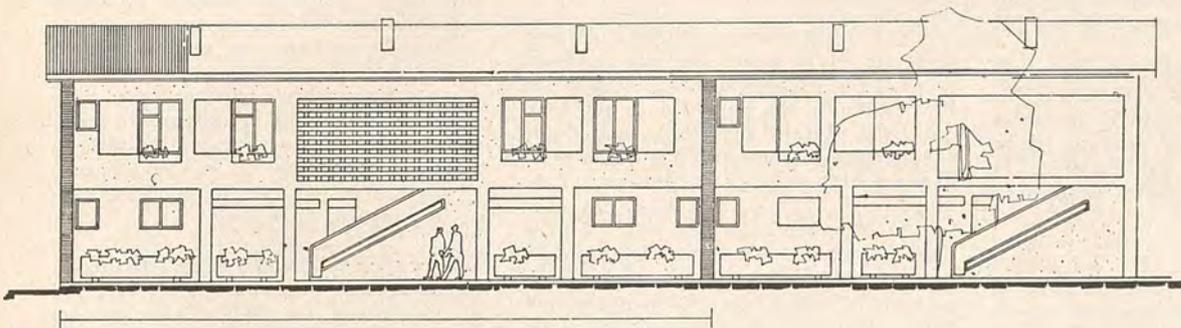
CARATTERISTICHE NUMERICHE

area netta terreno	mq. 1875
area totale strade	» 1050
area fabbricato	» 503 ca.
area destinata a orti, giochi e passaggi	» 1372
Numero abitanti dello stabile	116 ca.
Indice medio di affollamento degli alloggi	1 ca.

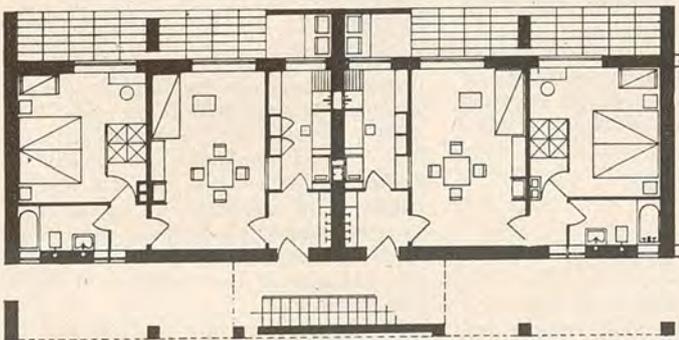
Superficie coperta relativa all'alloggio di 5 vani legali	mq. 95
Effetto utile dell'alloggio di 5 vani legali $\left(\frac{\text{superficie utile}}{\text{» coperta}}\right)$	» 0,70 ca.
Densità di popolazione (mq. per abitante)	» 25 ca.

Dati economici.

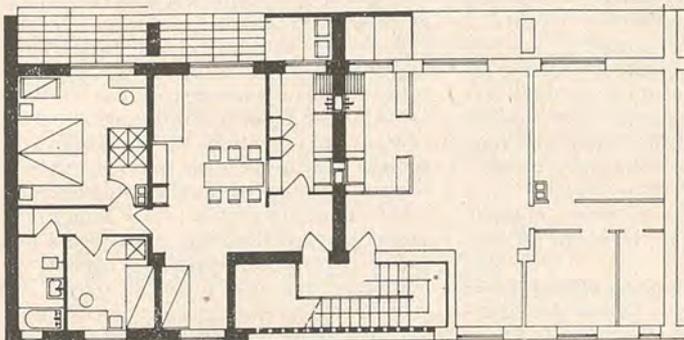
Il costo della costruzione è previsto in L. 5000 cad. mc. u.p.p. escludendo soltanto gli allacciamenti alle reti stradali dei servizi pubblici, le recinzioni della proprietà e le sistemazioni stradali.



Fronte. Scala 1/250.



Pianta piano terra. Scala 1/250.



Pianta primo piano. Scala 1/250.

**CANTIERE N. 471 - NOVARA
CASA PER LAVORATORI DELLA STIPEL
VANI N. 25 - APPARTAMENTI N. 6**

PROGETTO:
Arch. Aldo Rizzotti

CARATTERISTICHE DEGLI APPARTAMENTI

Gli alloggi sono di due tipi: a due e tre vani e accessori. Le superfici nette dei vani negli alloggi di tre vani ed accessori sono:

soggiorno - tinello	mq. 19,15
camera genitori	» 16,20
camera figli	» 7,75
camera figli annessi al tinello	» 7—
toiletta e bagno	» 3,55
cucina	» 7,30
ingressino e disimpegni	» 8,20

Totale mq. 69,15

Loggia esterna	» 13,70
Superficie coperta relativa all'alloggio	mq. 107
effetto utile $\left(\frac{\text{superficie utile}}{\text{» coperta}}\right)$	» 0,77 ca.
superficie netta terreno	» 821,50
superficie netta strade	» 145,75
densità di popolazione (mq. per abitante)	» 38 ca.

Provvedimenti per incrementare l'occupazione operaia agevolando la costruzione di case per lavoratori

La Legge istitutiva 28 Febbraio 1949, n. 43 stabilisce all'art. 11:

a) «Per la costruzione delle case per lavoratori, il Comitato può incaricare lo stesso Istituto nazionale delle assicurazioni, l'Istituto nazionale della previdenza sociale, le Amministrazioni dello Stato per i propri dipendenti, l'Istituto nazionale per le case degli impiegati dello Stato, gli Istituti per le case popolari o altri Enti pubblici o di diritto pubblico, nonché consorzi e cooperative di produzione e di lavoro».

b) «Le aziende e le cooperative legalmente costituite, composte di dipendenti da una o più aziende o da Amministrazioni pubbliche, e che non beneficino di alcun altro contributo o concorso a carico dello Stato per costruzione di case, potranno costruire direttamente case, con un numero di vani dipendenti dai propri iscritti».

Le stazioni appaltanti incaricate dall'I.N.A. - CASA e le aziende e cooperative che hanno preso l'iniziativa di costruire direttamente ai sensi di quanto sopra esposto, hanno avuto dal Comitato la libertà di scegliere i progettisti di loro fiducia.

Per merito di questo criterio è stato possibile allargare la cerchia dei tecnici collaboratori ad un notevole numero di professionisti, e alcune stazioni appaltanti, benché dotate di propri organi tecnici, hanno acceduto al suggerimento del comitato di affidare preferibilmente la progettazione ad architetti ed ingegneri liberi professionisti, nell'intento di assicurare la costruzione di case di tono più elevato possibile, conformemente alle norme più sotto in parte riportate.

NORME PER LE AREE

a) Le aree saranno prescelte tra quelle concesse gratuitamente od a prezzi di favore ed al netto degli eventuali contributi di miglioria.

b) Le aree stesse dovranno essere scelte tra quelle già ben provvedute dei normali servizi pubblici esistenti nel Comune (acqua, luce, gas, fognature, trasporti) e possibilmente delimitate da pubbliche strade e sempre allacciate con comoda strada.

Ove tali condizioni non esistano inizialmente, il Comune dovrà impegnarsi a tempestivamente provvedervi prima dell'ammissione degli inquilini, iscrivenone in bilancio le relative somme.

c) I terreni da prescegliere non dovranno richiedere fondazioni troppo costose salvo che tali maggiori oneri siano affrontati dal Comune o dagli interessati.

d) L'estensione delle aree dovrà essere tale da consentire lo sviluppo di un organico piano igienicamente e modernamente concepito in rapporto alle norme seguenti che riflettono gli edifici.

L'ubicazione dovrà essere la più favorevole nei riguardi igienici e la meno disagiata rispetto al luogo di lavoro.

e) Per i comuni danneggiati dalla guerra, per i quali esiste un piano di ricostruzione approvato dal Ministero LL. PP. ai sensi del D. L. 1-3-1945, n. 154 si dovrà fare il possibile perchè i costruendi gruppi di case siano coordinati ed armonizzati con il piano di ricostruzione e si utilizzeranno prevalentemente e possibilmente le aree ricadenti nella zona che, in ciascun piano, è destinata specificatamente per la espansione dell'abitato, sempre che abbiano le caratteristiche di cui alle norme sopradette.

NORME PER GLI EDIFICI

a) L'utilizzazione edilizia delle aree prescelte dovrà essere tale che ne risulti una densità di popolazione calcolata sui letti normali, non superiori ai 500 (cinquecento) abitanti per ettaro, integrando la superficie del terreno con la quota parte degli spazi pubblici di attinenza e limitrofi.

b) Nei confronti di ogni edificio debbono essere rispettate distanze tali, in rapporto alle altezze, da garantire al solstizio invernale una minima insolazione sulla soglia degli appartamenti più bassi.

Nel caso di edifici paralleli non si potrà scendere a distanze inferiori ad una volta e mezza l'altezza dell'edificio più elevato.

c) In tutti gli edifici dovranno essere esclusi cortili chiusi, semichiusi, chiostrine cavedi.

I cortili aperti dovranno avere dimensioni e disposizioni tali da soddisfare le condizioni di insolazione di cui sopra.

b) le aree con destinazione ad orto-giardino non dovranno pregiudicare l'ampiezza di quelle destinate ad uso comune.

NORME PER GLI ALLOGGI

a) La superficie utile dei cinque tipi di alloggi distinti come al 2° comma dell'art. 10 dovrà risultare rispettivamente non inferiore a mq. 30 - 45 - 75 - 90, misurati all'interno delle pareti delimitanti i singoli ambienti ed accessori.

b) Gli alloggi dovranno essere disposti con almeno due esposizioni opposte o, in via eccezionale, ortogonali.

Ogni alloggio dovrà disporre di un locale di soggiorno distinto e isolabile dal locale di cucina, il quale dovrà anche essere ridotto alle sole dimensioni funzionali per la preparazione dei cibi ed il governo della casa.

In tal caso dovrà essere previsto anche lo spazio per il pranzo nel locale di soggiorno.

Sarà opportuno che quest'ultimo locale possa accogliere anche uno o due lettivani.

Allo scopo poi di ridurre opportunamente i locali di disimpegno (corridoi) si potrà utilizzare il soggiorno per l'accesso diretto ad altri ambienti.

Nel caso di abitazioni che non abbiano direttamente l'accesso a un orto-giardino è opportuna la dotazione di una loggia balcone di dimensioni sufficienti per lo svolgimento di alcune funzioni di vita all'aperto.

Dovrà essere evitata la costruzione di stanze da letto destinate in progetto ad accogliere più di due letti per adulti.

Gli armadi a muro saranno considerati un necessario complemento dall'attrezzatura dell'alloggio e potranno costituire elementi di preferenza a parità delle altre condizioni.

Si raccomanda di tenere il rapporto illuminante piuttosto elevato orientandosi sulla base di 1/6.

Tutte le finestre con qualsiasi esposizione dovranno essere munite di protezione esterne (gelosie, scuri, persiane, ecc.)

c) L'esposizione del quadrante nord-est e nord-ovest dovrà essere limitata ad ambienti di servizio ed eccezionalmente ad una camera per alloggio qualora questo ne disponga di altre due.

Nei casi in cui la spesa di progetto debba far carico alla Gestione, sia che si tratti di costruzione da affidare alle stazioni appaltanti, sia che si tratti di costruzione diretta da parte della Gestione I. N. A. - CASA, la progettazione sarà preferibilmente affidata, rispettivamente dalla stazione appaltante o dalla Gestione stessa, ad ingegneri od architetti liberi professionisti.

L'I.N.A. - CASA compenserà tali prestazioni in base alla tariffa nazionale professionale categ. b) di cui alla legge 2-3-49, n. 143, con la decurtazione del 20% e senza dare luogo alla applicazione dell'art. 18 della legge suddetta. L'onere relativo sarà computato in aggiunta alle spese sostenute dalla stazione appaltante, ed al compenso corrisposto alle medesime, per determinare il costo di cui al successivo punto 25.

La liquidazione sarà limitata agli importi relativi alle parti di lavoro effettivamente sviluppate dal progettista ed accettata, mentre saranno liquidate in altra sede le parti di lavoro professionale eventualmente stralciate, a favore di chi vi abbia provveduto.

Nel caso che la stazione appaltante dimostri di avere la necessaria attrezzatura tecnica permanente, la Gestione I.N.A. - CASA potrà autorizzarla a provvedere la progettazione a mezzo del proprio Ufficio Tecnico, salvo beninteso, l'esame dei progetti per il necessario benessere. In questa eventualità, e sempre che non si tratti dell'offerta gratuita dei progetti, alla stazione verrà corrisposto un compenso pari alla metà di quello stabilito per il caso in cui la progettazione venga affidata a liberi professionisti.

QUESTIONI GENERALI DI ACUSTICA APPLICATA ALLE COSTRUZIONI

1. - SUONI E SENSAZIONI UDITIVE. - L'audiogramma normale - Livelli di sensazione - Soglia di udibilità e soglia di dolore - Sensibilità dell'orecchio alle variazioni di intensità e di frequenza - Comprensibilità del linguaggio.

1. - Lo stabilire delle relazioni tra grandezze acustiche, definibili e misurabili oggettivamente, e le corrispondenti sensazioni uditive, naturalmente variabili da persona a persona, costituisce un problema delicato nello studio del quale, piuttosto che soluzioni rigorose, conviene ricercare le basi di ragionevoli accordi e convenzioni.

Ordinariamente si fa uso di una rappresentazione grafica, l'audiogramma normale, tracciato su assi logaritmici, sul quale un suono puro è individuato dai valori dell'ascissa, la frequenza f (1) e dell'ordinata, la pressione Δp (2) o la corrispondente intensità J (3).

Le curve tracciate sull'audiogramma rappresentato dalla Fig. 1 (4) uniscono punti che in media corrispondono per persone normali e per suoni di durata sufficiente a sensazioni ugualmente intense o, come anche si dice, a sensazioni equivalenti; sono cioè nei riguardi di queste sensazioni qualche cosa di analogo alle linee di livello della topografia.

Il tracciamento è basato sull'ammisione convenzionale per la frequenza 1000 della scala di Fletcher, definita dalla relazione:

$$L_2 - L_1 = 10 \log (J_2/J_1) \quad [1]$$

In corrispondenza della frequenza scelta si fa dunque coincidere la scala logaritmica delle intensità J del suono (esprese in *decibel*) colla scala dei livelli L della sensazione (espressi in *phon*) (5).

(1) Espressa in hertz (abbreviazione Hz), cioè in periodi al secondo.

(2) Misurata dal valor medio efficace delle variazioni di pressione prodotte dal suono.

(3) Cioè l'energia sonora riferita all'unità di area che in media nell'unità di tempo investe l'elemento di superficie disposto normalmente alla direzione di propagazione. Sul grafico la corrispondenza fra J e Δp è relativa al caso di onde sinusoidali piane progressive in aria a 20°C e 736 mm di pressione (1 kg/cm^2), valendo allora la semplice relazione: $(\Delta p)^2 = RJ$ in cui R , resistenza acustica del mezzo, vale il prodotto della massa specifica ρ per la velocità c di propagazione del suono. Per questa velocità nell'aria in m/s può servire l'espressione: $c = 331 + 0,61 t + 62 p/H$; (t temperatura, p tensione di vapore, H pressione barometrica, nell'intorno delle condizioni ordinarie).

(4) « Journ. Acoust. Soc. Am. », 1933, pag. 82.

(5) Convenzione adottata dalla 1ª Conf. Int. di Acustica, Parigi, luglio 1937; cfr. « Alta Frequenza », 1937, pag. 630. Colle unità bel, e quindi coi decibel, loro decima parte (abbreviazione dB) si è voluto ricordare Graham Bell, il competitore del Meucci.

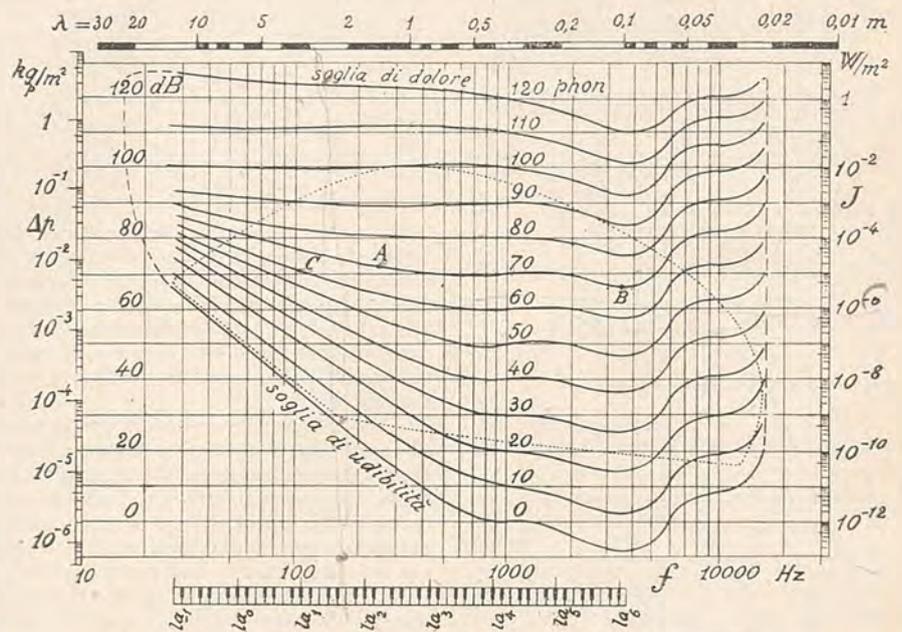


Fig. 1 - Audiogramma normale secondo FLETCHER e MUNSON (a 20°C e 736 mm) ----- zona interessante la musica.

Delle due curve estreme la più bassa, detta *soglia di udibilità*, corrisponde ai minimi valori di J ancora normalmente percepibili; la più alta, la *soglia di dolore*, costituisce un limite al di là del quale l'audizione diviene intollerabile. La J minima è molto diversa alle varie frequenze. Le linee sono prolungate con tratteggiate fino agli estremi delle frequenze udibili (16 Hz, 16 kHz), estremi peraltro variabili specialmente coll'età delle persone. La zona interna alla punteggiata è quella che interessa la musica. In basso è rappresentata la frequenza fondamentale delle note musicali, in alto la lunghezza d'onda λ , pari al rapporto fra la velocità c di propagazione e la frequenza f , e calcolata per l'aria a 20°C e 1 kg/cm².

I suoni puri rappresentati dai punti A e B, producono in media sensazioni equivalenti; in altre parole sono allo stesso *livello di sensazione* (70 phon in questo caso), mentre il suono rappresentato da B produce in media una sensazione più intensa di quello rappresentato da C.

2. - La scala dei phon permette di stabilire dei confronti esprimibili per mezzo di uguaglianze o di disuguaglianze, non dà però il modo di valutare direttamente l'altezza dei suoi gradini.

Vari Autori ammettono di poter esprimere le intensità della sensazione con dei numeri che siano paragonabili fra loro, non soltanto mediante uguaglianze o disuguaglianze, ma anche mediante rapporti (come 1/2, 1/4, ecc.), e hanno istituito esperienze, d'altronde non molto

concordanti nei risultati, per arrivare a stabilire una scala di questo genere.

La Fig. 2 rappresenta la scala proposta in America (6), nella quale per convenzione $Z = 1000$ a 40 phon. Essa permette di passare dai phon ai numeri convenzionali Z , segnati sull'asse delle ordinate, che rappresenterebbero in modo quantitativo le sensazioni. Ad es. 60 phon corrispondono a 4000, 50 phon a 2000; dunque la prima sensazione sarebbe doppia della seconda e non doppia di quella di 30 phon che corrisponde a circa 400.

Nell'intervallo $30 \div 100$ phon, molto importante per le applicazioni, con approssimazione sufficiente agli scopi pratici si può scrivere:

$$L_2 - L_1 = 30 \log (Z_2/Z_1) \quad [2]$$

e quindi per la [1]:

$$J_2/J_1 = (Z_2/Z_1)^3 \quad [3]$$

Al di fuori dei limiti indicati la corrispondenza logaritmica fra le sensazioni e le eccitazioni fisiche che le producono non potrebbe dunque più essere ritenuta valida, nemmeno in prima approssimazione. Come mostra l'audiogramma si hanno poi altre deviazioni per frequenze diverse da quella scelta.

3. - Per utilizzare l'audiogramma anche nel caso dei suoni complessi e

(6) « Journ. Acoust. Soc. Am. », 1936, pag. 143.

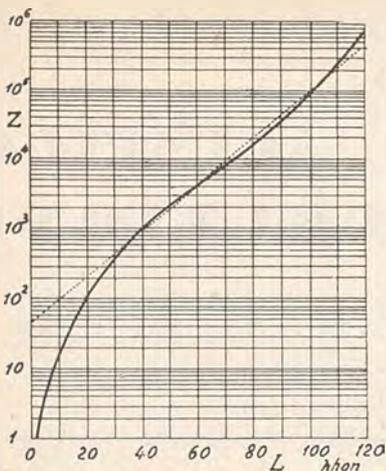


Fig. 2 — Curva di sensazione a 1000 Hz secondo FLETCHER e MUNSON.

dei rumori (7) è stato proposto (8) di confrontare questi col suono puro di 1000 Hz che produce una sensazione equivalente; si dirà che i primi producono una sensazione di n phon se n dB è il livello energetico del secondo. Il confronto presenta non lievi difficoltà.

La tabella seguente dà un'idea dei livelli di sensazione prodotti dai suoni e rumori più comuni (9).

Linguaggio e musica	
mormorio	15 ÷ 20 phon
conversazione normale ...	50 ÷ 65 »
conversazione ad alta voce	70 ÷ 85 »
orchestra	25 ÷ 95 »
Rumori in ambienti ordinari	
camere di abitazione	25 ÷ 35 »
uffici con macchine da scrivere	65 ÷ 80 »
Rumori stradali	
	30 ÷ 80 »

Disturbi di 20 ÷ 30 phon possono già recare fastidio. Variazioni al disotto di mezzo phon non sono in generale avvertite. La sensibilità dell'orecchio a queste variazioni è però molto variabile: è massima intorno ai 2000 Hz e cresce notevolmente al crescere del livello di sensazione.

4. - Anche alle variazioni consecutive di frequenza di durata sufficiente l'orecchio è diversamente sensibile col variare degli stessi parametri già indicati. Ad esempio nei limiti di una conversazione normale e per suoni intorno a 1000 Hz variazioni del 12% nella J e del 3% nella frequenza, purchè della durata di almeno 5 centesimi di secondo, sono appena percepite, ma a 100 Hz questi rapporti salgono rispettivamente a circa il 20% e il 7% (10). (V. Fig. 4).

Le curve tracciate sull'audiogramma debbono quindi essere interpretate con cautela e in modo diverso dal consueto. Si tratta in realtà di rappresentazioni discontinue e due punti abbastanza vicini di una stessa ordinata che rappresentino due suoni consecutivi possono lasciare immutata l'intensità della sensazione. Ciò spiega perchè approssimazioni che in altri campi potrebbero

(7) La distinzione fra suono e rumore, basata com'è sulle sensazioni, non può essere netta. Grosso modo si può dire che lo spettro acustico del secondo è ordinariamente costituito da bande di aspetto irregolare e che le eventuali righe non sono disposte ordinatamente secondo frequenze multiple di una fondamentale. Rumori appaiono anche gli impulsi sonori molto brevi.

(8) V. nota (5).

(9) « PHILIPS Techn. Rund. », 1937, H. 2.

(10) Il semitono della scala musicale temperata corrisponde a un valore di $(\Delta f)/f$ pari a $1 - \sqrt[12]{2} = 0,0595$.

apparire grossolane sono qui pienamente tollerabili.

Le differenze di fase, che pure provocano mutamenti profondi nella registrazione dei suoni, non sono avvertite dall'orecchio; da ciò l'importanza degli spettri acustici per la rappresentazione grafica dei suoni composti.

5. - Molte ricerche (compendiate nella Fig. 3) sono state eseguite in America in relazione alla intelligibilità del linguaggio, valutato come percentuale di sillabe sciolte comprese, e alle circostanze che vi influiscono: livello sonoro L nell'ambiente (Fig. 3a), durata τ dello smorzamento del suono di 60 phon a 1000 Hz (Fig. 3b), rapporto fra il livello L^* di un disturbo e quello del suono utile (Fig. 3c); soppressione nella riproduzione artificiale di un'intera gamma di frequenze (Fig. 3d), e precisamente di tutta quella superiore alla frequenza f indicata in ascissa (linea s) o di tutta quella inferiore (linea i). Le linee s' ed i' danno per confronto l'entità energetica della soppressione; appare dal diagramma la scarsa importanza delle basse frequenze.

L'adozione di questi risultati, ricavati in condizioni di lingua e di pronuncia così diverse dalle nostre, non è certo priva di incertezze. In ogni modo non è giudicata tollerabile una comprensibilità minore del 70%.

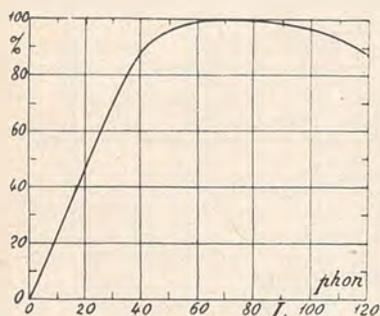
II. - PROPRIETÀ ACUSTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

- Fattore di assorbimento - Materiali porosi - Lastre vibranti - Alcune caratteristiche relative ai materiali più comunemente usati.

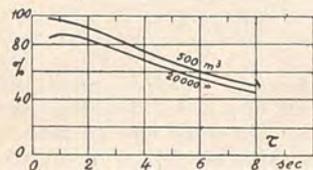
1. - In generale dell'energia sonora che si propaga nell'aria e giunge ad investire una parete, una porzione (r) è rinviata all'aria stessa, sia direttamente per riflessione regolare o diffusa, sia per effetto di riflessioni multiple interne alla parete, mentre la rimanente porzione (corrispondente all'aliquota a) è trattenuta (V. Fig. 5).

Quest'ultima è in parte (a') dissipata in calore e quindi veramente assorbita dal materiale che costituisce la parete, e in parte è trasmessa all'aria dell'ambiente vicino (t) e alle strutture adiacenti (t'). Dell'aliquota t la tp passa attraverso i pori e la t_i è invece emessa dalla parete.

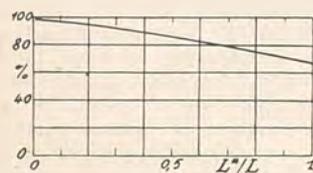
Il fattore a di assorbimento apparente dipende dalla natura del materiale,



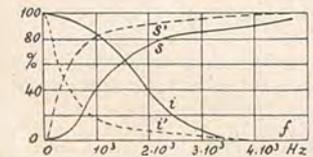
a)



b)



c)



d)

Fig. 3 — Fattori che influenzano la comprensibilità del linguaggio

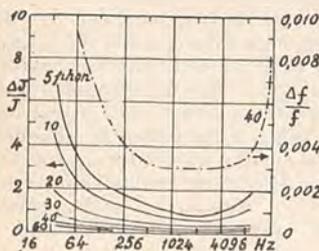


Fig. 4 — Soglie differenziali di sensazione.

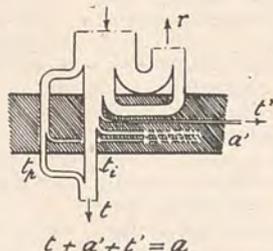


Fig. 5 — Riflessione, assorbimento e trasmissione dell'energia sonora da una parete.



Fig. 6a — Riverberazione con suono puro.

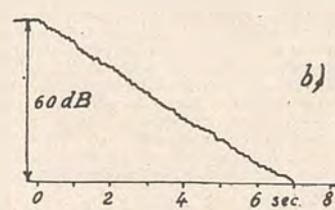


Fig. 6b — Riverberazione con suono ululato.

dalla frequenza del suono e dall'angolo di incidenza, mentre sembra poco dipendente, almeno entro i limiti usuali, dalla intensità del suono incidente.

2. - Come facilmente si intuisce i materiali porosi (11) sono in genere più assorbenti dei compatti, soprattutto se le porosità affiorano alla superficie, giacchè in questi casi le oscillazioni dell'aria che è imprigionata nelle piccole cavità sono efficacemente frenate, e lo sono tanto più quanto più elevata è la frequenza.

L'assorbimento dei materiali porosi dipende dalla loro permeabilità all'aria, dal loro spessore e dalle dimensioni dei pori e può diventare massimo in particolari condizioni. Ciò è in parte confermato in modo qualitativo dalla formula di Rayleigh:

$$a = 2/[1 + M + (1/2 M)] \quad [4]$$

ricavata per incidenze normali su una superficie rigida e molto spessa in cui si suppongono praticati tanti forellini capillari ($\Phi < 0,01$ cm) pure normali e lunghi rispetto al diametro Φ , ma non rispetto a λ . In essa:

$$M = (1 + \epsilon) \sqrt{k \nu} / \Phi \sqrt{2\pi f} \quad [5]$$

avendo indicato con ϵ il rapporto fra l'area piena e quella dei fori, con k il rapporto fra i calori specifici c_p e c_v dell'aria, con ν la viscosità cinematica della stessa aria. La [4] cresce colla frequenza f ed è massima per $M = 1/\sqrt{2}$. Per Φ dell'ordine di micron, M è abbastanza grande ed a crescerebbe proporzionalmente a \sqrt{f} .

Quanto all'influenza dell'angolo di incidenza i dati sono discordi (12), ma in pratica interessa un valore medio ed è questo appunto al quale ordinariamente si fa riferimento. Questo valore medio, pur dipendendo in modo non esattamente definito dall'ambiente, dalla posizione della sorgente e dei campioni e dal metodo sperimentale impiegato torna tuttavia molto utile al costruttore perchè normalmente determinato in condizioni non dissimili da quelle che lo interessano.

Varie altre circostanze intervengono ancora in questo fenomeno che è in realtà tutt'altro che semplice. La parete non subisce passivamente come se fosse rigida e rigidamente vincolata gli impulsi alternati ai quali la sottopone l'aria colle sue vibrazioni; ma reagisce elasticamente vibrando essa pure e l'effetto è massimo nelle condizioni di risonanza.

Si tratta di sollecitazioni dinamiche a notevole frequenza, sia pure di intensità molto piccola, e non vi è difficoltà a comprendere che sul fenomeno possano avere una più o meno sensibile influenza anche le dimensioni e la rigidità della parete, le condizioni di vincolo, la presenza di camere d'aria, ecc.,

(11) In senso lato, comprendendo in questa denominazione anche gli agglomerati e i tessuti di origine sia organica che inorganica.

(12) Secondo Rayleigh l'assorbimento potrebbe essere completo per angoli di incidenza θ tali che fosse $\cos \theta = 1/(1 + \epsilon)$ e tali massimi sembrano confermati da talune esperienze, sia pure come andamento qualitativo.

e che il fenomeno stesso sia di sua natura selettivo e soggetto a esaltarsi in corrispondenza di particolari frequenze (13).

3. - Le lastre compatte e sottili, assicurate in modo da lasciare zone libere sufficientemente ampie e disposte in guisa da interessare intercapedini abbastanza profonde risentono fortemente di questo fenomeno e costituiscono dei pannelli vibranti notevolmente assorbenti (nel senso indicato). Essi godono, in particolare di una utile proprietà; modificando convenientemente le accennate caratteristiche si possono spostare i massimi di assorbimento nelle zone di frequenza che più interessano, in particolare nella zona delle basse frequenze, compensando così con un impiego promiscuo il minore assorbimento che in tale zona ordinariamente presentano i materiali porosi. Se ne adotta in media circa il 20% della superficie complessiva nei teatri e auditori musicali.

Se si tratta di un materiale da usare soltanto come rivestimento di una parete, non ne è trascurabile agli effetti dell'assorbimento la ripartizione sulla zona da ricoprire.

Ad esempio a parità di superficie del rivestimento risultano più efficaci le disposizioni a strisce o a scacchiera della semplice disposizione continua. Questa differenza di comportamento, della quale si può trarre partito dal punto di vista decorativo, è dovuta ai fenomeni di diffrazione che si verificano in corrispondenza della linea di separazione di due materiali diversamente assorbenti.

Le proprietà di cui si è fatto cenno non sono dunque proprie soltanto del materiale in sè considerato, ma possono mutare più o meno sensibilmente in relazione alle sue condizioni di impiego.

4. - Alcuni fra i più caratteristici andamenti delle curve che forniscono i valori del fattore di assorbimento apparente in funzione della frequenza sono rappresentati nella Fig. 7.

Balza subito all'occhio la grande differenza tra la superficie dei muri ordi-

(13) Per strati d'aria di spessore s e densità ρ compresi fra una lastra di peso M al m^2 ed una parete rigida la frequenza di risonanza è $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c^2 \rho g}{Ms}}$

Al variare di s il fattore a oscilla fra massimi e minimi in modo periodico, potendo mutare fra essi ampiamente. Si veda su ciò anche il § IV.

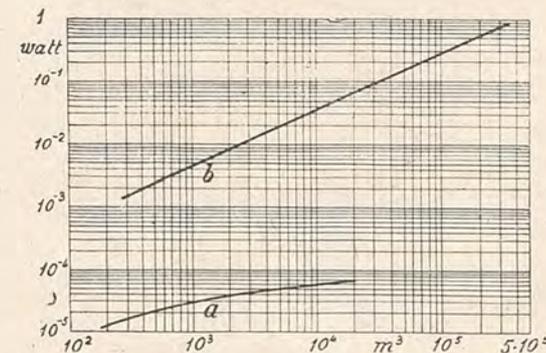


Fig. 8 — a) Potenza sonora voce naturale (60 ± 70 dB)
b) Potenza sonora con altoparlante (~ 90 dB)

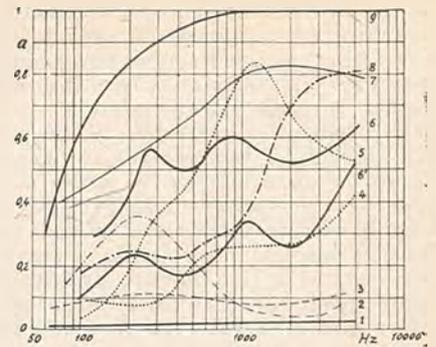


Fig. 7 — 1) Muro intonacato, spess. cm 45. — 2) Rivestimento in legno compensato, $s = 3$ mm, intercapedine d'aria di cm 5. — 3) Rivestimento in legno liscio, $s = 16$ mm, su telaio di 35 mm di interasse. — 4) Tappeto di pelo, $s = 10$ mm su pavimento di cemento. — 5) Velluto drappeggiato, peso 0,47 kg/m². — 6) Lastre di pasta di legno, $s = 18$ mm. — 6') id., $s = 6$ mm. — 7) Lana di vetro. — 8) Lastre di fibre di legno, $s = 20$ mm. — 9) Pubblico fitto

nari (come quello della curva 1), che si comporta quasi come uno specchio nei riguardi del suono, e la superficie occupata da un pubblico fitto (curva 9) che costituisce invece un ottimo assorbente.

È poi facile riconoscere l'andamento crescente, se pure con legge più o meno regolare, che è caratteristico dei materiali porosi (curve 4, 6, 6', 7, 8) e quello ondulato dei pannelli e rivestimenti vibranti (curve 2 e 3). Le curve 6 e 6' mostrano l'influenza delle variazioni di spessore. Altri diagrammi sono riportati nel mio fascicolo: Problemi di acustica architettonica (Ed. Gheroni, Torino, 1946).

Molti dati numerici sono tuttora riferiti alla frequenza 517 che corrisponde alla nota musicale «do₃» della scala basata sul «la» normale del Congresso di Vienna del 1885 (14). I dati più recenti sono invece, quando non è detto altro, riferiti a 1000 Hz.

(14) Attualmente in seguito alla decisione presa dal Comitato Internazionale I. S. A. nella riunione tenuta a Londra nel maggio 1939 la frequenza del «la» normale (la_4) è stata portata da 435 a 440 Hz. (Cfr. «L'Unificazione», 1939, pag. 109). Il «do₃» sale quindi da 517 a 523 Hz. Si è in sostanza ritornati alla scala fissata a Stoccarda nel 1834 (cfr. RAYLEIGH, Theory of sound, 1877, I, pag. 9).

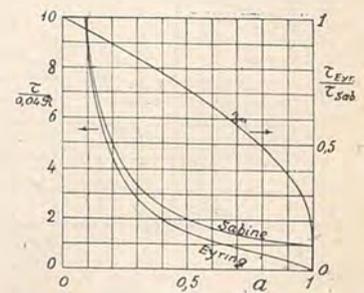


Fig. 9 — Confronto fra le formule di SABINE e di EYRING del tempo convenzionale di riverberazione.

5. - Se J è l'intensità media del suono che investe la superficie di area S ed a è il fattore medio di assorbimento apparente nel campo di frequenze in esame, l'energia sonora assorbita (nel solito significato) nell'unità di tempo sarà aJS ; se si considerano più superfici di proprietà differenti si dovrà eseguire la sommatoria (ΣaJS) estesa a tutte le superfici considerate. In qualche caso, ad esempio per le sedie, si preferisce fare i conti a numero anziché a metro quadrato; la sommatoria da calcolare sarà allora del tipo ΣaJn , dove n è il numero di oggetti di ciascun gruppo ed ha un significato ovvio. Sono già state chiarite le ipotesi semplificative poste a base di questi calcoli.

Anche nell'aria si verifica un certo assorbimento che è sensibile per le grandi distanze e per vibrazioni di alta frequenza, oltre che per particolari gradi di umidità.

L'accentuato carattere di selettività che è proprio del fenomeno di assorbimento modifica il timbro di un suono composto riflesso da una parete; esso risulterà ordinariamente più grave se il materiale è poroso, potrà risultare più acuto usando i rivestimenti vibranti.

Com'è poi evidente la scelta dei materiali non si basa in pratica su criteri esclusivamente acustici. Altre proprietà, maggiormente legate ai problemi d'isolamento, sono trattate nel § IV.

III. - PROPRIETÀ ACUSTICHE DEGLI AMBIENTI CHIUSI. —

Coda sonora o riverberazione acustica e sua durata convenzionale - Tempi ottimi - Distribuzione della intensità del suono - Echi - Metodi geometrici e sperimentali - Dati pratici - Diffusione con altoparlanti.

1. - In un ambiente chiuso il suono non si estingue subito al cessare della causa che lo genera, ma si affievolisce più o meno lentamente facendosi sentire ancora per un certo tempo.

Il fenomeno è chiamato *coda sonora*, o anche, seguendo il Sabine, *riverberazione acustica* (15), e ha una evidente influenza sulla comprensibilità del linguaggio e sulla bontà dell'audizione musicale.

Si tratta della stessa causa che rallenta il raggiungimento dello stato di regime quando la sorgente comincia a funzionare ed è legata alle caratteristiche assorbenti del locale e alle sue dimensioni. Una certa influenza è anche esercitata dalla natura del suono, dalla forma dell'ambiente, dall'assorbimento dell'aria, dal tipo e posizione della sorgente come pure dalla posizione dell'ascoltatore.

Anche qui, come per l'assorbimento dei materiali, le cose non sono così semplici come si potrebbe in una prima analisi immaginare.

Il locale coll'aria che lo occupa non subisce passivamente gli impulsi alternati ai quali lo sottopone il suono perchè il sistema equivale a un insieme di risonatori e possiede una estesissima serie di periodi propri di vibrazione tanto più fitti quanto più alta è la frequenza (16).

Quando la sorgente funziona il sistema è soggetto a vibrazioni forzate di varia frequenza e tende a risonare in prossimità delle frequenze naturali. Sono principalmente le vibrazioni di risonanza così eccitate che smorzandosi all'arresto della sorgente danno luogo alla coda sonora (17).

Se queste vibrazioni fossero poche e di grande lunghezza d'onda il campo sonoro sarebbe estremamente disuniforme anche in punti lontani dalla sorgente, e all'arresto di questa l'affievolimento del suono non sarebbe regolare, ma andrebbe soggetto ad ampie fluttuazioni (V. Fig. 6a).

La «risposta» del locale alla sollecitazione sonora sarebbe dunque tale da modificarne troppo sensibilmente le ca-

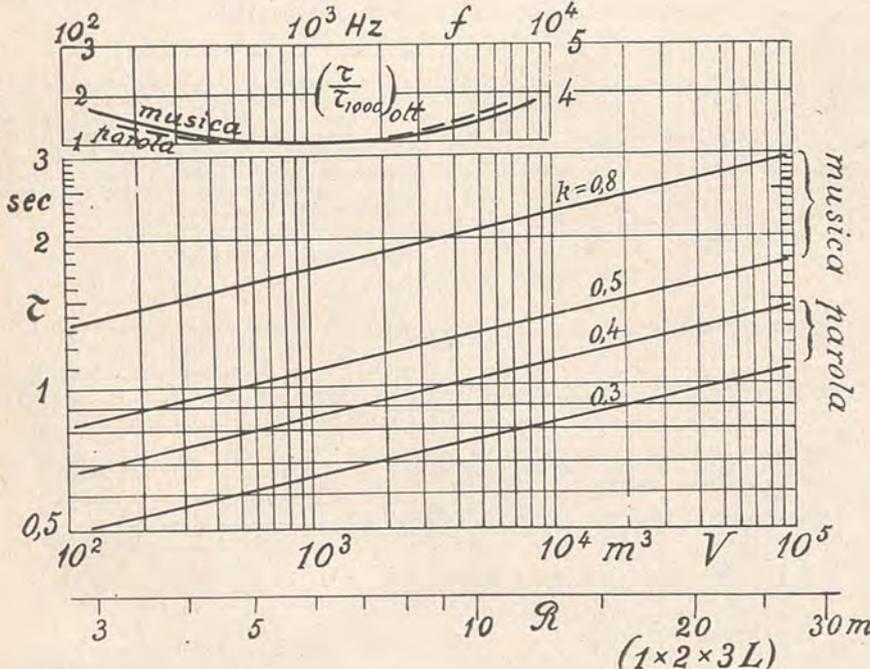
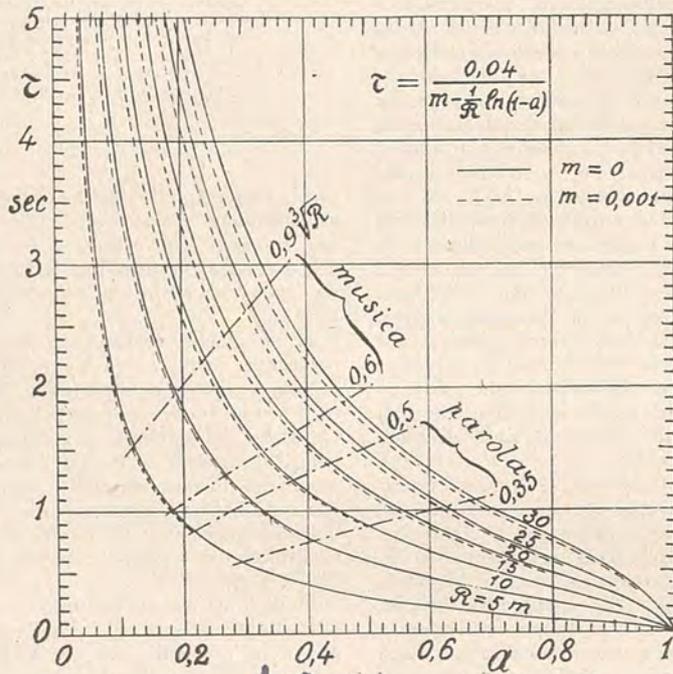


Fig. 10a), b) — Tempi convenzionali di riverberazione.

(15) W. C. SABINE, « Collected papers on Acoustics », Cambridge U. S. A., 1927, pag. 9. Il nome non è proprio, ma nei paesi anglosassoni e in Francia ha avuto fortuna.

(16) Ad es. per un locale parallelepipedo di lati l_1, l_2, l_3 ed a facce ben riflettenti le frequenze proprie dell'aria in esso vibrante sono date dall'espressione:

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_1}{l_1}\right)^2 + \left(\frac{n_2}{l_2}\right)^2 + \left(\frac{n_3}{l_3}\right)^2}$$

in cui n_1, n_2, n_3 sono numeri interi arbitrari.

(17) P. M. MORSE, *Vibration and Sound*, New York, 1936, pag. 291. Lo studio matematico di questi fenomeni, già noti ed utilizzati nell'antichità (si pensi alla «consonanza» di cui tanto parla VITRUVIO nel suo «De Architectura», V, 5, 8), è fondato su metodi analoghi a quelli impiegati dal Fermi nella teoria dei quanti.

ratteristiche, da provocare cioè, specialmente coi suoni composti da poche armoniche, una « distorsione » eccessiva.

2. - Nella maggior parte dei casi che interessano la pratica, anche se l'intervallo di frequenze considerato è ristretto (per es. 50 Hz), le vibrazioni eccitate sono invece molto numerose (18).

Per questo motivo e data la piccolezza del fattore di assorbimento delle pareti ordinarie la distribuzione dell'energia sonora nell'ambiente, a meno di concentrazioni locali dovute a pareti curve e di eccessive differenze di assorbimento da zona a zona, risulta in media abbastanza uniforme e poco dipendente dalla posizione della sorgente e dalla forma e orientamento della sua indicatrice di emissione (V. Fig. 6_b).

Se tali condizioni fossero verificate e fosse trascurabile l'assorbimento del mezzo, in un ambiente di volume V nel quale è emessa l'energia sonora I (cfr. la Fig. 8 per l'ordine di grandezza in condizioni ordinarie) l'energia E₀ che giunge al secondo direttamente sull'unità di superficie delle pareti varrebbe:

$$E_0 = Ic / 4V \quad [6]$$

Su tutta la superficie S che limita il locale l'energia incidente al secondo sarà E₀S, cosicchè l'energia I impiegherà mediamente il tempo:

$$\delta\tau = \frac{I}{E_0 S} = \frac{4V}{cS} = \frac{\mathfrak{R}}{c} \quad [7]$$

per colpire le pareti. La lunghezza \mathfrak{R} (pari a 4V/S) corrispondente a tale intervallo di tempo è detta « libero percorso medio » del suono o « raggio sonoro medio » ed ha molta importanza in queste come in altre trattazioni.

Se la sorgente continua a funzionare la E va crescendo nei successivi intervalli $\delta\tau$ fino al valore di regime:

$$E = E_0 [1 + (1-a) + (1-a)^2 + \dots] = \frac{E_0}{a} \quad [8]$$

poichè ad ogni riflessione la quota a dell'energia incidente è assorbita e la rimanente (1-a) è riflessa e torna all'ambiente. Se la sorgente cessa di funzionare la E decresce e al tempo t, dopo t/ $\delta\tau$ riflessioni, essa è ridotta al valore:

$$E_t = E_0 (1-a)^{t/\delta\tau}$$

Il tempo τ_n (in secondi) necessario per ridurla di n bel (quindi per farla scendere a 1/10ⁿ del valore iniziale) varrebbe dunque:

$$\tau_n = \frac{n\mathfrak{R}}{c \log_{10}(1-a)} \quad [10]$$

in cui il logaritmo è negativo perchè a è minore di 1.

Ponendo n = 6B = 60 dB (con una riduzione a un milionesimo, quanto occorre per passare dal livello medio usuale alla soglia di udibilità) si ha subito:

$$\tau_{60} = \frac{6\mathfrak{R}}{c \log_{10}(1-a)} \quad [11]$$

(18) Nelle esperienze di laboratorio si provvede appositamente ad aumentare il numero producendo i così detti suoni « ululati » (cioè con frequenze oscillanti intorno ad un valore medio) entro camere abbastanza ampie e di forma irregolare.

tempo che sarà nel seguito indicato semplicemente con τ .

In condizioni ordinarie di temperatura e adottando le unità metriche (c in m/sec, V in m³, S in m², quindi \mathfrak{R} in m) si ha:

$$\tau = \frac{0,07V}{S \log_{10}(1-a)} = \frac{0,16V}{S \log_e(1-a)} = \frac{0,04\mathfrak{R}}{\log_e(1-a)} \quad [12]$$

Perchè le premesse fossero esattamente verificate occorrerebbe anche che tutte le superfici S_i interessate al fe-

nomeno avessero uguale fattore di assorbimento; in caso contrario l'Eyring (19) ricava il fattore medio a da porre nella [12] dalla relazione:

$$aS = \sum a_i S_i \quad [13]$$

Il Millington (20) invece lo ricava dalla:

$$S \log(1-a) = \sum S_i \log(1-a_i) \quad [14]$$

(19) « Jour. Ac. Soc. Am. », 1930, pag. 217. Le [12] forniscono valori numerici prossimi a quelli calcolati mediante l'espressione $\frac{0,04\mathfrak{R}}{a} \sqrt{1-a}$.

(20) « Jour. Ac. Soc. Am. », 1932, pag. 69.

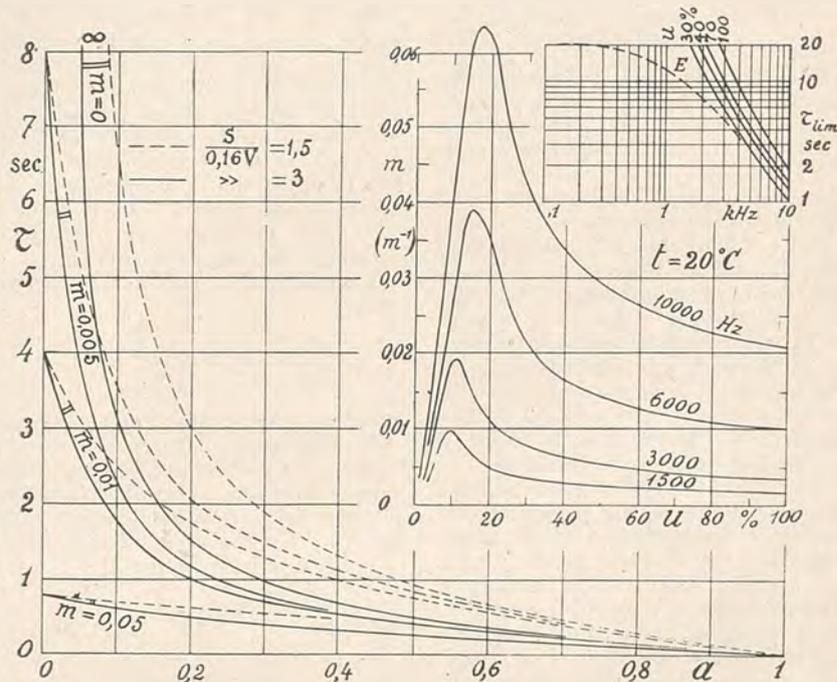


Fig. 11 - Influenza dell'umidità dell'aria sul tempo di riverberazione.

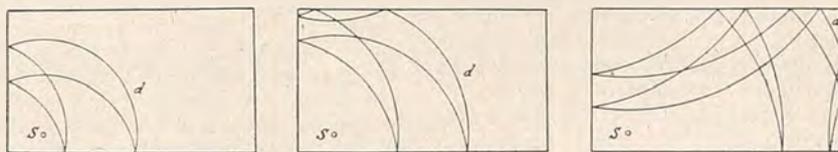


Fig. 12a), b), c) - Riflessione delle onde sonore in un locale.

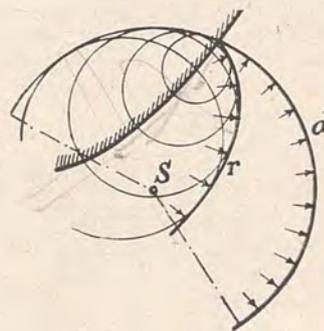


Fig. 13 - Costruzione di Huyghens delle onde riflesse.

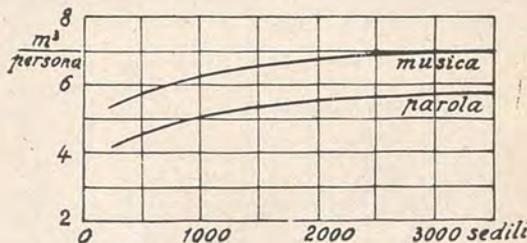


Fig. 14 - Minimo volume dei teatri per ogni persona secondo BAGENAL e WOOD.

espressione che però cade in difetto se qualcuna delle aree considerate è totalmente assorbente, (come sarebbe per una finestra aperta) cosicchè di regola si adotta la [13].

Il tempo τ è la durata convenzionale della coda sonora o tempo di riverberazione.

Esso cresce col rapporto V/S e cioè con la dimensione lineare dell'ambiente nel caso di sale geometricamente simili; esso naturalmente diminuisce all'aumentare di a e varia con a al variare della frequenza.

Per piccoli valori di a (minori di circa 0,2), come è il caso di molti ambienti, il logaritmo naturale che compare al denominatore nella [12] assume prossimamente lo stesso valore di a (V. Fig. 9).

Si può allora scrivere:

$$\tau = 0,16V / \sum a_i S_i \quad [15]$$

che è la nota formula del Sabine. Per sale cubiche di lato L si avrebbe dunque: $\tau = L/36a$ e per sale parallelepipede di lati $L, 2L, 3L$ si avrebbe invece: $\tau = L/22a$.

Quindi ad es. per $L = 10m$ ed $a = 0,2$ si avrebbe rispettivamente nei due casi $\tau = 1,4$ e $2,3$ sec. La [12] avrebbe dato invece 1,2 e 2 sec. circa.

Per valori di a prossimi a 1 le ipotesi di uniformità sonora che sono a base della [7] vengono meno; ci si avvicina in tal caso alle condizioni che si verificherebbero se la sorgente fosse all'aperto e mancassero ostacoli atti a rimandare il suono; non è allora il caso di parlare di riverberazione.

3. - Per ottenere una buona audizione τ non deve essere troppo grande perchè i suoni successivi si confonderebbero nè troppo piccolo perchè i suoni stessi risulterebbero troppo staccati e si richiederebbe una potenza sonora eccessiva per raggiungere una sufficiente intensità media. I valori più convenienti di τ sono dell'ordine di qualche secondo e dipendono dalle dimensioni e dalla destinazione della sala. I dati ricavati da locali di buona acustica e forniti a questo proposito da vari Autori, basati come sono su sensazioni, in condizioni molto diverse di lingua, di sensibilità e di ambiente, non sono naturalmente molto concordanti e permettono una certa libertà di scelta.

Nell'intorno di 1000 Hz si può porre in media:

$$(\tau_{ott})_{1000} = k \sqrt[3]{V} = k^3 \sqrt[3]{V} \quad [16]$$

dove per il linguaggio parlato il coefficiente k va da 0,3 a 0,4 e cresce all'incirca da 0,5 fino a 0,8 per la musica secondo il tipo di questa (i valori mi-

norì per la musica da camera, gli intermedî per la lirica, i più elevati per quella corale e d'organo) (V. Fig. 10). Per gli auditori destinati a trasmissioni radiofoniche e per gli studi di cinematografia sonora conviene attenersi ai valori più bassi. Così pure per la riproduzione con altoparlanti.

Poichè si può porre:

$$V = \mu \mathfrak{R}^3$$

variando μ usualmente fra 3 e 5 (3,3 per una sala cubica; 4,6 per una sala parallelepipeda $1 \times 2 \times 3L$) dalla [16] si ha:

$$(\tau_{ott})_{1000} = k \mu^{1/3} \sqrt[3]{\mathfrak{R}} = k' \sqrt[3]{\mathfrak{R}} \quad [17]$$

in cui $\mu^{1/3}$ varia fra 1,13 e 1,19 per i casi indicati. Si possono quindi mediamente adottare per k' i valori segnati sulla Fig. 10_a, scegliendo al solito i valori minori per il suono riprodotto. La Fig. 10_a, che ho appositamente tracciato in vista delle applicazioni, fornisce immediatamente, dato \mathfrak{R} , l'assorbimento medio necessario allo scopo.

4. - Dalla [8] segue che il rapporto fra la E_0 prodotta direttamente dalla sorgente sulle pareti e la E finale dovuta alla prolungata riverberazione è misurato dal fattore medio a .

Combinando le [12] e [17] si ottiene quindi:

$$\frac{E_0}{E} = 1 - e^{-\frac{0,04}{k'} \mathfrak{R}^{2/3}} \quad [18]$$

relazione che mostra come al crescere delle dimensioni della sala il suono diretto acquisti sempre maggiore importanza rispetto a quello riverberato, ciò che concorre a rendere più difficile la soluzione dei problemi acustici.

A titolo di esempio per $k' = 0,6$ si ha:

\mathfrak{R}	5	10	20	30 m
E_0/E	0,18	0,27	0,39	0,47

valori leggibili, del resto, sulla stessa fig. 10_a.

5. - Per ottenere che i suoni di diversa altezza si spengano nello stesso tempo, tenuto conto delle caratteristiche di sensibilità dell'orecchio e della distribuzione media dell'intensità dei vari suoni componenti il linguaggio e la musica, occorre che i tempi convenzionali ottimi non abbiano lo stesso valore a tutte le frequenze. Si può porre:

$$(\tau_{ott})_f = C_f (\tau_{ott})_{1000} \quad [19]$$

dove il valore di C_f è praticamente uguale all'unità nell'intervallo $500 \div 2000$ Hz e in media aumenta rego-

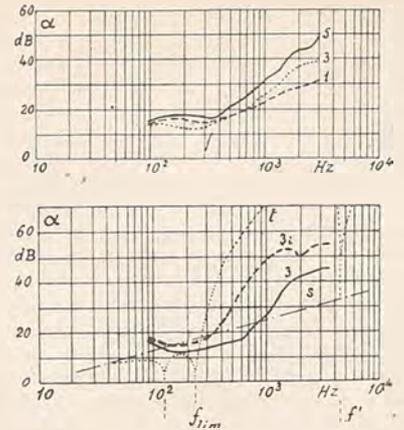


Fig. 19a, b — a) Attenuazione di parete multipla di lastre di legno compensato 1 - semplice; 3 - tripla; 5 - quintupla; $s = 3$ cm; $M = 2$ kg/m²; b) 3 - parete tripla $c, s, s = 3, 7$ cm; 3_i - la stessa con lati interni rivestiti di feltro; f linea teorica; s parete semplice di ugual peso

larmente fino a circa 2, sia verso i 100 sia verso i 10.000 Hz (V. Fig. 10_b in alto). La relativa correzione può essere trascurata dove predomina il forte assorbimento dovuto al pubblico, che è sotto questo punto di vista un assorbente acustico ideale; essa ha invece importanza nel caso degli auditori per radio trasmissioni e va fatta per tentativi scegliendo e proporzionando convenientemente i rivestimenti assorbenti (21).

6. - I numeri che si ricavano dalle relazioni precedenti sono importanti per il calcolo acustico delle sale. Fissati infatti i valori ottimi di τ nel caso che interessa, si ricercano, tenendo il debito conto della eventuale presenza del pubblico, le caratteristiche di assorbimento che avvicinano quanto più è possibile le durate ottime a quelle calcolate in base alla [12] (oppure alla [15] se a è piccolo).

Ciò ottenuto, il risultato si può esprimere dicendo che in media l'audizione sarà in tali condizioni soddisfacente. Effettivamente si sostituisce alla realtà una media statistica, nello spazio e nel tempo.

Gli scarti da questa media saranno tanto minori quanto più esattamente saranno verificate sia nello spazio sia nel tempo le ipotesi sulle quali le relazioni stesse si fondano.

L'esperienza ha dimostrato che all'infuori di casi nei quali si verificano notevoli irregolarità di forma o forti squilibri nelle caratteristiche assorbenti l'approssimazione che si raggiunge per i comuni ambienti col procedimento indicato è praticamente soddisfacente.

7. - Converrà tuttavia in generale esaminare se nel calcolo di τ sono sensibili le correzioni proposte per tener conto delle caratteristiche geometriche della sala (22), della esistenza di vani comunicanti col locale in esame (23), dell'influenza dell'assorbimento dell'aria (24).

(21) A. GIULI, « Alta frequenza », 1939, pag. 87.
 (22) V. O. KNUDSEN, « Architectural Acoustics », New York, 1932.
 (23) D. FAGGIANI, « Politecnico », 1937, pag. 435.
 (24) V. O. KNUDSEN, « Jour. Ac. Soc. Am. », 1933, pag. 112; 1935, pag. 199.



Fig. 15 — Indicatrici di emissione di un altoparlante: 1) 120 Hz; 2) 500 Hz; 3) 4000 Hz.



Fig. 16 — Diffusione sonora con altoparlanti all'aperto: a_1, a_2 altoparlanti, m microfono.

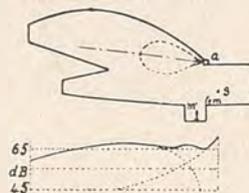


Fig. 17 — Rinforzo sonoro in un teatro: S sorgente, a altoparlante, m, m' microfoni.

Riguardo alla prima il Knudsen trovò per le forme usuali (compresi i teatri con pianta a ventaglio e le sale con tribuna) scarti di pochi per cento. Ma per una sala bassa e allungata ($3,5 \times 12 \times 14,6$ m) il raggio medio \mathfrak{R} è risultato $3,8$ V/S, e per una chiesa con pianta a croce $4,3$ V/S, in luogo del valore teorico 4 V/S.

La seconda correzione si effettua attribuendo all'apertura della cavità (di area βS e con pareti di assorbimento medio a_c) un valore fittizio a^* del fattore di assorbimento, per cui la [12] diviene:

$$\tau = \frac{0,04 \mathfrak{R}}{\log_e [1 - (1 - \beta) a - \beta a^*]} \quad [20]$$

Se il raggio medio della cavità è intorno a $0,5 \div 0,7$ quello della sala (come avviene per i palcoscenici di taluni teatri) si avrebbe $a^* = a_c(2 - a)$, ma si porrebbe a^* uguale ad 1 se nel conto lo superasse.

Quanto all'ultima correzione essa è sensibile nei grandi ambienti ($\mathfrak{R} = 20 \div 30$ m) e per le frequenze elevate ed è principalmente dovuta alla presenza di vapor acqueo nell'aria. Per effetto dell'assorbimento l'intensità J_0 di una onda piana progressiva si riduce dopo il tragitto x al valore $J_0 e^{-mx}$, in cui m , coefficiente di assorbimento del mezzo, ha le dimensioni dell'inverso di una lunghezza e varia notevolmente colla frequenza e col grado igrometrico u dell'aria. (V. Fig. 11 a destra). Tenendo conto di questo fenomeno la [12] diviene:

$$\tau = \frac{0,04}{m - \frac{1}{\mathfrak{R}} \log_e (1 - a)} \quad [21]$$

La fig. 10_a da i valori di τ a vari \mathfrak{R} per $m = 0$ e per $m = 0,001$ (condizioni usuali di assorbimento alle frequenze medie), mentre casi più sfavorevoli sono considerati nella parte sinistra della fig. 11.

Al crescere di m , τ tende asintoticamente al valore limite $0,04/m$, che è indipendente dalle dimensioni e dall'assorbimento superficiale del locale. È ciò che si verifica in ambienti grandissimi, vuoti e ancora privi di materiali di correzione acustica, soprattutto se il grado di umidità dell'aria è basso. Tali valori limiti sono rappresentati sulla fig. 11 (in alto a destra) e l'andamento asintotico è palesato dalla tratteggiata che riunisce i valori recentemente determinati nel Teatro Nuovo di Torino, di circa 10.000 m³ di volume, naturalmente a sala vuota (25). In genere anche i problemi acustici, come quelli strutturali, divengono sempre meno agevoli da risolvere col crescere delle dimensioni degli ambienti.

8. - I calcoli accennati forniscono valutazioni medie molto utili, ma nulla dicono sulle possibili disuniformità locali del campo sonoro.

Per prevederle prima della costruzione si fa uso di metodi fondati su ipotesi semplificative. Se non si tiene conto di eventuali fenomeni di diffrazione e di interferenza si può studiare la pro-

pagazione delle onde sonore coi metodi dell'ottica geometrica.

Ad esempio limitando l'esame a problemi bidimensionali, la Fig. 12_{a, b, c}, mostra come con facili costruzioni si possa ottenere in tre istanti successivi la posizione del fronte d'onda diretto d proveniente della sorgente S e di quelli riflessi successivamente dalle pareti.

Per le pareti curve conviene ricorrere alla nota costruzione di Huyghens. (V. Fig. 13).

Se si tien conto del fattore di assorbimento delle varie superfici ed eventualmente della forma della indicatrice di emissione delle sorgenti alle frequenze medie è così possibile farsi un'idea, spesso sufficientemente adeguata, della distribuzione del campo sonoro e procedere in seguito a eventuali correzioni (sostituzione dei rivestimenti, modificazioni di forma, ecc.).

In sede di progetto metodi fondati su queste costruzioni possono guidare al tracciamento del profilo di adatte superfici riflettenti e riceventi partico-

larmente utili negli ambienti di grandi dimensioni, nei quali la diffusione prodotta dalle pareti, sia pure rese più diffondenti con adatti artifici (corrugamenti, convessità e altre irregolarità di forma) può non essere sufficiente a dare nei punti più lontani dalla sorgente la necessaria intensità (26).

Più rapidi, ma richiedenti delicati mezzi di indagine (27) sono i metodi sperimentali: in particolare quelli che coll'impiego di modelli utilizzano in speciali condizioni la propagazione delle onde su specchi liquidi (28), o quella di raggi di luce riflessi dalle pareti (29),

(26) Prof. A. SELLERIO, « Politecnico », 1934, pag. 340; E. LORENZELLI, ibid., 1937, pag. 183; C. CODEGONE, « L'Ingegnere », ottobre 1946. Questi metodi sono utili anche per i teatri all'aperto.

(27) Prof. U. BORDONI, « L'Elettrotecnica », 1932, pag. 116; Prof. E. CARLEVARO, « Annali d'Ingegneria », 1934, n. 9-10.

(28) A. H. DAVIS e G. W. KAYE, « The Acoustics of Buildings », Londra, 1932, pag. 56; G. POLVANI, « N. Cim », 1929, pag. 165.

(29) J. ENGL, « Raum-und Bauakustik », Lipsia, 1939, pag. 217.

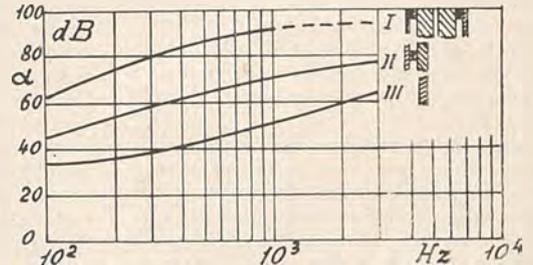
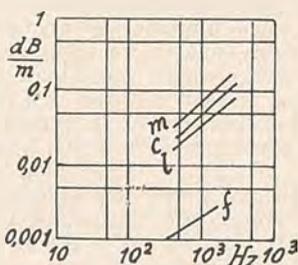
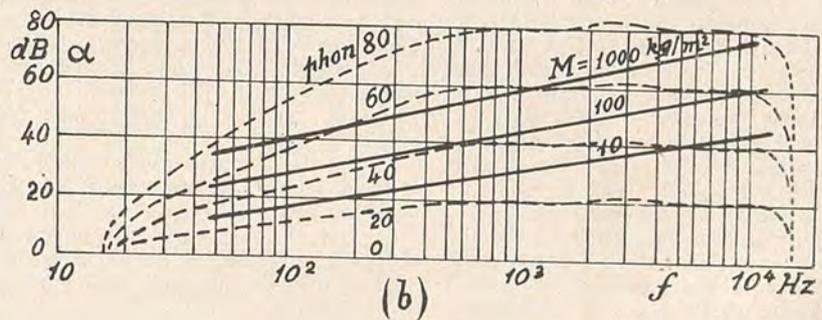
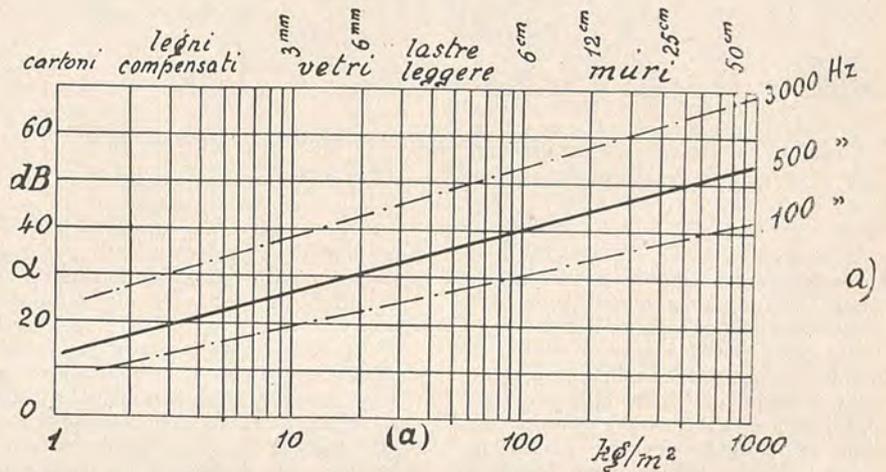


Fig. 18a, b — (in alto) Attenuazione prodotta da pareti semplici.

Fig. 20 — (a destra in basso). Attenuazione prodotta da pareti multiple (muri con pannelli leggeri e estrati d'aria)

Fig. 21 — (a sinistra in basso). Smorzamento delle onde longitudinali nei materiali: m mattoni; c cemento; l legno; f ferro.

(25) G. G. SACERDOTE, « Alta Frequenza », 1949, pag. 69.

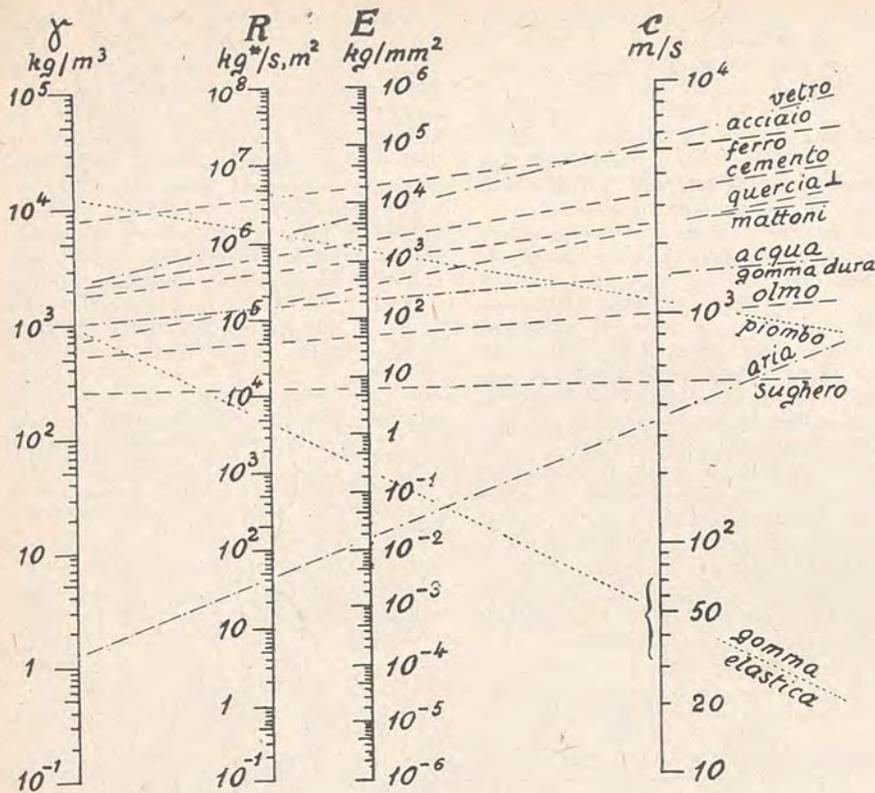


Fig. 22 — Nomogramma delle proprietà acustiche dei materiali.

o il metodo del Töpler applicato ad un impulso sonoro (30), o infine onde sonore di lunghezze d'onda ridotte in proporzione al modello stesso.

Si ricordi che se i metodi usati sono fondati su ipotesi semplificative pressochè equivalenti, un soddisfacente accordo fra i risultati non è criterio sufficiente per giudicare rigorosa la soluzione.

9. - Il verificarsi di echi, fenomeno molto fastidioso e che sarebbe da evitare colla massima cura, non è sempre prevedibile coi metodi accennati. La difficoltà sta nel seguire oltre che i piani anche i possibili tragitti sghembi delle onde sonore che differiscono di una ventina di metri, della lunghezza cioè che corrisponde all'intervallo di tempo (circa 1/15 di secondo) occorrente in media perchè siano percepiti come distinti due suoni successivi. È per questo motivo che la distanza fra la sorgente e la parete retrostante, se riflettente, non deve superare gli 8 ÷ 10 m. A sala costruita, le superfici che danno eco debbono essere rese molto assorbenti o di forma irregolare.

Le indagini sperimentali eseguite in sito specie se coi mezzi forniti dall'elettroacustica, sono evidentemente le più conclusive.

Sono in particolare da citare, oltre alle consuete prove di riverberazione a varie frequenze medie, le prove a impulso, atte a individuare gli echi, ed i metodi recenti di registrazione e di riproduzione magnetica con i quali la bontà acustica di una sala è valutata

in ragione del numero di tali registrazioni e ritrasmissioni di un discorso effettuabili in sito in modo comprensibile.

Nelle sale di buona acustica la ritrasmissione può avvenire fino a 5 volte.

Esse possono rivelare anche la eventuale formazione di onde stazionarie e la possibilità di interferenze, la forte riduzione di intensità in vicinanza delle superfici molto assorbenti, l'influenza della rifrazione prodotta da stratificazioni di aria calda, il mascheramento provocato dai rumori, ecc. e danno il modo di procedere alle più opportune correzioni.

10. - Dati pratici medi relativi alle cubature necessarie nei teatri e negli auditori sono indicati nella Fig. 14.

Per ciò che si riferisce al numero di strumenti musicali in relazione al volume si può dire che esso varia intorno a $2 \div 3 \sqrt[3]{V}$.

11. - La diffusione sonora con altoparlanti può essere impiegata per la trasmissione in ambiente diverso da quello nel quale funziona la sorgente primaria, oppure può essere impiegata nello stesso ambiente a rinforzo di questa. Occorre tener presenti in ogni caso le caratteristiche direzionali degli altoparlanti stessi, dipendenti dalla forma della membrana vibrante e dell'eventuale tromba diffondente, come pure dalle caratteristiche del circuito magnetico motore. La fig. 15, relativa a un tipo comune, mostra che l'indicatrice di emissione muta notevolmente colla frequenza, diventando in genere più ristretta al crescere di questa.

È opportuno che gli altoparlanti siano disposti in modo da inviare il suono di-

rettamente sulla superficie utile occupata dagli ascoltatori, in modo analogo ai sistemi di illuminazione diretta (V. fig. 16). Se si tratta di amplificazione del suono occorre sempre evitare che gli altoparlanti siano diretti sul microfono posto dinanzi alla sorgente primaria. In caso contrario si può verificare fra i due apparecchi un fenomeno di interazione, detto di innesco, che esalta le alte frequenze provocando una specie di sibilo molto fastidioso.

La fig. 17 mostra schematicamente la disposizione di rinforzo acustico usata nei teatri. Come indica il diagramma in basso è così possibile ottenere una ripartizione sufficientemente uniforme del livello sonoro sul piano utile.

È però da notare che la riproduzione elettroacustica sopprime le frequenze elevate e non è uniforme per le rimanenti. Risulta così alterato in modo sensibile il timbro dei suoni, ciò che ha la sua importanza dal punto di vista musicale.

IV. - ISOLAMENTO ACUSTICO. —

La trasmissione del suono attraverso una parete - Fattore di riduzione acustica - Attenuazione - Pareti compatte e pareti porose - Intercapedini d'aria - Artifici costruttivi usati per attenuare i disturbi acustici - Isolamento delle macchine.

1. - Si dice *fattore di trasmissione acustica* di una parete la frazione dell'energia sonora incidente che è trasmessa all'aria al di là della parete.

Le circostanze che hanno influenza sulla trasmissione sono le stesse già accennate a proposito dell'assorbimento.

Fatte poche eccezioni la porzione di energia sonora che passa direttamente sotto forma di vibrazioni elastiche longitudinali è molto piccola; predomina invece nel fenomeno la parte trasmessa per effetto delle vibrazioni forzate che sollecitano la parete come un tutto.

Se come succede di frequente la parete separa due ambienti, l'insieme costituisce un complicato sistema vibrante ed il risultato delle misure è influenzato anche dalle caratteristiche dei due locali. Ordinariamente però si opera in un campo di frequenze lontano dalle condizioni di risonanza proprie dell'insieme (31).

Il fattore di trasmissione può essere ricavato dal rapporto r fra le intensità J_2 ed J_1 misurate a regime rispettivamente dopo e prima della parete e in vicinanza di essa; r è detto *fattore di riduzione acustica* e misura l'attitudine della parete a limitare la trasmissione del suono; in molti casi si trova più comodo esprimerlo in decibel secondo la relazione:

$$\alpha = 10 \log_{10} \frac{J_1}{J_2} = 10 \log_{10} \frac{1}{r} \quad [22]$$

nella quale α assume il nome di *attenuazione acustica* prodotta da parete.

2. - Questi fattori dipendono da molte circostanze non tutte separabili in modo preciso e la loro valutazione pur essendo

(30) «Ann. d. Phys.», vol. 131, (1867), pag. 33; W. C. SABINE, loc. cit., pag. 180.

(31) E. BUCKINGHAM, «Scien. Pap. Bur. Stand.», n. 506, pag. 207.

oggettiva non può andare esente da procedimenti un poco convenzionali. I valori numerici ricavati coi metodi più diffusi sono tuttavia molto utili al costruttore perchè determinati in condizioni abbastanza prossime a quelle di reale impiego.

È stato osservato che per le pareti semplici, compatte e senza discontinuità (muri compresi) il valore di α dipende essenzialmente dal loro peso M per ogni unità di area e dalla frequenza f del suono. A questo risultato si può arrivare anche per via teorica. Infatti per una parete piana omogenea di spessore s , supposta rigida e rigidamente vincolata, tenendo conto delle riflessioni multiple interne e trascurando l'energia dissipata sotto forma di calore, alle incidenze normali si avrebbe secondo Rayleigh (32):

$$\frac{J_1}{J_2} = 1 + \frac{1}{4} \left(n - \frac{1}{n} \right)^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi s}{\lambda_2} \right) \quad [23]$$

in cui n è il rapporto fra la resistenza acustica R_1 del primo mezzo (nel nostro caso dell'aria) e quella R_2 del materiale costituente la parete, e λ_2 è la lunghezza d'onda del suono in quest'ultima.

Colle incidenze oblique la riduzione è minore, anzi per grandi angoli può verificarsi una quasi totale riflessione.

La [23] mostra che l'attenuazione è in generale una funzione periodica dello spessore, succedendosi i massimi

$$\left[10 \log \frac{1}{4} \left(n + \frac{1}{n} \right)^2 \right],$$

per s multiplo dispari di $\lambda_2/4$, ai minimi (zero), per s multiplo pari di $\lambda_2/4$. Colle ipotesi ammesse e per particolari lunghezze d'onda si potrebbe dunque ottenere una perfetta trasparenza sonora. E ciò che è stato verificato sperimentalmente con buona approssimazione impiegando degli ultrasuoni contro lastre metalliche immerse in liquidi (33).

Per s grande, cioè con mezzi praticamente illimitati, l'effetto delle riflessioni interne scompare ed il rapporto J_1/J_2 , sempre alle incidenze normali, si approssima al valore $(n + 1)^2/4n$ (e per n piccolo a $1/4n$), che ad es. per il passaggio aria, muro ($n \sim 10^{-4}$) corrisponde ad una trentina di dB di attenuazione. Per il passaggio opposto si sostituisce $1/n$ a n e si ritrova ovviamente lo stesso risultato. Nella muratura l'attenuazione delle onde longitudinali è soltanto dell'ordine di decimi di dB/m. È dunque da prevedere che un grosso muro provochi in complesso un'attenuazione intorno a 60 ÷ 70 dB, quanto basta cioè per estinguere i suoni di livello medio.

Se n è piccolo (passaggio aria — solido) si può trascurarlo rispetto a $1/n$. Se poi è piccolo il rapporto s/λ_2 (tramezzi usuali, frequenze non elevate) nella [23] si può sostituire al seno il suo argomento. Si ottiene quindi (34):

$$\frac{J_1}{J_2} \approx 1 + \left(\frac{\pi s}{n \lambda_2} \right)^2 \quad [24]$$

Ora $\lambda_2 = c_2/f$, mentre $s \rho_2 g = \rho_3 g = M$ è il peso corrispondente ad ogni unità

di area della parete. D'altra parte il secondo addendo nella [24] è dell'ordine di multipli di 10 e l'unità si può trascurare di fronte ad esso. L'attenuazione risulta quindi semplicemente espressa dalla relazione:

$$\alpha \approx 10 \log_{10} \left(\frac{\pi}{g R_1} \cdot f M \right)^2 \approx 20 [-2 + \log_{10} (f M)] \quad [25]$$

essendo R per l'aria intorno a 40 $\text{kg}_m/\text{s}, \text{m}^2$. Per $f = 1000$ Hz

$$\alpha_{1000} \approx 20 [1 + \log_{10} M] \quad [26]$$

Le esperienze confermano, in media, questo andamento teorico, pur dando luogo a valori minori e per di più affetti da irregolarità più o meno pronunciate, specie alle alte frequenze. Come mostra la fig. 18a esse sono mediamente rappresentabili da relazioni del tipo:

$$\alpha = \alpha_1 (1 + \log_{10} M) \quad [27]$$

in cui M è espresso in kg_p/m^2 ed α_1 (relativo a 1 kg/m^2) dipende dalla frequenza e per suoni di media frequenza può essere ritenuto intorno a 12 ÷ 15 dB.

L'efficacia dell'isolamento è valutabile col confronto delle curve di attenuazione con quelle dell'audiogramma nel quale si è fatto coincidere la soglia di udibilità coll'asse a 0 dB. Si constata che alle basse frequenze è sufficiente una minore attenuazione per estinguere il suono (V. Fig. 18 b) e che l'efficacia anzidetta varia caso per caso anche in relazione al campo di frequenze che interessa.

3. - La diminuzione di valore dei dati sperimentali rispetto ai teorici è dovuta sia all'essere le incidenze usuali oblique, sia a fenomeni secondari, trascurati dalla trattazione precedente. In particolare si è trascurato il fatto che la parete, se relativamente sottile rispetto all'ampiezza, può vibrare come una lastra sollecitata dinamicamente. Per tenerne conto si può immaginare che essa, sotto l'azione del suono incidente di frequenza f , vibri oscillando come lo stantuffo di una macchina alternativa. Il Davis (35) trova in tal caso:

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{(r + 2R_1)^2 + \left[\frac{2\pi}{g} f M \left(1 - \frac{f_0}{f} \right) \right]^2}{4R_1^2} \quad [28]$$

in cui r , omogenea con R , è la cosiddetta resistenza di dissipazione della parete, ed $f_0 = \sqrt{g/M}$ è la frequenza naturale di vibrazione del sistema, che si suppone trattenuto elasticamente alla periferia dalla tensione σ per ogni unità di lunghezza. La [28] si riduce alla [24] per r

(35) A. H. DAVIS, « Phil. Mag. », 15, 1933, pag. 309.

trascurabile e per f molto grande rispetto a f_0 . Per $f = f_0$ la risonanza riduce l'attenuazione e giungerebbe ad annullarla se r fosse nullo.

Ma in realtà una parete sottile vibra inflettendosi, e si può inflettere in svariati modi, in dipendenza della sua forma e delle condizioni di sollecitazione e di vincolo.

Ad esempio per una lastra rettangolare di lati a e b , assicurata alla periferia, le frequenze proprie f_n (non più multiple di una fondamentale come per le corde) sono ricavabili dalla formula:

$$f_n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma g}{M}} \cdot \sqrt{\frac{m_1}{a^2} + \frac{m_2}{b^2}} \quad [29]$$

in cui m_1 e m_2 sono numeri interi arbitrari.

Ci si può così rendere conto, almeno qualitativamente, dell'andamento irregolare dei valori sperimentali di α al variare della frequenza del suono incidente.

4. - L'isolamento può essere notevolmente peggiorato da eventuali discontinuità anche se piccole (fori, fessure, ecc.) attraverso le quali il suono passa direttamente al di là della parete; l'ermeticità dei giunti ha quindi in ogni caso grande importanza.

Ad esempio fori di qualche centimetro di diametro possono peggiorare l'isolamento di alcuni dB alle medie frequenze e più ancora alle alte, cioè alle lunghezze d'onda comparabili colle loro dimensioni. Per le pareti costituite da materiali porosi il valore di α cresce con la loro permeabilità all'aria (indice, in genere, della loro porosità) e a parità di condizioni è minore di quello relativo alle pareti compatte. Si possono estendere qui le considerazioni svolte al § II in relazione al fattore di assorbimento.

5. - Buoni risultati si possono ottenere con pareti multiple, a strati alterni di materiale solido e di aria, o di materiali solidi diversi, non rigidamente collegati.

Secondo il Cammerer (36) per uno strato d'aria, il miglioramento, sensibile alle frequenze medie ed elevate, cresce da principio collo spessore dello strato, potendo giungere in media fino a circa 12 dB con un'intercapedine di 10 cm. e va poi decrescendo per spessori maggiori; ma vari fenomeni secondari influiscono sull'efficacia della disposizione.

Il problema della valutazione teorica di α per le pareti multiple è stato affrontato da vari Autori (37) e le conclusioni a cui sono giunti sono utili a titolo di orientamento.

(36) « Ges. Ing. », 1934, pag. 556.

(37) V. ad es. SCHUCH, loc. cit., pag. 86.

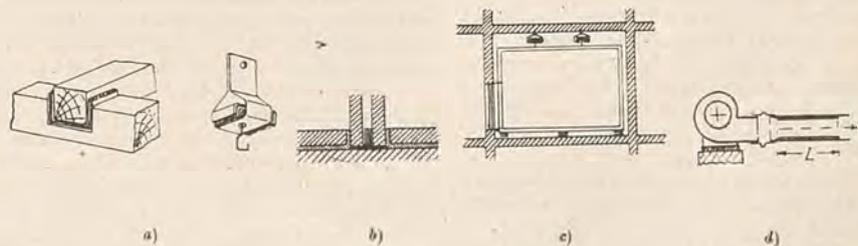


Fig. 23 — Disposizioni di isolamento

(32) Theory of sound, II, 1896, pag. 88.

(33) A. GIACOMINI, « Nuovo Cim. », 1949, pag. 46.

(34) A. SCHUCH (Schalldämmung in Bauwesen, Lipsia 1937, pag. 72) giunge ad una espressione analoga in cui il termine fra parentesi è moltiplicato per il coseno dell'angolo di incidenza.

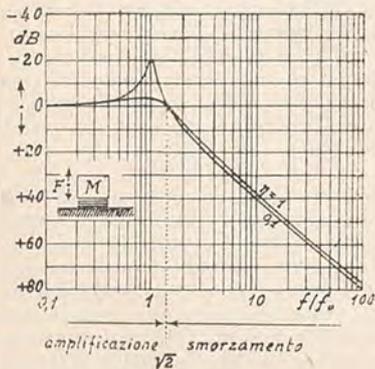
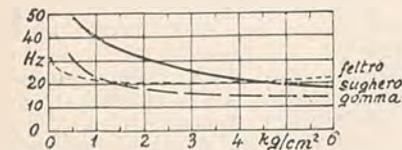
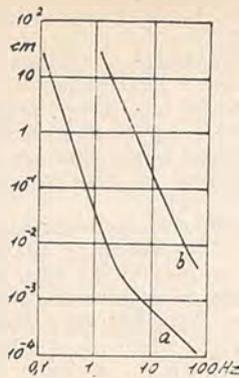


Fig. 24 — Curve di sensibilità alle vibrazioni: a) appena avvertite - b) insopportabili.

Fig. 25 — Frequenze naturali di vibrazione di strati isolanti (spessore 25 mm; superficie > 200 cm²).

Fig. 26 — Smorzamento delle oscillazioni trasmesse da masse vibranti.

Nel caso di pareti composte da n lastre sottili uguali, ciascuna di peso M per ogni unità di superficie, separate da $(n-1)$ intercapedini d'aria di spessore s , si trova che il sistema presenta due campi distinti di funzionamento, di cui il primo è a bassa frequenza (fino a qualche centinaio di hertz) e in esso si verificano $(n-1)$ frequenze di risonanza calcolabili colla formula:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2gcR}{Ms}} \cdot \sqrt{1 - \cos\left(\frac{n-i}{n}\pi\right)} \quad [30]$$

in cui c ed R sono relativi all'aria ed i vale 1 per la frequenza limite superiore, 2 per quella che la precede, ecc.; cosicché il termine sotto la 2^a radice quadrata, per la frequenza limite, vale 1 quando $n=2$ (parete doppia), $3/2$ quando $n=3$ (parete tripla), ecc., e tende a 2 per n grandissimo. In conseguenza α si abbassa al di sotto dei valori corrispondenti alla stessa parete semplice di uguale peso complessivo.

Nel secondo campo, per $f > f_{lim}$, α cresce rapidamente e notevolmente e qui la disposizione manifesta una notevole efficacia, sia pure ridotta in realtà (Vedi fig. 19 b) per effetto delle resistenze di dissipazione, dell'influenza dei collega-

menti fra i tramezzi e dei difetti di tenuta che la teoria trascura. I valori sperimentali di α , che in questo campo crescono, però sempre più lentamente, con n (V. fig. 19 a), migliorano se si riempiono le intercapedini con materiale soffice (ovatta, lana minerale e simili), o anche (V. linea 3_i in fig. 19 b) se si rivestono semplicemente collo stesso materiale i bordi interni di queste intercapedini, disposizione che attenua efficacemente le oscillazioni trasversali dell'aria.

Altri esempi di pareti multiple, ma con parti in muratura, sono illustrati dalla fig. 20.

L'ordine di grandezza dell'isolamento acustico offerto da porte, purché ben costruite e coi giunti a buona tenuta è segnato nella seguente tabella:

porte sempl. comuni	15 ÷ 20 dB
» » pesanti	20 ÷ 30 »
» doppie	30 ÷ 40 »
finestre semplici	15 ÷ 25 »
» doppie	25 ÷ 35 »

Le chiusure imperfette possono dar luogo a peggioramenti fino a 5 ÷ 10 dB.

6. - L'isolamento acustico degli edifici, di cui è nota la grande importanza sociale, non dipende soltanto dall'attenuazione provocata dalle pareti.

Una parte dell'energia sonora ceduta a queste è trasmessa direttamente alle strutture adiacenti e si propaga in esse. Quindi in una serie di vani contigui il disturbo può giungere anche ai più lontani, sia pure via via riducendosi con una legge di tipo iperbolico.

La propagazione sotto forma di onde elastiche longitudinali è ostacolata e rapidamente smorzata se si effettua in materiali cedevoli, siano essi omogenei come la gomma o porosi come il sughero e il feltro; lo smorzamento è invece poco sentito nei metalli e in generale cresce colla frequenza delle vibrazioni.

Ad esempio nel campo delle frequenze acustiche medie lo smorzamento nel ferro è dell'ordine di millesimi di dB per ogni metro, nel legno di centesimi (V. fig. 21) e sale ad alcune centinaia nel feltro ed a migliaia nel sughero (38).

7. - Sul passaggio da un mezzo ad un altro contiguo ha molta influenza il rapporto fra i valori della resistenza acustica R dei materiali a contatto.

In intervalli lontani dalle frequenze di risonanza del sistema l'energia che passa dal primo al secondo materiale attraverso la superficie che li separa cresce in generale col rapporto R_1/R_2 ; di qui la convenienza di usare strati alternati di materiale leggero e cedevole e di materiale pesante e rigido, in modo da combinare lo smorzamento provocato dai primi col l'effetto riducente dei successivi accoppiamenti.

Per i materiali da costruzione più comuni e per alcuni isolanti il nomogramma rappresentato nella fig. 22 fornisce con riferimento alla temperatura ordinaria i valori di R e di c , nonché quello del peso specifico γ e del modulo (adiabatico) di elasticità E . Legati ai precedenti dalle note relazioni: $\gamma = \rho g$; $E = \rho c^2$.

La figura mostra su quali amplissimi intervalli si può contare nelle costruzioni

(38) SCHOCH, loc. cit., pag. 15; C. COSTADONI, «Zeit. techn. Phys.», 1936, pag. 108.

(R va da circa 40 per l'aria, a 10^4 per il sughero a $4 \cdot 10^4$ per il ferro e l'acciaio).

8. - Per attenuare i disturbi acustici provocati da rumori molesti o da suoni troppo intensi provenienti dall'esterno ed ovviare ai relativi fenomeni di mascheramento occorre dunque, quando non sia possibile agire sulla causa che li genera, migliorare da un lato l'attenuazione prodotta dalle pareti e dai serramenti, ostacolare d'altro lato la propagazione delle vibrazioni nelle strutture, interrompendone la continuità con strati di materiale cedevole.

Questi principi pongono problemi costruttivi non semplici e hanno dato luogo a un gran numero di soluzioni differenti.

Molte sono basate sull'impiego di elementi costruttivi ordinari, ma coll'interposizione di strati cedevoli (V. fig. 23 a e 23 b). Particolarmente degne di rilievo le disposizioni adottate per l'isolamento degli auditori radiofonici, nei quali il locale costituisce una specie di grande scatola appoggiata in pochi punti alla struttura portante e col soffitto sospeso mediante ganci elastici (si veda lo schema di fig. 23 c). Le porte, a tripla battuta con guernizioni di gomma, sono doppie e senza collegamenti rigidi; l'assorbimento all'interno è regolabile mediante tendaggi oppure con strisce avvolgibili su rulli. Il ricambio dell'aria condizionata è effettuato a piccola velocità mediante condotti in parte rivestiti con materiale assorbente e muniti di giunti non rigidi.

Se l'origine dei disturbi è nello stesso ambiente che si considera occorre aumentare l'assorbimento fino a ridurre l'intensità J a valori tollerabili. Non è sempre facile raggiungere soluzioni soddisfacenti senza spese eccessive e praticamente risultati di alcune decine di dB sono già considerati notevoli.

È stato rilevato che nelle comuni costruzioni in mattoni l'attenuazione che si produce passando da piano a piano di uno stesso edificio è più che doppia di quella relativa alle costruzioni in cemento armato o in acciaio, se in queste non si adottano adeguate disposizioni di isolamento.

9. - È pure di grande importanza pratica il problema di attutire le vibrazioni provocate da urti ripetuti come quelli dei passi sul pavimento o quelli prodotti in molte lavorazioni. Si tratta in genere di oscillazioni di bassissima frequenza alle quali l'organismo umano (se non l'orecchio, che più non le percepisce al disotto di 16-20 Hz) è sensibile, come mostra la fig. 24, entro certi limiti di ampiezza. Esse inoltre possono danneggiare le lavorazioni di precisione.

Lo studio sperimentale dell'effetto di questi scuotimenti periodici ed il loro smorzamento con vari tipi di strutture è stato eseguito impiegando apparecchi appositi atti a riprodurli. Le pavimentazioni di linoleum e di gomma, l'uso di tappeti, e gli stessi dispositivi prima accennati, si sono dimostrati utili in questi casi.

10. - I rumori prodotti dai ventilatori riguardano principalmente un campo di frequenze dipendente dal loro numero di giri e dal numero di pale delle loro giranti.

La propagazione di questi rumori lungo i condotti di ventilazione può essere ridotta a valori tollerabili adottando giunti di sostanze cedevoli (gomma, tela imper-

meabile) agli attacchi coi ventilatori e rivestendo all'interno un tratto dei condotti stessi con strati assorbenti (Vedi fig. 23 d).

L'attenuazione che si verifica in un condotto di perimetro p e di sezione retta A , rivestito per il tratto L con un materiale avente il fattore di assorbimento α per le frequenze considerate è ricavabile dall'espressione:

$$\alpha = k p L / A \quad [31]$$

In cui k vale teoricamente $a/0,3$. Secondo dati sperimentali di Knudsen k varrebbe invece $a \cdot 1/0,08$, quindi sarebbe più grande del valore teorico, ma crescerebbe più lentamente con a . Per es. per $a = 0,2$ in un condotto a sezione quadrata di lato 1 metro si avrebbero rispettivamente 5,3^e e 3,5 d B/m di attenuazione. È però da notare che si adotta qui un valore di α ricavato in comuni prove di riverberazione e quindi in genere maggiore di quello a incidenze prevalentemente radenti che riguarda questo caso. Si aggiunge che anche qui α è soggetto a variare notevolmente colla frequenza ed a ridursi molto quando, per dimensioni multiple intere di $\lambda/2$, sono eccitati i fenomeni di risonanza.

Si comprende quindi come sia bene scegliere ventilatori a basso numero di giri (poche centinaia al minuto primo), comandarli mediante cinghie di gomma e limitare la velocità dell'aria anche al disotto di un metro al secondo, specialmente in prossimità delle bocche di introduzione.

Meno agevole si presenta lo smorzamento dei rumori che si propagano lungo le tubazioni degli impianti di riscaldamento a circolazione di acqua calda o di vapore.

11. - L'isolamento delle macchine sui loro sostegni si effettua sia rendendone le fondamenta indipendenti da quelle dell'edificio in cui sono collocate, sia interponendo fra esse e il basamento su cui poggiano degli strati o dei tasselli di materiale cedevole come il sughero, il feltro, la gomma e simili. Poichè spesso si tratta di macchine rotanti occorre ovviamente farle funzionare a velocità lontane da quelle critiche (39).

Le avvertenze generali da osservare in queste disposizioni riguardano specialmente la valutazione della frequenza naturale di oscillazione dell'organo molleggiante. Essa è data dall'espressione:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{M}}$$

in cui M è la massa della macchina ed s è la rigidità dell'organo stesso, cioè lo sforzo occorrente per produrre su di esso una deformazione unitaria.

La rigidità non dipende dal carico, almeno entro ampi limiti, per le molle

(39) Per il calcolo di queste velocità si veda il volume del Prof. P. E. BRUNELLI, *Le velocità critiche degli alberi*, recentemente ristampato (Ed. Giorgio, Torino, 1949). Se la freccia statica massima è h (mm)

si ha in molti casi $f_{crit} = \frac{16}{\sqrt{h}}$ Hz.

d'acciaio; cresce invece con esso, come mostra la fig. 25, per gli strati di materiale cedevole. Per questi essa dipende altresì dalla superficie premuta, almeno finchè le sue dimensioni sono piccole rispetto allo spessore. La fig. 25 fornisce direttamente le frequenze naturali per valori relativamente grandi di questa superficie.

Se si indica con η il fattore di dissipazione del dispositivo lo smorzamento (in d B) da esso operato (supposta sinusoidale la forza oscillante) vale

$$10 \log \frac{\left(1 - \frac{f^2}{f_0^2}\right) + \eta^2}{1 + \eta^2}$$

Il fattore η è dell'ordine di qualche decimo per i comuni isolanti e raramente supera l'unità.

Come mostra la fig. 26 si ha smorzamento soltanto per $f/f_0 > \sqrt{2}$, ma occorrono valori elevati di f/f_0 perchè lo smorzamento sia realmente efficace. Ordinariamente la velocità di rotazione della macchina da isolare deve superare di almeno 5 volte il valore corrispondente a f_0 .

Cogli strati isolanti il valore ora indicato dello smorzamento è frutto di una prima approssimazione; trattazioni più approfondite mostrano che si possono verificare successive frequenze naturali per spessori di materiale multipli interi di $\lambda/2 = c/2f$, ciò che può succedere a frequenze elevate e con forti spessori.

Cesare Codegone

L'ASSORBIMENTO DEL SUONO MEDIANTE SISTEMI VIBRANTI

1. — Le caratteristiche acustiche di una sala dipendono dalla sua forma, dalla sua dimensione e dalla qualità dei materiali usati; il comportamento acustico di questi ultimi è definito con la conoscenza del coefficiente di assorbimento e del potere fonoisolante.

Mentre con il primo si precisa l'attitudine posseduta dal materiale per l'assorbimento del suono, il secondo definisce la capacità di un corpo ad ostacolare la propagazione dei suoni e dei rumori da un ambiente ad un altro. Influisce il coefficiente di assorbimento sulla natura del campo sonoro all'interno del locale e quindi, insieme con la forma, è un elemento decisivo per l'acustica di una sala, mentre è con l'uso di appropriati materiali e con la loro messa in opera tecnicamente corretta, che si difendono auditori, teatri, locali di abitazione e qualunque altro ambiente contro i rumori provenienti dall'esterno.

Il progetto dell'acustica di una sala comporta in primo luogo la soluzione di un problema geometrico, nel quale le esigenze connesse con le riflessioni e gli echi determinano la forma della sala in relazione agli ascoltatori ed alla posizione della sorgente sonora. Le riflessioni

e gli echi possono essere entro vasti limiti governati con rivestimenti assorbenti o riflettenti; si offre così al progettista un altro elemento, oltre la forma, su cui poter agire per conseguire lo scopo prefissato. Lo studio geometrico di una sala è legato all'ipotesi di una regolare riflessione secondo leggi ottiche delle onde sonore sulle pareti ed è ben noto fino dall'antichità classica.

A questo aspetto, che si potrebbe dire statico, perchè legato all'esistenza di una onda sonora a regime, fa riscontro un aspetto dinamico, che soltanto da qualche decennio è oggetto di studi e ricerche e con il quale si investiga la natura del campo sonoro proprio nei suoi periodi di variazione. È facile constatare che se si interrompe bruscamente una sorgente sonora all'interno di una sala, la percezione del suono cessa con un certo ritardo: il suono svanisce lentamente corrispondentemente al dissiparsi dell'energia sonora in numerose e ripetute riflessioni sulle pareti.

Questo estinguersi più o meno lento del suono a seconda delle caratteristiche della sala è la parte più interessante del fenomeno della riverberazione (o, come altri preferisce, costituisce la coda sonora),

che dipende, come fu per la prima volta teoricamente e sperimentalmente stabilito all'inizio di questo secolo dal Sabine, oltre che dalle dimensioni della sala, dalle caratteristiche acustiche dei rivestimenti delle pareti.

Pertanto mediante una scelta appropriata del rivestimento delle pareti (ivi compresi il pavimento ed il soffitto) si può influire sulla coda sonora e fare in modo che la caratteristica di riverberazione (esprimente il modo di variare del tempo di riverberazione al variare della frequenza) sia la più appropriata al tipo di sala che si considera.

L'esperienza, oltre che alcuni studi teorici, suggerisce la caratteristica di riverberazione più appropriata per ciascun tipo di sala.

Nelle grandi sale la caratteristica di riverberazione dipende prevalentemente dalle proprietà di assorbimento acustico offerte dalla platea e dalle gallerie occupate dal pubblico: i rivestimenti assorbenti, che è pur necessario usare, servono soprattutto a graduare nella misura desiderata il suono riverberato in rapporto al suono diretto.

Negli auditori radiofonici, nelle sale per ripresa di pellicole sonore o per

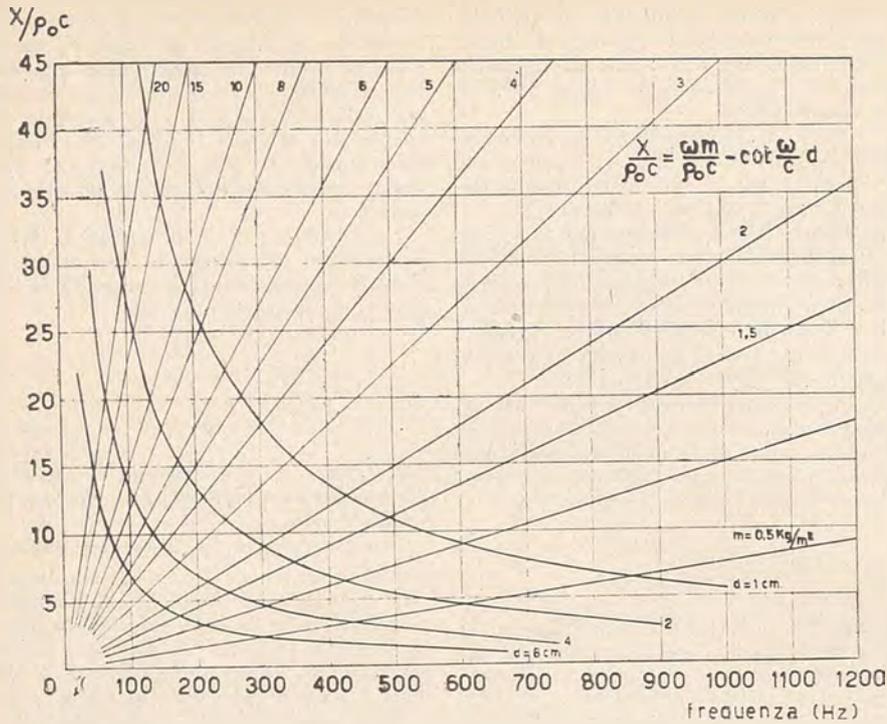


Fig. 1 — Grafico per la determinazione della frequenza di risonanza del sistema lastra (m massa per unità di superficie in kg/m²) - intercapedine dello spessore di d cm.

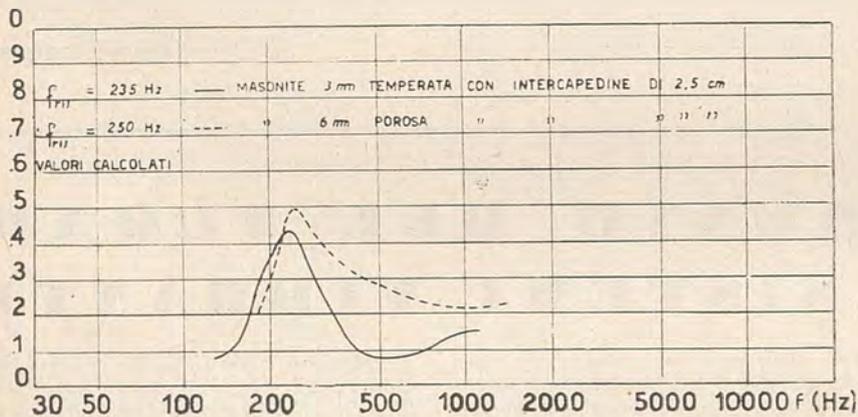


Fig. 2 — Coefficiente di assorbimento di lastre di Masonite su intercapedine dello spessore di 2,5 cm.

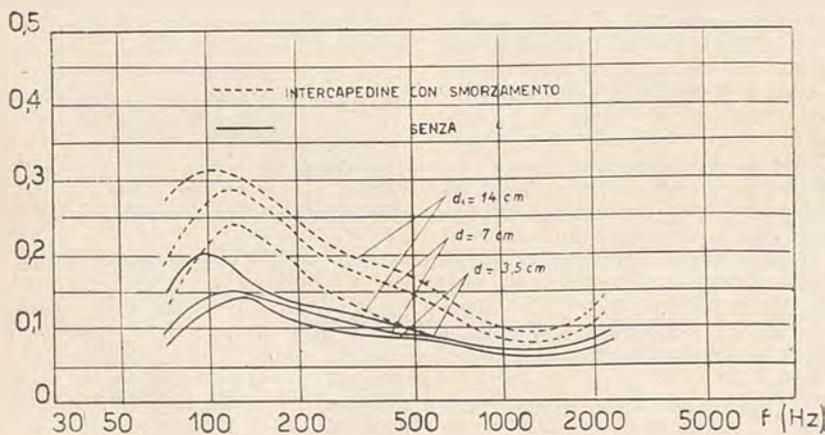


Fig. 3 — Coefficiente di assorbimento di lastre di legno compensato dello spessore di 12 mm su intercapedine a spessore variabile. Lo smorzamento delle oscillazioni nella intercapedine è ottenuto riempiendola di lana di vetro.

incisioni di dischi, il conseguimento di una determinata caratteristica di frequenza è cosa assai più complessa ed anche più impegnativa, in quanto dipende essenzialmente dalle caratteristiche dei materiali di rivestimento delle pareti.

I materiali acustici sino ad oggi maggiormente usati sono quelli di tipo poroso, e di cui un esempio tipico è offerto dalle stoffe, ma proprio per gli scopi acustici vengono attualmente fabbricate lastre o pannelli sia a base di fibre di legno, sia di lana di vetro, sia di materiali granulosi.

Questi materiali hanno tutti un coefficiente di assorbimento crescente con la frequenza e talora anche rapidamente crescente; di più, generalmente essi hanno un coefficiente di assorbimento assai basso per le frequenze inferiori (fino a 500-700 Hz) della banda acustica.

Limitandosi ad usare materiali siffatti per il rivestimento di una sala, si ottiene una caratteristica di riverberazione assai variabile con la frequenza: il tempo di riverberazione diminuisce cioè rapidamente al crescere della frequenza. Vale a dire le riflessioni delle frequenze più alte vengono assai maggiormente e più rapidamente smorzate che non le riflessioni delle frequenze medie od inferiori. Pertanto il suono riflesso dalle pareti risulta assai diverso dal suono ricevuto direttamente dall'ascoltatore: si determina cioè uno squilibrio fra alte e basse frequenze, con alterazione talvolta sensibile delle caratteristiche dei suoni ricevuti.

Si rende pertanto utile la ricerca di rivestimenti il cui coefficiente di assorbimento sia quanto possibile elevato per le frequenze più basse, cioè per quelle frequenze per le quali i corpi porosi hanno un assorbimento troppo modesto.

La ricerca di rivestimenti assorbenti siffatti, oltre che per l'acustica delle sale è altresì necessaria per la riduzione dei rumori in quanto, generalmente nei rumori hanno prevalente importanza le frequenze basse e medie.

Un tipo di rivestimento con il quale si ottiene un assorbimento particolarmente elevato per le frequenze fino a 500 Hz, è ottenuto con i cosiddetti sistemi vibranti.

2. — I rivestimenti vibranti sono costituiti da lastre di legno o metalliche tenute, mediante listelli, a piccola distanza da una comune parete. Il complesso lastra-intercapedine costituisce un sistema che può vibrare sotto l'azione delle onde sonore e nel quale si verifica una dissipazione di energia per effetto dell'attrito interno nella lastra e parzialmente anche nell'aria contenuta nella intercapedine.

Le lastre che vengono usate in pratica hanno dimensioni dell'ordine del metro quadrato (possono essere di forma qualunque) e spessori che vanno da frazioni di millimetro a qualche centimetro a seconda anche del genere di materiale (a seconda cioè se sono di legno, di vetro, di metallo o di altri materiali); esse compiono vibrazioni di flessione e possono considerarsi incastrate o semi-incastrate ai bordi. In aria libera, cioè con le onde sonore che le colpiscono sulle due facce, compiono vibrazioni con frequenza propria al disotto della gamma udibile o poco al di sopra: la massa della lastra costituisce l'elemento inerziale del si-

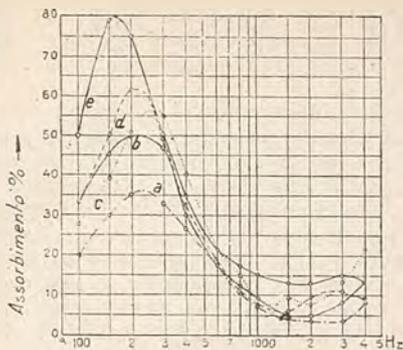


Fig. 4 — Coefficiente di assorbimento di lastre di legno compensato dello spessore di 3 mm, con una intercapedine di 5 cm; a) intercapedine vuota; b) intercapedine foderata ai bordi con ovatta dello spessore di 7 cm; c) fondo della intercapedine ricoperto da un feltro da 1 cm; d) intercapedine foderata ai bordi su due lati con ovatta dello spessore di 15 cm; e) intercapedine completamente riempita di ovatta.

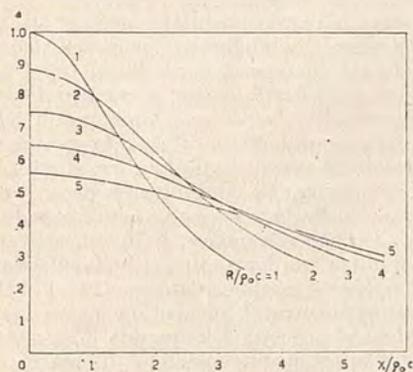


Fig. 5 — Il coefficiente di assorbimento dei sistemi vibranti in funzione del rapporto $R/\rho_0 c$.

stema vibrante, mentre l'elemento elastico dipende essenzialmente dalle condizioni di vincolo al contorno.

Nel sistema lastra-intercapedine l'elemento di massa è sempre costituito dalla lastra, mentre l'elemento elastico è dovuto unicamente all'aria nell'intercapedine. Così, se le dimensioni trasversali della lastra non scendono al di sotto dei 70-80 cm, le condizioni di vibrazione ed in particolare la frequenza propria di vibrazione del sistema lastra-intercapedine non dipendono dalle dimensioni della lastra.

Detta m la massa della lastra per l'unità di superficie e d lo spessore dell'intercapedine (la cui elasticità per unità di superficie risulta uguale a $\frac{\rho_0 c^2}{d}$) la frequenza di risonanza risulta:

$$f_{ris} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_0}{md}} \quad [1]$$

misurando m in kg/m^2 e d in cm. Poiché è $c = 344 \text{ m/s}$ e $\rho_0 = 1.20 \text{ kg/m}^3$ [1] si trasforma nella formula pratica:

$$f_{ris} = 605 \frac{1}{\sqrt{md}} = 55 \sqrt{\frac{120}{md}} \quad [1 \text{ bis}]$$

Alcune semplici applicazioni numeriche della [1] possono servire a mostrare

l'ordine di grandezza delle frequenze proprie ottenibili: con una lastra di legno compensato dello spessore di 12 mm ($8,6 \text{ kg/m}^2$) con una intercapedine dello spessore di 3,5, 7, 14 cm, si calcolano frequenze proprie di risonanza rispettivamente di 110, 77, 55 Hz (fig. 1); in pratica si ottengono valori un po' maggiori per le condizioni di semincastro in cui le lastre vengono a trovarsi.

Il coefficiente di assorbimento delle onde sonore risulta massimo per la frequenza di risonanza, e quindi diminuisce per valori della frequenza maggiori o minori della frequenza di risonanza.

3. — Il sistema lastra-intercapedine costituisce, nell'ipotesi fatta che le proprietà elastiche e geometriche della lastra non influenzino la vibrazione, un sistema vibrante ad un grado di libertà, nel quale vi è un elemento di massa m , un elemento elastico s ed un elemento dissipativo r . La impedenza meccanica di un sistema siffatto è data (con evidente analogia a quella di un sistema elettrico costituito da induttanza, capacità e resistenza in serie) dall'espressione:

$$Z_m = S \left(r + j\omega m + \frac{s}{j\omega} \right) \quad [2]$$

dove S è la superficie della lastra ed ω la pulsazione.

Una espressione rigorosa della componente elastica s è fornita dalla

$$\omega \rho_0 c \cdot \cot \frac{\omega}{c} d \quad [3]$$

che appunto esprime l'elasticità offerta da un tubo di lunghezza d e di sezione retta unitaria; essa risulta funzione crescente della frequenza (corrisponde nella analogia elettrica al caso non usuale di un condensatore di capacità crescente con la frequenza).

Con la [3], la [2] diviene pertanto:

$$Z_m = R + jX = S \left(r + j\omega m - j \rho_0 c \cdot \cot \frac{\omega}{c} d \right)$$

Note le due componenti attiva R e reattiva X dell'impedenza è possibile calcolare il coefficiente di assorbimento (1), il cui massimo si ha quando si annulla la

componente reattiva e cioè quando è soddisfatta la relazione:

$$X = \omega m - \rho_0 c \cot \frac{\omega}{c} d = 0 \quad [4]$$

Soluzioni della [4] si ottengono facilmente mediante il grafico di fig. 1, nel quale sono tracciati, riferiti agli assi coordinati frequenza $f = \frac{\omega}{2\pi}$ ed $X/\rho_0 c$, i diagrammi di $\omega m/\rho_0 c$, con m espresso in kg/m^2 e di $\cot \frac{\omega}{c} d$, con d espresso in cm.

Quando è $\frac{\omega d}{c} \ll 1$, nella [4] sviluppando

in serie la cotangente $\left(\omega m = \rho_0 c \left[\frac{c}{d\omega} - \frac{1}{3} \frac{d\omega}{c} + \dots \right] \right)$ e limitan-

dosi quindi a considerare il primo termine dello sviluppo, si ottiene per la frequenza di risonanza la formula [1] ed [1 bis] già viste. Per la validità di queste ultime deve adunque essere soddisfatta la condizione $\frac{\omega}{c} d \ll 1$, cioè $d \ll \frac{1}{6} \lambda$ il che, con le dimensioni di d praticamente convenienti, è sempre verificato.

Dal grafico di fig. 1 appare chiaro che, allontanandosi dalla frequenza di risonanza, sia per aumento che per diminuzione della frequenza, la componente reattiva, che è uguale all'intercetta fra la retta che corrisponde al valore di m , (massa per unità di superficie della lastra), e la iperbole corrispondente allo spessore d dell'intercapedine, cresce rapidamente e corrispondentemente diminuisce il coefficiente di assorbimento. La caratteristica di frequenza di quest'ultimo ha quindi la tipica forma a campana dei fenomeni di risonanza, ed i sistemi lastra intercapedine sono quindi atti ad assorbire il suono entro una gamma relativamente ristretta: alcuni esempi sono forniti nei grafici delle figure 2, 3 e 4.

(1) Il coefficiente di assorbimento è per definizione: $a = 1 - \left| \frac{Z_m - \rho_0 c}{Z_m + \rho_0 c} \right|^2$, diviene massimo per $X = 0$; il massimo dei massimi si verifica quando contemporaneamente risulta anche $R - \rho_0 c = 0$ (vedi fig. 5).

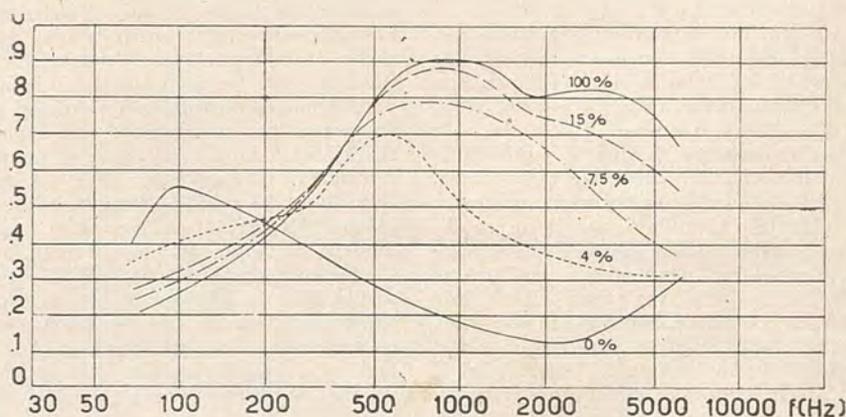


Fig. 6 — Coefficiente di assorbimento di un cuscino di lana di vetro ricoperto da legno compensato dello spessore di 3 mm perforato. È indicata la percentuale di superficie forata. È visibile l'assorbimento per vibrazione quando la lastra non è forata.

L'interesse per questo tipo di rivestimento assorbente sta nel fatto che per le dimensioni che è praticamente possibile dare al sistema, la gamma di massimo assorbimento non supera gli 800-1000 Hz e può viceversa essere facilmente portata ad essere compresa fra i 100 ed i 300 Hz. È per questo motivo che i rivestimenti vibranti, adoperati in unione ai materiali porosi, permettono di compensare lo scarso assorbimento di questi ultimi alle basse frequenze.

Il valore massimo dell'assorbimento dipende da r ed è tanto maggiore quanto più il rapporto $R/\rho_0 c$ si approssima ad uno (fig. 5) come abbiamo già avuto ragione di osservare discutendo la [4]. Sui valori di R sussiste ancora qualche incertezza. L'esperienza dimostra che è possibile ottenere con relativa facilità coefficienti di assorbimento di $0,4 \pm 0,5$, ciò che corrisponde a valori di $R/\rho_0 c$ compresi fra 6 ed 8.

Lauffer al quale si deve un tentativo di misura diretta di R , trova valori intorno a 50-60 $\text{kg}\cdot\text{sec}^{-1}$ deducendoli da misure della durata dello smorzamento delle vibrazioni compiute dal pannello, che determina, sempre per pannelli in legno, intorno a $0,8 \pm 1$ sec per variazioni di 60 dB. Meyer e Furrer trovano invece valori di smorzamento assai minori (intorno a uno-due decimi di secondo) e dai quali si deducono quindi valori di R assai maggiori di quelli di Lauffer, ma non ancora sufficienti a portare il rapporto $R/\rho_0 c$ a valori intorno a $6 \div 8$. D'altra parte rivestimenti vibranti sono stati adoperati con pieno successo in auditori radiofonici, nei quali il tempo di riverberazione è risultato non superiore a 0,4 sec (Furrer), talchè si deve concludere che lo smorzamento delle vibrazioni è veramente molto rapido.

Il rapido attenuarsi della vibrazione, necessariamente connesso ad un elevato valore di R , dovrebbe avere come conseguenza il trovare per la frequenza di risonanza valori apprezzabilmente inferiori a quelli previsti con la [1], che è stata dedotta trascurando l'effetto dello smorzamento. Ciò viceversa non accade. La questione è quindi ancora aperta, ma si può con fiducia utilizzare la formula [1] o la equivalente [1 bis] per il calcolo della frequenza di risonanza, pur senza pretendere di ottenere da essa dei risultati esattamente coincidenti con quelli sperimentali, ma sempre con la sicurezza di ottenere coefficienti di assorbimento compresi fra 0,3 e 0,5.

Un sensibile aumento del massimo dell'assorbimento e soprattutto un allargamento della gamma, si ha disponendo nell'intercapedine un corpo poroso, quale ovatta o lana di vetro.

La spiegazione di questo risultato, a prima vista non del tutto prevedibile, è stata data da Meyer e quindi confermata da Lauffer. Quando è valida la condizione espressa dalla [4], nell'interno dell'intercapedine deve aversi un regime stazionario, con variazioni della sola energia potenziale. Nel fatto si verificano anche oscillazioni in senso trasversale, parallelamente cioè alla lastra. Con il materiale poroso si ottiene un energico

smorzamento di queste oscillazioni e pertanto un aumento dell'assorbimento ed al tempo stesso un allargamento della gamma entro la quale questo si mantiene su valori notevoli. L'esattezza di questa spiegazione è confermata dal fatto che non è necessario riempire tutta l'intercapedine, ma è sufficiente disporre il materiale poroso sui bordi della stessa per uno spessore di alcuni centimetri (ciò che costituisce fra l'altro una sensibile economia). Un esempio del vantaggio così conseguibile appare dai grafici della fig. 3 e specialmente da quelli della fig. 4.

4. — Si tratteranno ora alcuni casi, nei quali le varie modalità con le quali può aversi assorbimento del suono si presentano contemporaneamente.

Vi sono tipi di materiali porosi in pannelli o lastre (quali ad esempio la Masonite, la Faesite, il Populit); disponendo queste lastre a qualche distanza dalla parete, oltre a variare l'impedenza del corpo poroso (con conseguente variazione del coefficiente di assorbimento) si viene ad aggiungere all'assorbimento per porosità quello per vibrazione. È difficile dire in quale misura all'assorbimento totale concorrono i due fenomeni, poichè i vari fattori si influenzano mutuamente in modo assai complesso. In ogni modo quando la lastra di materiale poroso è posta a qualche distanza dalla parete, è sempre presente anche assorbimento per vibrazione: l'entità dipende essenzialmente dalle condizioni di posa, e cioè dalla distanza fra i listelli sui quali la lastra è fissata, dal modo di fissaggio e così via.

Vi sono materiali porosi, quali la lana di vetro, che può essere assunta ad esempio tipico, che mal si prestano ad essere lasciati in vista, e che esigono una copertura che valga a mantenere il cuscino nella posizione desiderata, ad impedirne l'accidentale deteriorazione, e a permettere una decorazione.

Il cuscino di lana di vetro e di altro materiale analogo (ovatta o feltri, sconsigliabili tuttavia per ragioni igieniche) può essere ricoperto con stoffe: si ottiene così un notevole effetto decorativo, mentre l'efficacia fonoassorbente del cuscino è accresciuta dalla stoffa.

Procedimento molto diffuso è anche quello di ricoprire i cuscini di lana di vetro con lastre forate: queste possono essere di legno, metalliche o di stucco. Le lastre debbono essere forate per permettere all'onda sonora di raggiungere il materiale poroso, il cui coefficiente di assorbimento risulta sensibilmente diminuito. (Ciò tuttavia non costituisce un inconveniente perchè i cuscini di lana di vetro sono, soprattutto alle medie ed alte frequenze, più assorbenti di quanto non risulti normalmente necessario). La percentuale di foratura è variabile: va generalmente dal 3 al 15%. Non è conveniente superare il 15%, perchè mentre non si aumenterebbe sensibilmente il coefficiente di assorbimento si verrebbe d'altra parte a diminuire la robustezza della lastra di copertura ed anche a renderne meno gradita la vista. È indifferente la forma dei fori, che sono generalmente circolari, perchè di più facile effettuazione. Con

percentuali di foratura inferiori al 3% il materiale poroso viene poco sfruttato. Tutto ciò è chiaramente visibile nei grafici di fig. 5.

La diminuzione del coefficiente di assorbimento per effetto della copertura con lastra forata è variabile con la percentuale di foratura e con la frequenza. Se i fori sono pochi e di grande diametro (per esempio: da 20 a 30 mm, ed anche più), si può avere sovrapposizione di assorbimento per porosità da parte del cuscino poroso, con assorbimento per risonanza nel risonatore costituito dall'intercapedine, riempita di lana di vetro e dalla lastra.

Una lastra forata con intercapedine d'aria non manifesta assorbimento per vibrazione quando la percentuale di foratura supera il 10% circa (un preciso valore non può essere indicato in quanto ciò dipende anche dal tipo di lastra, dallo spessore e dalle condizioni di posa). Tuttavia possono aversi altri fenomeni di risonanza, determinanti una gamma di sensibile assorbimento quando lo spessore dell'intercapedine è uguale ad un quarto della lunghezza d'onda del suono; per tale frequenza l'aria che si trova nei fori della lastra viene a trovarsi in un ventre di velocità e ne consegue un sensibile assorbimento. Ciò è stato sperimentalmente verificato da Lauffer; si nota la scomparsa dell'assorbimento per vibrazione della lastra (con una intercapedine di 5 e rispettivamente di 10 cm. nel caso di lastra non forata il massimo dell'assorbimento si sarebbe avuto per 225 e 170 Hz rispettivamente), mentre un nuovo massimo si presenta allorché lo spessore dell'intercapedine uguaglia il quarto di lunghezza di onda: nel caso concreto per 1700 e 750 Hz. La lastra ha lo spessore di 3 mm, con fori rettangolari di 2×50 millimetri, con percentuale di foratura dell'11,6%.

5. — In conclusione con un sistema lastra-intercapedine (quest'ultima essendo riempita con un corpo poroso) è possibile attuare vari generi di assorbimento; è tuttavia raro poterli avere tutti contemporaneamente presenti, come non si è sinora riusciti a far sì che, utilizzando i vari modi di assorbimento, il coefficiente di assorbimento, risultasse rigorosamente costante al variare della frequenza.

Nel rivestire una parete è tuttavia possibile suddividerla in zone, assegnare a ciascuna di esse il compito di assorbire soprattutto suoni di una certa frequenza e così ottenere che nel complesso l'assorbimento sia o costante con la frequenza od abbia, sempre in funzione della frequenza, l'andamento preferito.

Il problema di avere un rivestimento assorbente a caratteristica di frequenza preassegnata che non può essere convenientemente risolto con un solo tipo di materiale fonoassorbente, può quindi trovare soluzione con un rivestimento misto: ciò presenta un notevole interesse per sale di qualsiasi tipo, ma una specialissima importanza per gli auditori radiofonici e le sale di ripresa sonora in genere.

Antonio Gigli

I MATERIALI ASSORBENTI

Il progetto acustico di un determinato ambiente consta essenzialmente nella determinazione delle sue caratteristiche geometriche e nello stabilire la natura dei materiali che ne ricoprono le pareti.

La conoscenza delle proprietà di questi materiali di rivestimento è appunto uno dei problemi fondamentali che si pone l'acustica ambientale.

Unitamente a quelle che sono le proprietà acustiche del materiale, dovranno naturalmente essere considerate altre particolarità del medesimo: peso, costo, aspetto estetico, facilità e modalità di installazione, proprietà termiche, possibilità di venir reso microbicamente sterile, e via dicendo.

In questa breve rassegna si esaminerà l'aspetto acustico della questione.

Allo stato attuale delle nostre conoscenze non è possibile in linea di massima e con tutto rigore stabilire una teoria che potremo dire sintetica delle proprietà acustiche di un determinato materiale: in altre parole non si può in generale determinare il coefficiente d'assorbimento da alcune proprietà di carattere fisico quali possono essere la porosità, il peso specifico e via dicendo: anche le teorie più elaborate per spiegare il comportamento acustico di corpi porosi presentano alcuni elementi d'incertezza che non sono ancora stati chiariti.

A volte, in luogo di materiali semplici ed omogenei, si ricorre a strutture più o meno complesse, e in questo caso la teoria può venire in nostro soccorso, determinando l'effetto di una struttura complessa qualora si conosca il comportamento dei singoli componenti.

La valutazione delle proprietà assorbenti di un determinato materiale si fa ricorrendo alla misura diretta in particolari ambienti, appositamente costruiti, denominati camere riverberanti. Sono grandi stanzoni, in genere di forma irregolare, aventi un volume di alcune centinaia di mc, con le pareti molto spesse e pesanti perchè non vibrino e ricoperte di un intonaco molto liscio, che riflette in alta percentuale l'energia sonora. Inoltre deve essere molto curato l'isolamento verso l'esterno.

In Italia l'unica camera riverberante per esperienze acustiche è quella dell'Istituto Galileo Ferraris di Torino, la quale ha un volume di 307 mc, una forma pentagonale (fig. 1-2) e il cui tempo di riverberazione in funzione della frequenza è rappresentato nel diagramma di fig. 3.

Per eseguire una misura si determina dapprima il tempo di riverberazione nella sala vuota, poi, alla stessa frequenza, si determina il tempo di riverberazione quando nella stanza è stato collocato un certo quantitativo del materiale in esame. Dalla misura di questi due tempi si ricava il coefficiente di assorbimento. In fig. 4 vengono riportati i dati del tempo di riverberazione a sala vuota e parzialmente ricoperta, e il conseguente andamento del coefficiente di assorbimento del materiale in esame in funzione della frequenza.

Nell'eseguire questa misura bisogna tener presenti alcuni fatti. Il principio stesso della misura si basa sulle leggi di

Sabine, secondo le quali in un ambiente a pareti eminentemente riflettenti, quale è una camera riverberante, l'energia sonora è uniformemente distribuita in tutto l'ambiente, e al cessare dell'azione della sorgente sonora tale energia decresce con legge esponenziale.

Questi fatti non possono dirsi verificati se l'altoparlante o il sistema di altoparlanti emettono un suono di frequenza costante: infatti si creano nell'ambiente sistemi di onde stazionarie e zone d'interferenza per le quali l'energia sonora non è più uniformemente distribuita. Per far sì che questo avvenga con una certa approssimazione bisogna operare a frequenze molto superiori alle più basse frequenze proprie dell'ambiente: di qui la necessità di ambienti molto vasti per poter ancora eseguire misure alle basse frequenze acustiche. In secondo luogo invece di generare una frequenza pura si emette una miscela di frequenze per cui si riesce ad evitare il fenomeno delle onde stazionarie ed a creare condizioni che si avvicinano a quelle teoriche di Sabine.

Molti studi sono stati fatti sul comportamento delle camere riverberanti per poter dare un preciso significato agli elementi della misura: per dimostrare l'incertezza di queste misure riportiamo in fig. 5 i risultati ottenuti su uno stesso materiale in un ciclo di misure eseguito in Germania nel 1939 da otto laboratori diversi su 10 mq di materiale assorbente: si vede ad esempio che a 1000 Hz il coefficiente di assorbimento varia da 0,3 a 0,9. Di qui la necessità di un esame molto accurato dei vari fattori che intervengono nella misura: si è constatato che il coefficiente di assorbimento così misurato varia col variare della superficie del materiale in prova, e per una prova corretta è necessario poter disporre al-

meno di 10 mq di superficie di materiale. In secondo luogo, qualora la natura del materiale lo permetta, è bene poter distribuire il materiale su più pareti non parallele. Ad esempio in un ambiente riverberante di 157 mc, a 800 Hz, con 5 mq di materiale si otteneva un coefficiente di assorbimento di 0,9; e con 10 mq un coefficiente di 0,7.

Bisogna notare la natura del tutto particolare del coefficiente che si misura in camera riverberante, coefficiente che a ragione alcuni autori chiamano statico: infatti si deve considerare che il suono è diffuso nell'ambiente e quindi colpisce la superficie del campione in esame sotto diversi angoli d'incidenza.

Nello svolgimento dell'acustica architettonica ha assunto da una decina d'anni grande importanza la cosiddetta teoria ondulatoria della distribuzione del suono, teoria svolta dapprima dal Van Den Dongen, e in seguito dalla scuola americana di Morse, Bolt, Maa, ed altri.

Con questa teoria si può apportare un esame approfondito sui fenomeni che avvengono durante la decrescenza del suono in una camera riverberante: malgrado le notevoli difficoltà analitiche che intervengono si può spiegare in modo esauriente il comportamento di questi ambienti, e dare al tempo stesso una giustificazione sui vari e spesso discordanti dati sperimentali trovati.

Nella teoria ondulatoria si deve introdurre il concetto di impedenza acustica del materiale, concetto che viene ad essere semplice e familiare agli elettrotecnici, ma che indubbiamente presenta alcune difficoltà a chi non ha consuetudine con questa disciplina.

L'impedenza acustica di un determinato materiale è un dato che può essere sottoposto a misure dirette, e d'altra

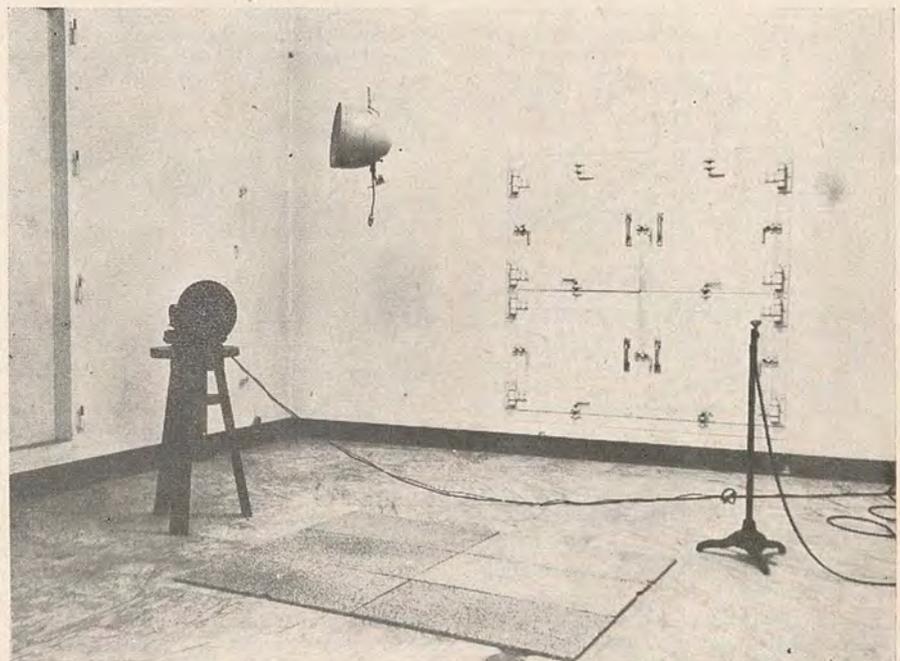


Fig. 1 — Camera riverberante dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale G. Ferraris di Torino.

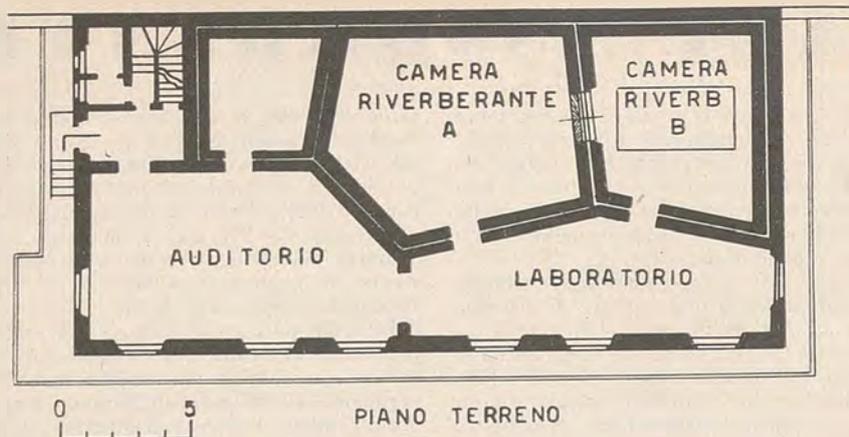


Fig. 2 — Pianta delle camere riverberanti e laboratori annessi dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale G. Ferraris di Torino.

parte è in stretta relazione con il coefficiente di assorbimento per incidenza normale.

L'impedenza acustica è definita come il rapporto complesso fra la pressione del suono alla superficie e la velocità dell'aria normalmente alla superficie, alle immediate vicinanze della superficie stessa. Questa velocità normale è dovuta al movimento della superficie del campione oppure al movimento dell'aria nei pori della parete. In ogni caso si parla di pareti aventi bassa impedenza acustica per materiali morbidi, mentre si ha una grande impedenza quando questi materiali sono rigidi. Dato che si tratta di un rapporto fra quantità complesse, l'impedenza può avere una componente reale ed una componente immaginaria: l'esistenza di una componente reale indica un assorbimento per dissipazione alla superficie del materiale: una impedenza puramente reattiva implica solamente un cambiamento di fase alla riflessione.

Abbiamo già accennato che il coefficiente di assorbimento misurato in una

camera riverberante non è una proprietà intrinseca del materiale, ma un parametro che dipende dalla quantità di materiale e dalla sua distribuzione nell'ambiente. In genere si ha un valore medio, che in pratica può avere una effettiva utilità, ma vogliamo accennare, sia pure brevemente, al modo col quale si può considerare il problema con maggiore precisione e rigore.

Il coefficiente di assorbimento misurato in camera riverberante ha un significato soltanto se tutte le premesse teoriche del Sabine sulla uniforme distribuzione dell'energia nell'ambiente possono essere soddisfatte: sperimentalmente, con diversi artifici, si tende appunto ad avvicinarsi a questa condizione.

Se ricorriamo invece al concetto di impedenza acustica, abbiamo una proprietà intrinseca del materiale, che non dipende dalle condizioni sperimentali. Indubbiamente vi è una certa riluttanza da parte degli ingegneri acustici di adottare l'impedenza come proprietà acustica primaria di un materiale. Si può però prevedere che in futuro, se l'evoluzione dell'acustica architettonica porterà a considerare i problemi con maggior profondità ed estensione di quanto non lo siano oggi, il coefficiente di assorbimento dovrà cedere il passo al concetto di impedenza acustica.

Ad esempio, se noi vogliamo considerare con quale legge si distribuisce il suono in un ambiente parallelepipedo avente una sola parete ricoperta di materiale fortemente assorbente, oppure se si desidera prevedere l'effetto di una intercapedine d'aria interposta fra un materiale assorbente ed una parete rigida, sarà indispensabile ricorrere ai concetti dell'acustica ondulatoria e quindi dell'impedenza acustica del materiale considerato.

Una delle difficoltà che presenta l'adozione di questi nuovi concetti è dovuta al fatto che la misura di impedenza acustica di un materiale è tutt'altro che agevole e fino ad ora non se ne hanno che relativamente poche determinazioni sperimentali.

I metodi di misura sono essenzialmente due: il primo teoricamente molto interessante presenta non poche difficoltà di pratica attuazione. Eccone il principio esposto rapidamente: in un piccolo am-

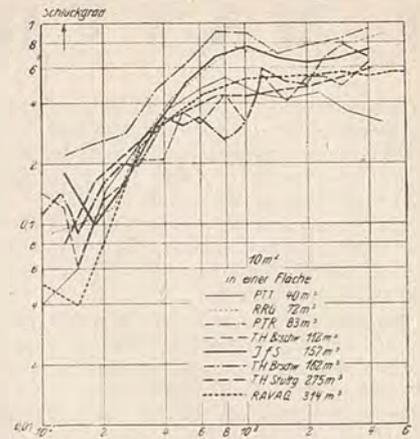


Fig. 5 — Risultati delle misure di coefficiente di assorbimento in funzione della frequenza su una superficie di 10 mq di materiale eseguite in 8 laboratori.

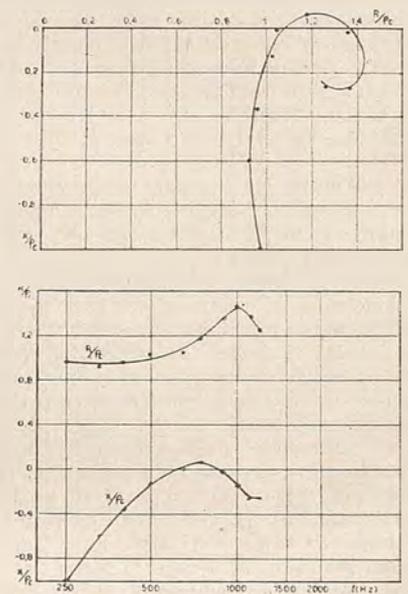


Fig. 6 — Impedenza acustica vettoriale, e andamento delle singole componenti in funzione della frequenza per uno spessore di 12 cm di lana di vetro.



Fig. 3 (in alto) — Tempo di riverberazione della camera riverberante in funzione della frequenza.

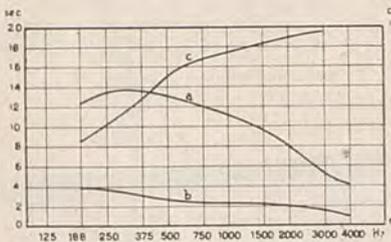


Fig. 4 (in basso) — a) tempo di riverberazione della camera vuota in funzione della frequenza; b) tempo di riverberazione della camera con 10 mq di lana di vetro; c) coefficiente di assorbimento (alpha) della lana di vetro.

teresse della misura sta nel fatto che a seconda della frequenza di risonanza (ricordiamo che una massa gasosa ha una triplice infinità di frequenze di risonanza), il suono incide sul materiale con angoli diversi, quindi possiamo avere la misura dell'impedenza acustica per incidenze anche diverse da quella normale.

D'altra parte questa misura presenta non lievi difficoltà: ad esempio la frequenza va determinata con grande precisione: per ogni dimensione di camera e per ogni frequenza di risonanza (o per meglio dire per ogni modo di vibrazione della massa gasosa) è necessario calcolare un abaco tutt'altro che semplice.

Pochi esempi soltanto si hanno fino ad ora di determinazioni eseguite con questo metodo, ma indubbiamente esso rappresenta un mezzo quanto mai interessante di indagine.

Il secondo metodo di misura, che è quello più largamente adottato è quello del tubo ad onde stazionarie: il principio della misura è il seguente: in un tubo sufficientemente lungo si generano onde stazionarie piane quando il tubo stesso è chiuso dal materiale in esame: dall'entità e dalla posizione dei massimi e minimi di pressione che possono rilevarsi con un microfono mobile si ricavano le due componenti dell'impedenza acustica del materiale di chiusura e quindi anche il coefficiente di assorbimento per incidenza normale. La teoria della propagazione del suono nei corpi porosi ci con-

sente di prevedere quale è l'impedenza per angoli diversi.

La tecnica di queste misure è notevolmente progredita in seguito agli studi di vari autori, particolarmente di Beranek, e le misure si possono eseguire con la precisione di alcune unità per cento. Dato però che le dimensioni del tubo sono limitate non è possibile eseguire misure su strutture complesse, a meno di ricorrere a impianti particolarmente complessi, dei quali se ne sta costruendo uno presso il Laboratorio di Bruxelles.

Un esempio di determinazione di impedenza acustica è dato in fig. 6. Nel diagramma superiore è dato il diagramma vettoriale d'impedenza e inferiormente sono riportate le componenti attive e reattive dell'impedenza in funzione della frequenza, per uno spessore di 12 cm di lana di vetro.

La conoscenza dell'impedenza acustica del materiale è un dato che effettivamente dovrà essere seriamente considerato per definire in modo esauriente le proprietà acustiche del materiale stesso: data però la difficoltà che tale misura presenta, agli scopi pratici ci si deve accontentare della conoscenza del coefficiente di assorbimento, conoscenza sufficiente a risolvere gran parte dei problemi pratici.

Dalla determinazione dell'impedenza acustica si può fare ancora un passo avanti: si ricerca il meccanismo con il

quale un'onda sonora si propaga entro un corpo poroso.

Questa teoria viene svolta stabilendo un'analogia formale fra una linea elettrica a parametri distribuiti ed il corpo poroso in esame: attraverso misure d'impedenza si possono ricavare resistenza ed induttanza in serie equivalenti, capacità e conduttanza in parallelo equivalenti, parametri tutti che hanno poi significati fisici ben precisi, come pure le costanti di propagazione e la velocità di fase. Si è constatato ad esempio che in corpi fibrosi, tipo lana di vetro, od in corpi granulosi, i risultati sperimentali si accordano bene con le previsioni teoriche per quanto riguarda resistenza, capacità e conduttanza, mentre per quanto riguarda l'induttanza ci si trova di fronte ad un divario che non può dirsi ancora spiegato. Come abbiamo accennato da principio lo scopo al quale tende oggi lo studio dei materiali assorbenti omogenei è quello di poterne prevedere le proprietà acustiche, da determinazioni, che potremo dire statiche, di porosità, di densità e di resistenza di efflusso gasoso.

Se la meta non è ancora completamente raggiunta, e questo è dovuto forse alla scarsità del materiale sperimentale finora raccolto, possiamo asserire che il problema è bene inquadrato e già molti punti sono stati completamente chiariti.

Gino G. Sacerdote

ACUSTICA DEGLI STUDI RADIOFONICI

Lo studio acustico degli auditori per radiodiffusione presenta alcune particolarità interessanti, dato che per questi ambienti vengono richieste esigenze molto severe per poter ottenere una grande fedeltà di riproduzione.

Riporteremo brevemente i dati e i concetti che oggi si seguono nello studio e nel progetto acustico di un tale ambiente.

La tendenza attuale è quella di suddividere gli studi in tre categorie:

- 1) Grande studio (da 2000 a 5000 mc, per orchestra sinfonica, grandi cori, solisti con accompagnamento orchestrale);
- 2) Studi medi (da 600 a 1000 mc, per piccole orchestre, musica da ballo, piccoli cori e solisti);
- 3) Piccoli studi (da 200 a 300 mc, per musica da camera).

Da numerosi autori è stato determinato seguendo vari concetti il numero consigliabile di esecutori in funzione del volume della sala: in fig. 1 viene riportato questo dato, il quale pertanto subisce variazioni a seconda degli autori.

Elemento fondamentale del progetto acustico dello studio radiofonico è il tempo di riverberazione: sono state proposte molte formule di carattere empirico o semiempirico che legano il tempo di riverberazione ottimo al volume dell'ambiente. Nel caso degli studi radiofonici la tendenza attuale è quella di attribuire un tempo di riverberazione ottimo più lungo

di quello che veniva attribuito qualche anno fa.

Nei grandi studi per orchestra sinfonica il tempo di riverberazione ottimo dovrebbe variare tra 1,3 e 1,5 secondi, 800 Hz.

Negli studi medi aggirarsi intorno al secondo, mentre nei piccoli studi il tempo di riverberazione ottimo deve essere di 0,6 secondi, sempre a 800 Hz.

Tutta la recente esperienza conferma la legittimità di questi dati, ed il fatto che molta importanza assume l'andamento del tempo di riverberazione in funzione della frequenza (fig. 2). Gli studi costruiti alcuni anni or sono con grande abbondanza di rivestimento in materiali assorbenti, i quali agiscono essenzialmente per porosità, presentavano un tempo di riverberazione molto elevato alle basse frequenze, il che contribuiva a dare un colore cupo e sordo alla trasmissione.

Lo studio di sistemi assorbenti che presentano un elevato assorbimento alle basse frequenze consente di procedere ad una correzione di questo difetto, ed a migliorare notevolmente le qualità acustiche della sala.

Un tipo assai diffuso di tali elementi assorbenti sfrutta le proprietà vibranti di fogli di legno compensato.

Per ragioni che esamineremo più avanti è conveniente dare alle pareti una forma irregolare: in seguito agli studi e all'esperienza di vari autori, fra cui il Nixon si constata la convenienza di

ricorrere a forme cilindriche totali o parziali che simulano colonne.

Semicilindri costruiti in compensato, ed appoggiati alla parete hanno la proprietà di presentare un coefficiente di assorbimento che decresce col crescere della frequenza, come si vede dal diagramma di fig. 3. Se si ricopre questa struttura con un materiale assorbente, tipo stoffa, velluto, che assorbe eminentemente alle alte frequenze, si può creare una combinazione di materiali la quale presenta un assorbimento sufficientemente elevato e abbastanza costante al variare della frequenza.

Anche i fogli di legno compensato piani tenuti ad una certa distanza dal muro presentano notevoli proprietà assorbenti alle basse frequenze: se nell'intercapedine si dispone una certa quantità di lana di vetro si può desare l'insieme in modo tale da ottenere un assorbimento variabile a volontà entro certi limiti in funzione della frequenza.

Il problema quindi che si presenta al progettista è quello di scegliere una opportuna combinazione di materiali affinché al tempo stesso il tempo di riverberazione dell'ambiente si approssimi a quello ottimo e soprattutto la curva di frequenza segua l'andamento desiderato.

Si può purtroppo affermare che in linea di massima la conoscenza delle proprietà dei singoli materiali non è sufficiente a predeterminare l'entità e

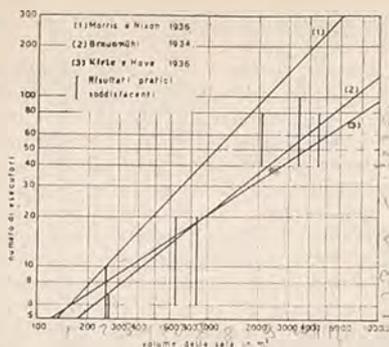


Fig. 1 — Numero degli esecutori in funzione del volume della sala.

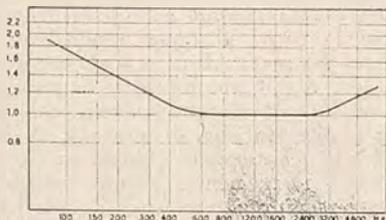


Fig. 2 — Tempo di riverberazione ottimo in funzione della frequenza.

l'andamento dell'assorbimento di una combinazione di essi. Solamente l'esperienza diretta può dare quei risultati attendibili i quali potranno essere utilizzati nell'effettiva esecuzione dell'ambiente. Comunque però i numerosi dati che oggi sono a disposizione degli studiosi possono già offrire un orientamento molto utile in sede di progetto.

Un nuovo elemento, oltre il tempo di riverberazione, che deve essere preso in considerazione nello studio acustico di un auditorio è la diffusione del suono che deve sussistere nell'auditorio stesso.

Questo elemento è di grande importanza pratica: infatti, nei vecchi auditori, eminentemente sordi ed assorbenti si andava incontro a due inconvenienti: il direttore d'orchestra aveva una sensazione alterata dell'esecuzione, e in secondo luogo rendeva necessaria per la trasmissione la presa microfonica con molti microfoni, le cui uscite venivano poi dosate, operazione questa che richiede al tempo stesso una abilità tecnica ed una sensibilità artistica che non è facile riscontrare in uno stesso individuo.

Se invece il suono viene uniformemente diffuso nell'ambiente, non ha più importanza la posizione del microfono nell'ambiente stesso, e quindi il numero dei microfoni può essere notevolmente ridotto, a volte limitato ad un solo microfono panoramico con conseguente notevole vantaggio e semplicità nella trasmissione.

Sono a questo proposito molto significative le esperienze eseguite dalla B. B. C.: questo ente ha attrezzato due studi di dimensioni eguali ed inizialmente trattate acusticamente nello stesso modo. La fig. 4 rappresenta schematicamente questi studi. La sola differenza consiste nella forma dei contorni apparenti: lo studio n. 2 è costruito con un profilo di pareti a forma di denti di sega; lo studio n. 3 è di sezione rettangolare.

Il tempo di riverberazione è sensibilmente eguale per i due studi, tuttavia il paragone diretto fa rivelare un carattere di riverberazione diverso nei due ambienti. Lo studio con pareti piane dà l'apparenza di una durata di riverberazione maggiore mentre lo studio a denti di sega attenua l'impressione spaziale: l'esperienza dimostra quindi che l'orecchio non è sensibile soltanto alla durata della riverberazione ma anche all'andamento con il quale il suono decresce, in modo particolare durante i primi millisecondi di smorzamento.

Come abbiamo già accennato la tecnica recente prevede negli studi superfici convesse, in generale cilindri, a volte anche sfere. In questo caso le interferenze tra i suoni diretti e suoni riflessi sono notevolmente attenuate e la ripartizione del suono è notevolmente più omogenea.

Altro elemento interessante il progetto di uno studio è la distribuzione lungo le pareti e sul soffitto dei materiali assorbenti. La teoria della riverberazione è basata sulla ipotesi di una distribuzione omogenea dell'assorbimento alle superfici dell'ambiente in esame. In ogni caso il tempo di riverberazione non dovrebbe dipendere dalla distribuzione del materiale stesso.

Un esame più accurato della questione ha portato alla conclusione che per studi di non grandi dimensioni è bene distribuire i vari materiali assorbenti in modo non uniforme, allo scopo di agevolare la diffusione del suono entro l'ambiente, con effetti analoghi, seppur non così efficaci, a quelli che si ottengono attribuendo irregolarità geometriche alle pareti della sala.

L'uniforme distribuzione del suono, ossia la diminuzione dell'effetto dovuto alle interferenze per onde stazionarie, non è allo stato attuale della tecnica un elemento sul quale si possono eseguire misure precise. In genere si seguono due concetti: si registra a un microfono il suono emesso da un altoparlante, restando il microfono in posizione fissa e variando la frequenza del suono emesso. Oppure, con procedimento più esatto, si registra il suono di una determinata frequenza emesso dall'altoparlante muovendo il microfono lungo determinate linee, ad esempio lungo gli assi principali della sala. In questi due casi si hanno registrazioni che comportano massimi e minimi, il cui rapporto tende a diminuire quando il suono si diffonde maggiormente nell'ambiente.

Comunque non sono ancora stati definiti quei metodi che consentono di valutare la diffusione del suono in un determinato ambiente e valutarne quindi le proprietà sotto questo importante punto di vista.

Un problema che si presenta a volte nel progetto di uno studio di radiodiffusione, è quello della presenza del pubblico per cui bisogna ricorrere ad alcuni artifici per consentire una buona udibilità anche agli ascoltatori: in generale si ha la tendenza di rendere notevolmente assorbente la parte della sala occupata dal pubblico, col vantaggio fra l'altro di attenuare i rumori generati dal pubblico stesso.

Un elemento di giudizio molto importante è ancora l'esame delle curve di de-

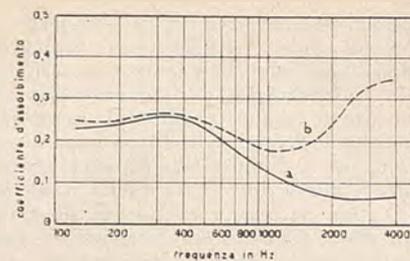


Fig. 3 (in alto) — Coefficiente di assorbimento di unghie cilindriche di compensato: a) compensato non ricoperto; b) compensato ricoperto di sughero vellutato.

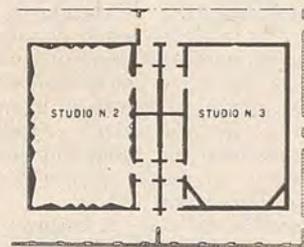


Fig. 4 (in basso) — Studi sperimentali della B.B.C.

cremento del suono, ossia di quelle curve nelle quali il logaritmo dell'intensità sonora è registrato in funzione del tempo. Quando registriamo in un auditorio l'andamento del suono riverberato, ossia l'andamento dell'intensità sonora dopo che è cessata l'emissione della sorgente, se la sala ha un comportamento regolare, otteniamo una retta. Invece, ad esempio, per effetto di una irregolare distribuzione dei materiali assorbenti, possiamo registrare una spezzata, che è indice di irregolarità di comportamento.

Da questi pochi cenni possiamo concludere che il problema dell'acustica di uno studio di radiodiffusione viene ad essere oggi considerato sotto un punto di vista più ampio di quanto non lo fosse soltanto pochi anni or sono: la considerazione della diffusione del suono, consente di portare i tempi di riverberazione ad un livello maggiore, dando così maggior brillantezza e naturalezza alla trasmissione. L'andamento in funzione della frequenza del tempo di riverberazione è pure un elemento fondamentale, e questo andamento varia a seconda del tipo di musica che si deve trasmettere: il dosaggio di queste curve è oggi reso possibile ricorrendo all'assorbimento dovuto ad elementi vibranti, come ad esempio fogli di legno compensato.

Infine una cura particolare bisogna attribuire alla disposizione dei materiali assorbenti per tener conto delle esigenze della trasmissione e del pubblico. Non è quindi più sufficiente la semplice determinazione del tempo di riverberazione per poter giudicare della bontà di un ambiente dal punto di vista acustico, ma numerosi altri elementi devono concorrere al giudizio che si deve formulare.

Negli auditori della R. A. I. di Torino sono stati rifatti alcuni auditori seguendo questi concetti, e la pratica ha dimostrato che si sono potuti avere effettivi e sensibili miglioramenti nella qualità della trasmissione in essi effettuata.

Gino G. Sacerdote

Volte riflettenti per grandi auditori

1. — Nei grandi auditori al crescere delle dimensioni al di là di 50 + 60 m, diviene sempre più difficile far conto sull'uniformità del suono diffuso per effetto della riverberazione, che va anzi ridotta, accrescendo l'assorbimento, per mantenere buone condizioni di udibilità. Anche gli artifici fondati su irregolarità di forma e di posizione delle pareti diminuiscono la loro efficacia, almeno finché non si ricorra a impianti adeguati di diffusione elettroacustica, i cui difetti, dal punto di vista musicale, sono peraltro noti.

Può allora manifestarsi l'opportunità di ricorrere ad adatte superfici riflettenti che guidino, in certo modo, il suono dalla sorgente agli ascoltatori più lontani. Tale opportunità è poi evidente negli auditori all'aperto, soggetti a grandi disuniformità sonore.

Il problema è stato affrontato in vari modi. Qui se ne esamina una particolare soluzione, impiegabile per piante a ventaglio, che utilizza per la riflessione guidata, in tutto o in parte, la copertura della sala, lasciando libere le superfici laterali per l'eventuale produzione del suono diffuso.

2. — La sensazione uditiva dipende dalla intensità energetica del suono (J), definita per le onde progressive come l'energia sonora per ogni unità di area che investe nell'unità di tempo un elemento di superficie disposto «normalmente» alla direzione di propagazione (1).

La corrispondenza fra queste due grandezze è posta in evidenza dagli audiogrammi.

Richiedere quindi che i vari ascoltatori in un grande auditorio si trovino in uguali condizioni di udibilità significa, in primo luogo, richiedere che per uno stesso suono emesso dalla sorgente sia eguale l'intensità energetica nei vari punti della zona occupata dagli ascoltatori stessi (2).

E poichè l'intensità del suono diretto (J_d) decresce colla distanza dalla

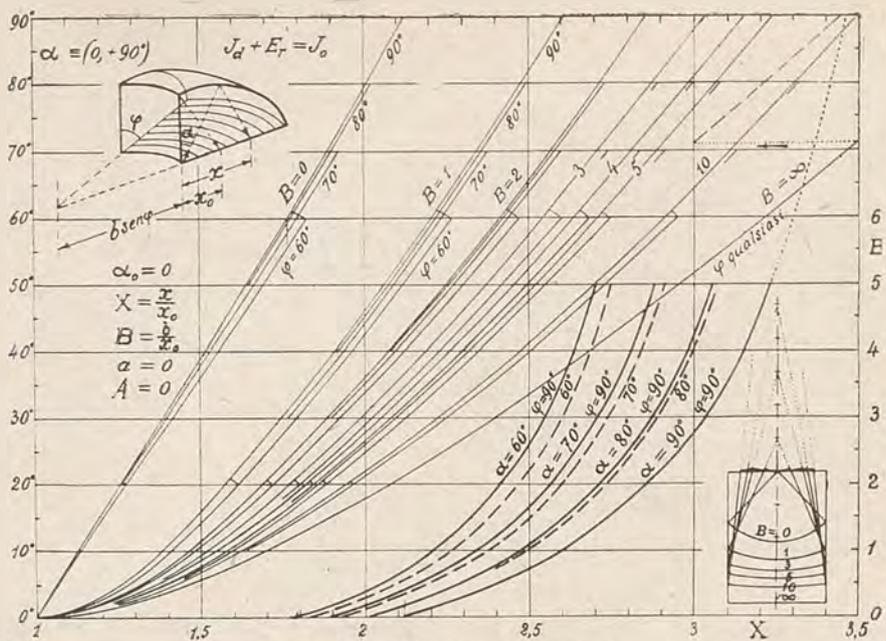


Fig. 2 - Volte riflettenti per locali chiusi.

sorgente, occorrerà, per soddisfare tale esigenza, compensare la diminuzione con una intensità crescente prodotta o mediante suoni riflessi da superfici opportunamente collocate (J_r) o in altro modo.

Indicando con J_0 l'intensità totale che si vuole mantenere costante, la condizione posta equivale dunque a scrivere:

$$J_d + J_r = J_0 \quad [1]$$

La soluzione del problema dipende principalmente dal tipo della sorgente e dalle superfici interessate al fenomeno ed è, in generale, di estrema complessità (3).

In casi di pratico interesse, e per ciò che si riferisce ai suoi effetti a notevole distanza dalla sorgente, questa può essere talvolta approssimativamente ritenuta lineare, uniformemente vibrante (4) e con indicatrice di emissione uniforme, mentre d'altro canto ci si può limitare a considerare riflessioni regolari semplici, supposte ampie, continue e di assorbimento non selettivo.

In fig. 1 si è supposto che la sorgente O fosse curva ad arco di cerchio di raggio b e di centro C , e che le superfici riflettente e ricevente fossero generate per rotazione attorno all'asse CC' dei profili rispettivamente passanti per V e

(3) Cfr. E. PETZOLD «Zentralblatt d. Bauverwaltung», 1931, pag. 332; Prof. A. SELLERIO, «Politecnico», 1934, pag. 340; E. LORENZELLI, *ibid.*, 1937, pag. 183; L. QUAGLIATA, «Architettura», 1936, pag. 276.

La determinazione della forma della superficie ricevente è legata a questioni di visibilità, prima che di distribuzione uniforme della E diretta, per riguardo alla quale, si giunge ai profili a lemniscata per $B=0$, ed ai profili cilindrici a sezione circolare per $B=\infty$.

(4) Cioè coi suoi elementi vibranti in fase, con la stessa ampiezza e con la stessa legge.

(5) I casi relativi a sorgenti puntiformi e rettilinee con $A=0$ sono già noti. Cfr. E. LORENZELLI, «L'Architettura Italiana», 1942, n. 7, pag. 35. Il teatro Reposi di Torino, progettato dall'Ing. Lorenzelli su pianta rettangolare, è appunto basato su questi principi.

(6) Ringrazio l'Ufficio calcoli numerici del Politecnico di Torino che ha cortesemente eseguito una parte dei calcoli necessari per il tracciamento delle figure.

(1) Se un'onda sonora di intensità J investe un elemento di superficie obliquamente, sotto l'angolo di incidenza j , l'energia che vi giunge per ogni unità di area e di tempo vale ovviamente $E = J \cos j$. La grandezza E è qui per il suono l'analogo dell'illuminamento per la luce e l'analogo può essere utilizzata anche in problemi di illuminazione. Cfr. C. CODEGONE *Le volte luminose*, «L'Ingegnere», n. 2, 1940. Riguardo al problema acustico la presente nota è il completamento di altra apparsa su «L'Ingegnere», n. 10, 1946.

(2) Occorre poi che in tutta la zona sia uguale il timbro del suono; che siano evitati echi, interferenze o altri disturbi.

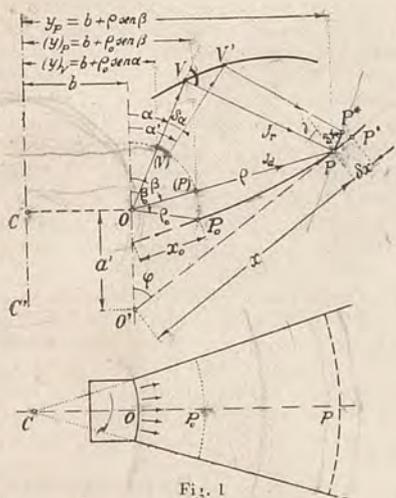


Fig. 1.

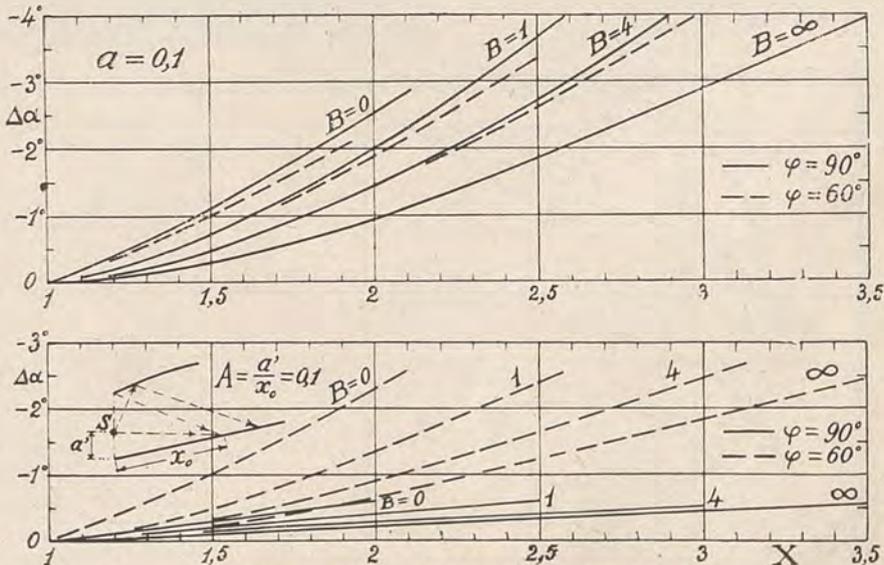


Fig. 3, in alto — Influenza dell'assorbimento. Fig. 4 (in basso) — Influenza dell'altezza della sorgente.

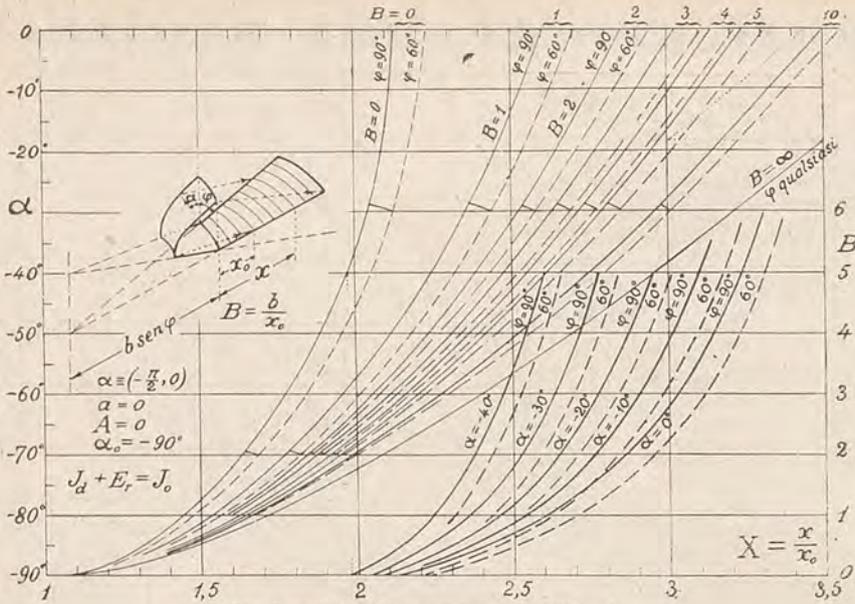


Fig. 5 — Volte riflettenti per teatri all'aperto.

per P. È allora facile scrivere altre due relazioni fra le intensità già legate dalla [1].

Colle notazioni della figura fra le intensità dirette J_d a distanza ρ ed J_o a distanza ρ_o (supposto trascurabile l'assorbimento del mezzo) si ha anzitutto:

$$\frac{J_d}{J_o} = \frac{(y)_P}{y_P} \cdot \frac{\rho_o^2}{\rho^2} \quad [2]$$

relazione che si riterrà approssimativamente valida per $\rho > \rho_o$ limitatamente alla zona a ventaglio segnata in pianta sulla figura.

D'altra parte esprimendo che l'energia emessa entro un piccolo angolo $d\alpha$, dopo parziale assorbimento e regolare riflessione in V, incide sull'elemento di superficie di profilo dx , si ha:

$$\frac{J_r}{J_o} = \frac{(y)_V}{y_P} \cdot \frac{\rho_o d\alpha}{dx \cdot \cos j} (1-a) \quad [3]$$

e quindi ponendo $dx_n = dx \cdot \cos j$, dalla [1], si ricava:

$$dx_n = (1-a) \frac{(y)}{y_P} \frac{(y)_P}{\rho_o} \frac{d\alpha}{\rho} \quad [4]$$

dove con a si è indicato il fattore di assorbimento apparente della superficie riflettente.

Passando dai differenziali dx e $d\alpha$ ai piccoli incrementi finiti δx e $\delta \alpha$ la [4] si presta ad eseguire una costruzione grafica abbastanza semplice. Nota la superficie per P e il punto V corrispondente a P dalla [4] si può infatti ricavare δx_n corrispondente a $\delta \alpha$, e portandolo in PP* normalmente a VP si può determinare il secondo punto V' della superficie riflettente come intersezione del raggio OV', inclinato di $\delta \alpha$ sulla OV, e della bisettrice esterna dell'angolo PVO. Si rilevano allora i nuovi valori delle coordinate ρ ed y , corrispondenti a V', e si può continuare nel tracciato.

Dal punto di vista analitico, ricordando che $\rho \sin \beta = x \sin \varphi$ e introducendo i parametri adimensionali:

$$X = x/x_o; \quad A = a'/x_o; \quad B = b/x_o;$$

$$R = \rho/x_o; \quad m = \sin \varphi / \sin \beta_o$$

funzioni delle coordinate x_o , ρ_o , e β_o del punto P_o a partire dal quale si vuole

effettuata la compensazione delle intensità diretta e riflessa, dal sistema delle [1], [2], [3] si ottiene la seguente equazione che lega le coordinate del punto generico P all'angolo α che gli corrisponde.

$$\left(B + X \sin \varphi - \frac{B + \sin \varphi \cdot \sin \beta}{\sin \beta_o} \cdot \frac{\sin \alpha}{X} \right) dX_n = m(1-a)(Bd\alpha + m \sin \alpha d\alpha) \quad [5]$$

Se la generatrice della superficie per P è rettilinea (φ costante) e se si può ritenere che l'angolo di incidenza j rimanga nella zona utile sempre abbastanza prossimo a 0° (quindi $dx_n = \sim dx$; $J_r = \sim E_r$) l'integrazione della [5] fornisce:

$$B \left| X \right|_1^x + \frac{\sin \varphi}{2} \left| X^2 \right|_1^x - m(B + \sin \varphi) \cdot \left| \log_e (X - A \cos \varphi + R) \right|_1^x = (1-a)m \left(B \left| \alpha \right|_{\alpha_o}^{\alpha} - m \left| \cos \alpha \right|_{\alpha_o}^{\alpha} \right) \quad [6]$$

A titolo di esempio la soluzione della [6] per sale chiuse è indicata in fig. 2 per i casi particolari in cui essendo $a=0$ (assorbimento nullo), $\alpha_o=0$ (P_o corrispondente alla direzione verticale di emissione), $A=0$ (superficie ricevente passante per O) sia inoltre rispettivamente $B=0$ (sorgente puntiforme); $B=1$; $B=2, \dots, 10$; $B=\infty$ (sorgente rettilinea, sala rettangolare) [7], mentre φ assume successivamente i valori $90^\circ, 80^\circ, 70^\circ, 60^\circ$.

Le figg. 3 e 4 forniscono le correzioni, relativamente modeste, da apportare ad α per tener conto dell'influenza rispettivamente dell'assorbimento (si è posto $a=0,1$) e della eventuale sopraelevazione della sorgente rispetto al piano utile (è trattato il caso per cui $A=0,1$).

Un'altro esempio di soluzione della [6] è indicato nella fig. 5 e riguarda le superfici riflettenti per auditori all'aperto, da porre quindi dietro alla sorgente [6]. Le X più grandi forniscono il maggiore raggio d'azione di queste soluzioni che va da 2,12 per $B=0$ a 3,94 per $B=\infty$.

Il fascio di curve X, B possono servire per le interpolazioni.

Ovviamente l'integrazione della [6] può limitarsi ad angoli minori di quelli compresi fra 0 e 90° o fra 0° e φ qui trattati e la volta può essere composta di più profili relativi a φ differenti (superfici di platea e di gallerie).

I profili così ricavati, e la fig. 6 ne mostra alcuni sovrapposti, dipendono da parametri adimensionali, quindi possono assumere grandezze differenti in relazione alla lunghezza che si attribuisce al segmento x_o , il cui limite superiore, corrispondente alla formazione di echi, si trova imponendo che la differenza tra il maggior tragitto riflesso e quello diretto che gli corrisponde non superi una ventina di metri.

La condizione è più restrittiva per gli auditori all'aperto pei quali la distanza della volta da 0 non deve superare i 10 metri. Per le sale chiuse x_o può giungere a una trentina di metri, cadendo la verifica nel primo tratto poco curvo, e talora inflesso, della volta.

Cesare Codegno

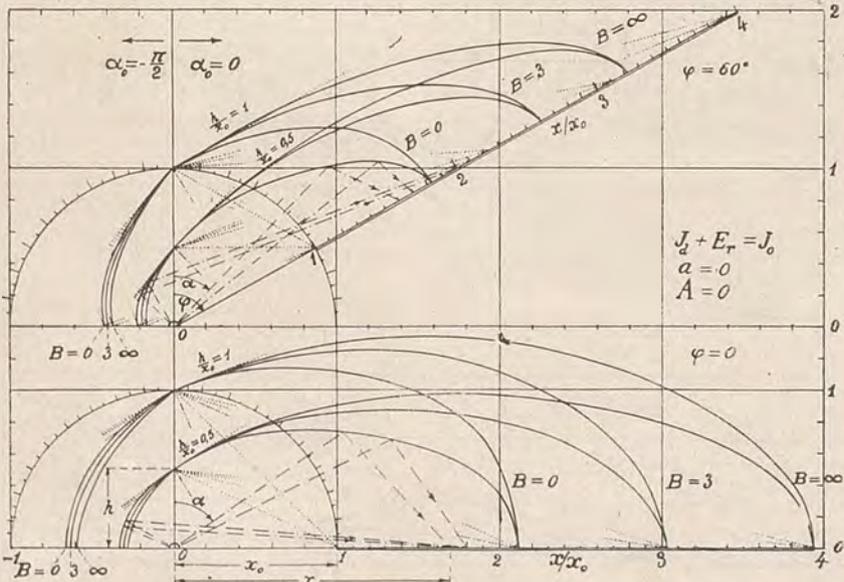
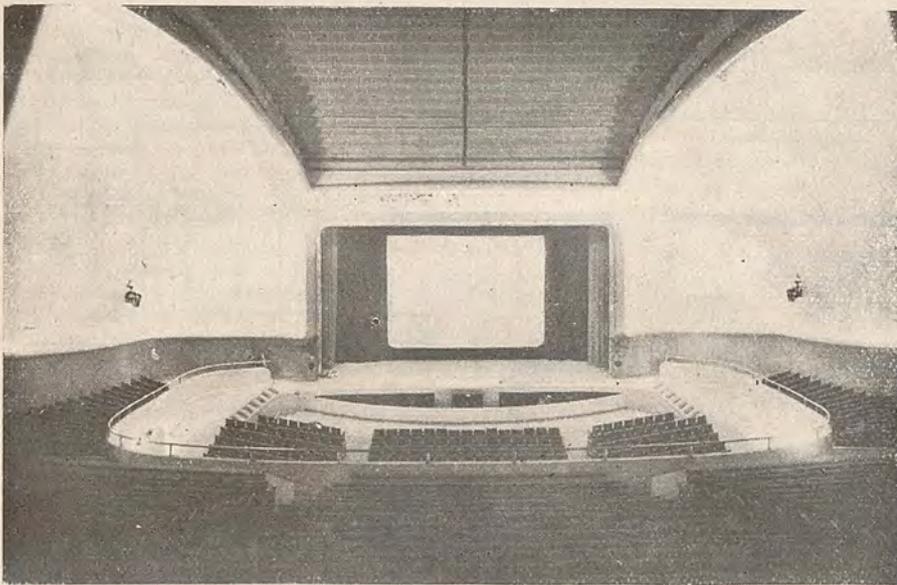
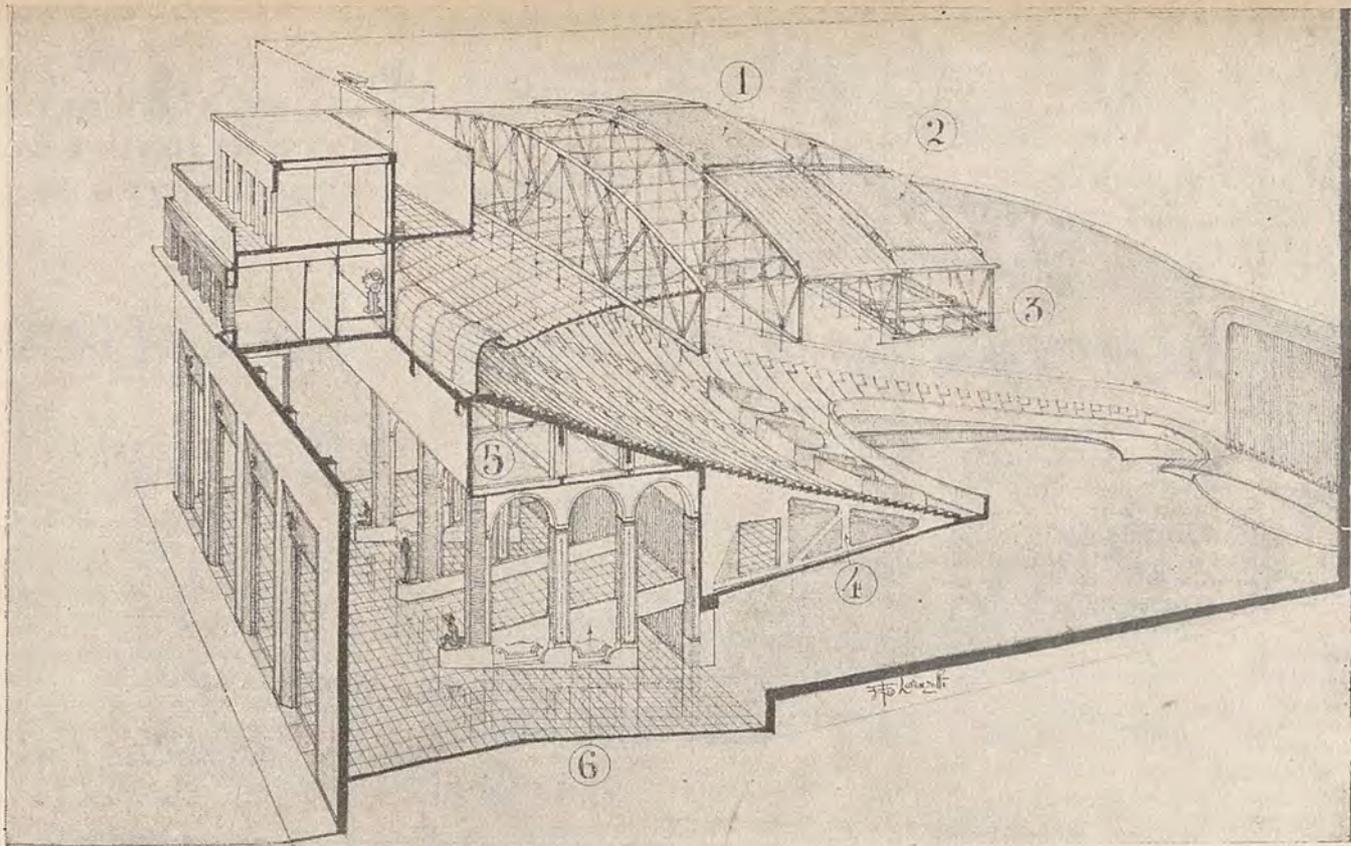


Fig. 6 — Profili di volte riflettenti.



DATI RELATIVI ALLA COSTRUZIONE DEL CINE TEATRO "REPOSI,"

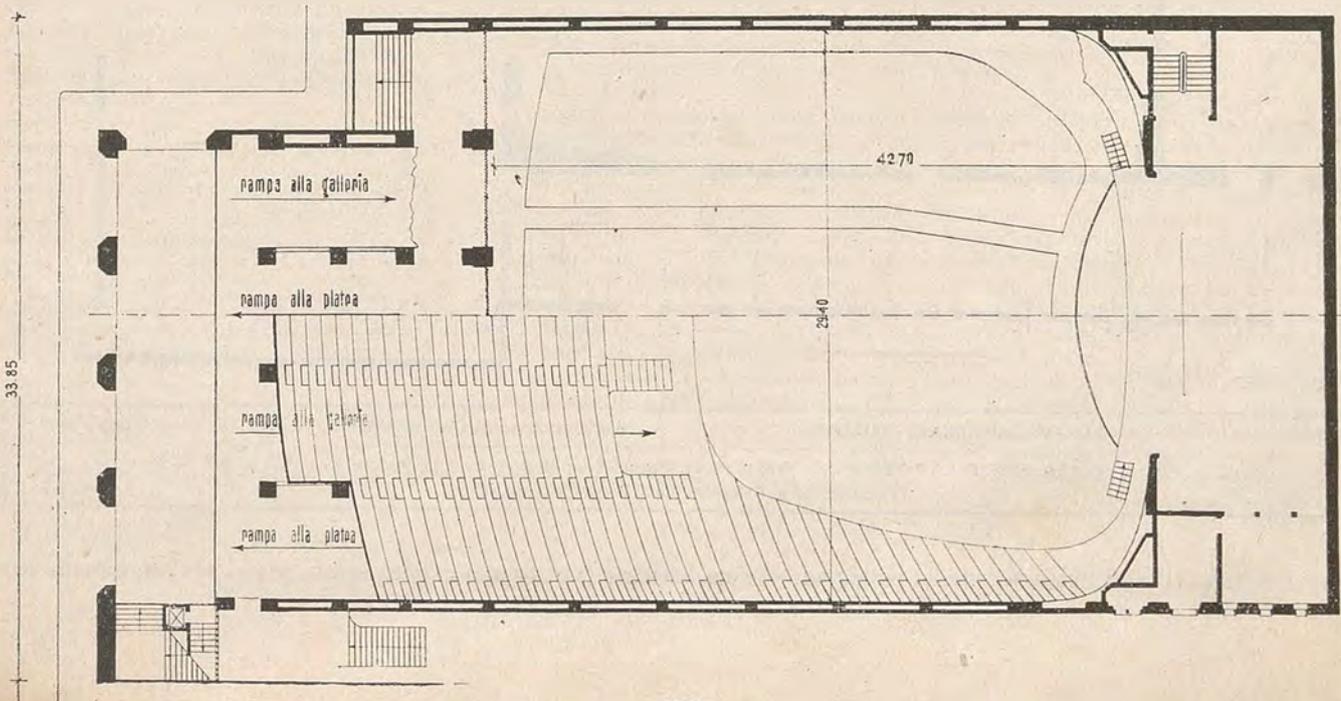
Progettista : prof. ing. EZIO LORENZELLI,

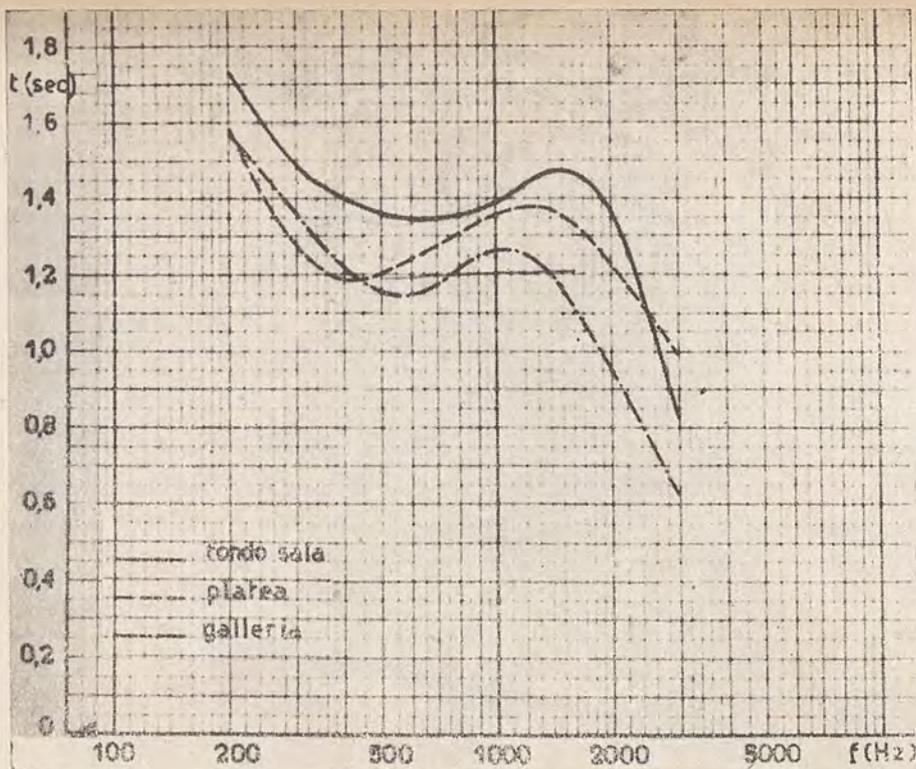
Costruito dall'Impresa CEBI degli Ingg. BENAZZO (Torino).

Dimensioni principali : larghezza m. 29,40; lunghezza m. 63,30; altezza media circa 18,00 m.; cubatura della sala circa 20.000 mc. Posti a sedere : 3000.

Inaugurato nel dicembre 1947.

Nella sezione prospettica: 1) Copertura scorrevole in sito. 2) La medesima spostata lateralmente. 3) Soffitto speciale ad alette girevoli di 180° presentanti la faccia riflettente per le rappresentazioni teatrali e quella opposta assorbente per quelle cinematografiche sonore (le pareti laterali della sala sono riflettenti). 4) e 5) Struttura portante in c. a. della galleria. 6) Rampe ascendenti di accesso della galleria, affiancate da quelle discendenti alla platea.





DATI RELATIVI ALLA COSTRUZIONE DEL "TEATRO NUOVO,,

Progettista: dr. ing. ROBERTO BISCARETTI DI RUFFIA;

Consulente per l'acustica: prof. ing. ANTONIO GIGLI

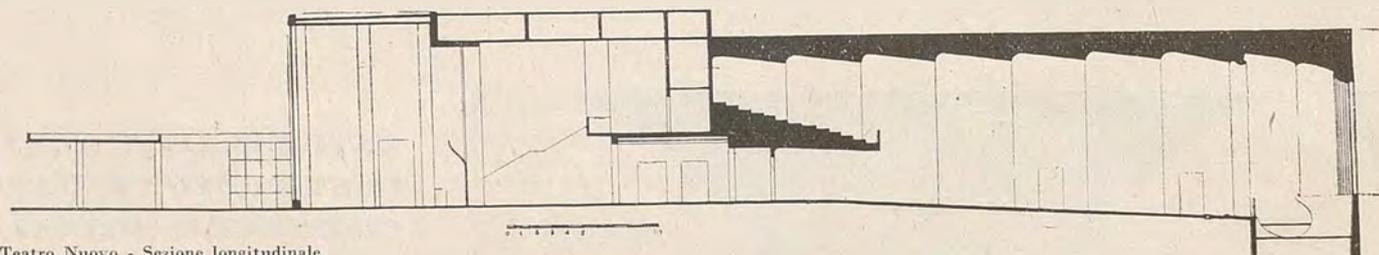
Impresa: Ing. NERVI E BARTOLI, Roma.

Dimensioni principali: larghezza m. 25,00; lunghezza m. 38; altezza 11. Cubatura della sala circa 10.000 mc.

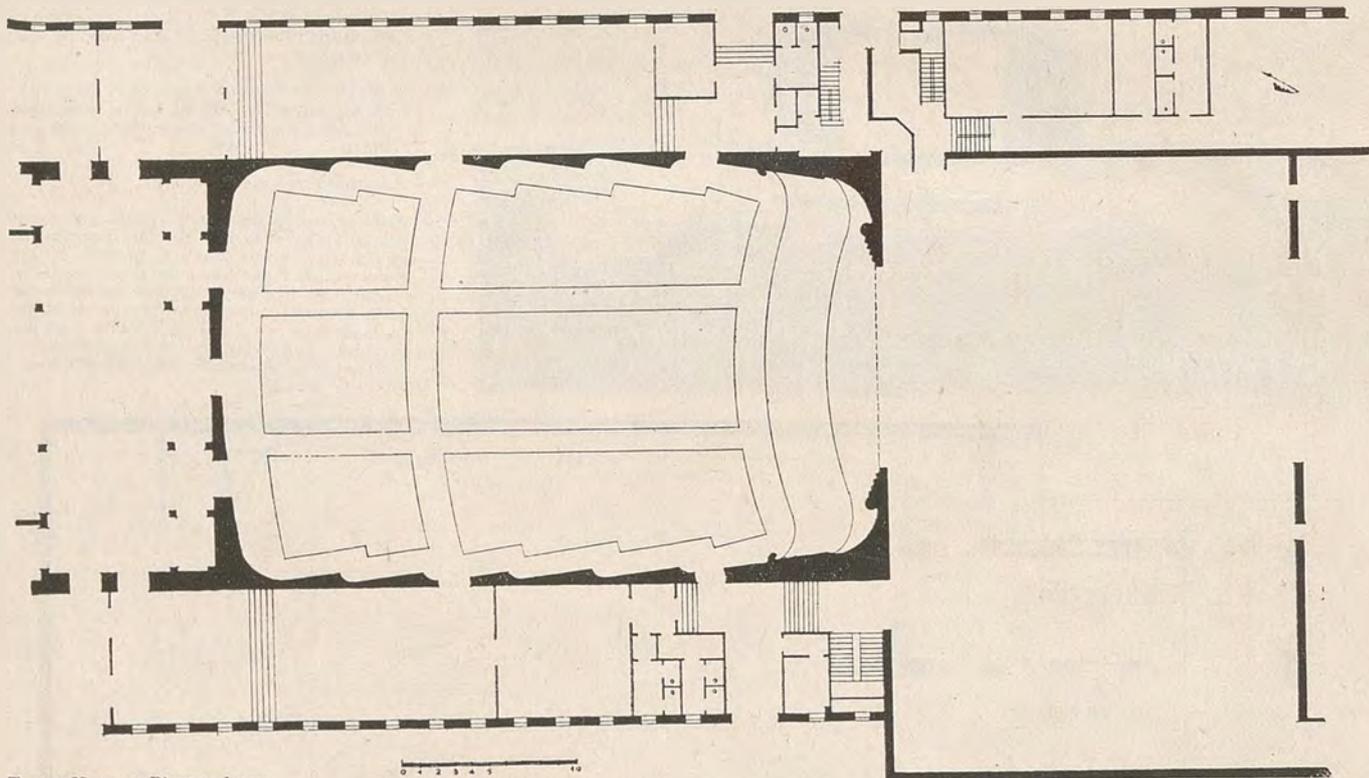
Materiali di rivestimento: Liparponice sulle pareti laterali e sul soffitto; zoccolatura in marmo m. 1,50; pavimento. in linoleum tipo sughero; boceascena ricoperto con elementi cavi in scagliola traforati e rivestiti internamente con lana minerale.

Prove di riverberazione acustica (vedi grafico) affidate all'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, ed eseguite dal prof. Gino Giacomo Sacerdote.

Inaugurazione nella primavera 1949.



Teatro Nuovo - Sezione longitudinale.



Teatro Nuovo - Pianta platea.

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI - MURAT**

Autorizzazione con Decreto Prefettizio N. 1125 S.T. del 4 Febbraio 1947

Casa Editrice: **DITTA FRATELLI POZZO** della Fratelli Pozzo, Salvati, Gros Monti & C. - Poligrafiche Riunite S. p. A. - Torino
Amministratore Delegato: Col. Domenico Canonica