

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

**FIAT**  
TORINO

**SOCIETÀ  
PER AZIONI  
UNIONE  
CEMENTI**

**MARCHINO  
& C.**

≡

**CASALE  
MONFERRATO**

NUOVA SERIE . ANNO XXIII . N. 11 . NOVEMBRE 1969

## SOMMARIO

### ATTI DELLA SOCIETÀ

*Nel centenario della morte di Pietro Paleocapa presidente del  
comitato dei fondatori del nostro sodalizio . . . . .* pag. 259

### RASSEGNA TECNICA

P. ANGLÉSIO - *Prove sulle emissioni ponderali degli impianti  
di combustione . . . . .* » 263

M. CLERICO - *La torsione dei solidi cilindrici a sezione trapezia* » 268

A. DADONE - *Un metodo rapido per la determinazione delle ca-  
ratteristiche di riflessione di un diaframma di sbocco . . .* » 276

M. OREGLIA - *Nuove applicazioni nella tecnica delle rappresen-  
tazioni grafiche: prospettive esplose nell'edilizia . . . . .* » 281

### PROBLEMI

N. RENACCO - *« Programmazione Economica e Regioni »* (Confe-  
renza Società Architetti e Ingegneri) . . . . . » 289

### INFORMAZIONI

*Scheda di Augusto Pedrini sulla « Via delle Gallie » . . . . .* » 292

### COMITATO DI REDAZIONE

*Direttore:* Augusto Cavallari-Murat - *Membri:* Gaudenzio Bono, Cesare Codegone,  
Federico Filippi, Rinaldo Sartori, Vittorio Zignoli - *Segretario:* Piero Carmagnola.

### COMITATO D'AMMINISTRAZIONE

*Direttore:* Alberto Russo-Frattasi - *Membri:* Carlo Bertolotti, Mario Catella, Luigi Richieri

REDAZIONE: Torino - Corso Duca degli Abruzzi, 24 - telefono 51.11.29.

SEGRETERIA: Torino - Corso Siracusa, 37 - telefono 36.90.36/37/38.

AMMINISTRAZIONE: Torino - Via Giolitti, 1 - telefono 53.74.12.

Publicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli  
Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 6.000. - Estero L. 8.000.  
Prezzo del presente fascicolo L. 600. - Arretrato L. 1.000.

La Rivista si trova in vendita: a Torino presso la Sede Sociale, via Giolitti, 1.

**SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III**



"La luce ha lo stile che si addice ad ogni ambiente"

**LAMPADARI** OLTRE 2000 MODELLI DAL CLASSICO ALLO SVEDESE ATTENDONO UNA VOSTRA VISITA

**ELETTRODOMESTICI, RADIO, TV** (Sconti speciali ai Soci)

**L'ELETTRICA**

TORINO - Piazzetta Madonna degli Angeli, 2 - Tel. 553.979 - 531.477

**ING. TURBIGLIO & GARIGLIO**

TORINO - VIA GATTINARA 11 - TEL. 87.75.96-87.34.95

**IMPIANTI A CONVEZIONE  
RADIAZIONE**

civile ed industriale ad acqua calda

Acqua surriscaldata a vapore

Centrali termiche

Condizionamento dell'aria

Essiccatoi

**IMPIANTI IDROSANITARI**

**Eredi Traschetti**

INDUSTRIA SPECIALIZZATA INSTALLAZIONE GRANDI IMPIANTI

Anno di fondazione 1898

**IMPIANTI TERMICI - RADIAZIONE - AEROMECCANICI - CONDIZIONAMENTO  
IDRO-SANITARI - LAVANDERIE - CUCINE - GESTIONE IMPIANTI DI RISCALDAMENTO**

Sede: **TORINO** - Via P. Baiardi, 31 - Telefono 67.54.44 (4 linee)

**RILEVAMENTI AEROFOTOGRAFICI,  
TOPOGRAFICI, GEODETICI, MOSAICATURE  
E AGGIORNAMENTI FOGLI DI MAPPA PER  
PIANI REGOLATORI, DETERMINAZIONI  
ANALITICHE PROFILI E SEZIONI,  
FOTOINTERPRETAZIONI**

SOC.

S.R.L.

**alifoto**

10143 TORINO - CORSO TASSONI 4 - TEL. 75.33.62 - 77.31.70

# ATTI DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

## Nel centenario della morte di Pietro Paleocapa Presidente del comitato fondatori del nostro Sodalizio

*L'Accademia delle Scienze di Torino il 28 ottobre 1969 ha ufficialmente commemorato Pietro Paleocapa nel centenario della sua morte. Alla commemorazione ha aderito e partecipato la Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino.*

*Pietro Paleocapa (1789-1869) fu tra i fondatori del nostro Sodalizio, la cui origine e costituzione è verbalizzata nel testo che segue, riprodotto dalla prima pubblicazione della rivista dell'allora denominata « Società degli Ingegneri e degli Industriali in Torino » (1867).*

*A tale stralcio significativo si fa seguire un'altra prosa ottocentesca, altrettanto significativa perché specchio delle rievocazioni fatte a Torino in occasione dell'inaugurazione del monumento al Paleocapa nella piazza omonima.*

*Anche se oggi le prospettive storiche delle celebrazioni centenarie sono diverse, questa ristampa vuole essere affettuoso atto d'omaggio.*

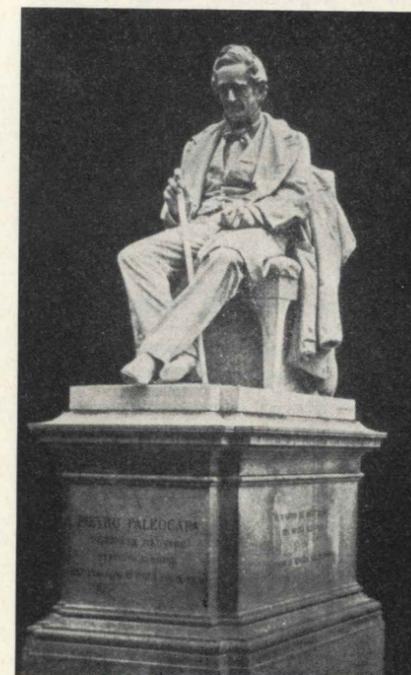
### Relazione sull'origine della Società degli Ingegneri e degli Industriali in Torino

Nessuna industria, nessuna arte manifatturiera può riuscire a lunga vita e prosperare, se non viene diretta dalla inveterata esperienza di chi non è mai tardo a giovare dei lumi che gli provengono da Scuole industriali e da quelle libere Associazioni di uomini studiosi, che abbandonate le vaghezze delle speculazioni e delle elevate teorie, preferiscono le pratiche ricerche e le utili applicazioni.

Questa verità ben fu compresa dalla città di Torino, appena le vennero meno le risorse che ad essa apportava la sede del Governo; e mentre Provincia e Municipio gareggiavano per impegno e per zelo nell'ottenere e nell'istituire utili Scuole industriali, moltissimi cittadini, cultori e promotori benemeriti delle arti, delle industrie e del commercio, si costituivano in libere Associazioni dirette a promuovere, miglio-

rare ed accrescere quelle particolari industrie nelle quali la Nazione Italiana, senza timore della concorrenza straniera, può e deve avere la preminenza.

La Società degli Ingegneri e degli Industriali è indubbiamente fra queste Associazioni una delle più importanti. Venne essa proposta fin dal marzo del-



l'anno 1866 per felice iniziativa dell'illustre generale Cavalli, e, fondata sulle basi della Società degli Ingegneri civili di Londra, che a buon diritto ha acquistato il più alto grado di rinomanza presso tutte le nazioni industriali d'Europa, non potrà a meno che contribuire al pubblico bene e rendere alla patria i più segnalati servizi, quando i soci, penetrati dall'importanza e dallo scopo che si propone la loro Associazione, col promuovere l'applicazione della scienza alle industrie ed alle opere di pubblica utilità, vorranno dare opera a studiare, ad esporre i risultati dei loro studi e delle loro ricerche, a perfezionarli colla discussione ed a divulgare le cognizioni giu-

dicate veramente utili al progresso delle scienze applicate, delle industrie e delle arti.

La proposta dell'istituzione di una Società d'Ingegneri e d'Industriali venne accolta con favore pari alla fiducia che solo potevano ispirare la bella intelligenza e la rinomata dottrina di chi la fece, ed immediatamente parecchi personaggi benemeriti della patria, molti uomini distinti nelle scienze e non pochi valenti ingegneri assicurarono il loro concorso, costituendosi soci promotori della nascente Società.

Il Governo stesso, prima ancora dell'adesione dei privati, prestò il richiedo suo aiuto e promise a sede della Società qualche locale del Demanio resosi vuoto per la traslocazione della capitale, appena l'Associazione, cessando di essere un lodevole divisamento di pochi ed egregi amici della scienza e del paese, potesse costituirsi e diventare l'assunto di un sufficiente numero di soci deliberati a promuovere il progresso delle scienze applicate e delle industrie nazionali.

È in tal modo che veniva assicurata la possibilità di dar facile esordio a prospera esistenza alla Società degli Ingegneri e degli Industriali con sede in Torino, e già si sentiva il bisogno di stabilire le norme per governare la divisata istituzione, di procacciarle numerose adesioni, di concertare lo statuto della sua costituzione, di ottenerne l'approvazione Sovrana.

A tale scopo i soci promotori eleggendo a loro Presidente S. E. il senatore Pietro Paleocapa, si costituirono in Comitato provvisorio nel giorno 15 marzo 1866, e con atto del 25 dello stesso mese, ricevuto dal notaio Gaspare Cassinis, la Società degli Ingegneri e degli Industriali in Torino erasi già costituita.

Il considerevole numero dei soci promotori e le numerose adesioni che si ricevevano dal Comitato provvisorio guarentivano che la Società avrebbe potuto entrare in esercizio appena ottenuta la Sovrana ricognizione. Perciò il Comitato rivolgevasi tosto a S. E. il Ministro d'agricoltura, industria e commercio, e presentando copia dell'atto legale della costituzione della Società e dello statuto che doveva reggerla, domandavagli l'approvazione per parte

del Governo e la ricognizione come Corpo morale. Contemporaneamente officiavasi presso il Ministero delle Finanze per ottenere la cessione di alcuni locali del Palazzo Madama, che si presentavano disponibili e ben acconci allo scopo.

Con Regio Decreto in data 18 luglio 1866 la Società degli Ingegneri, e degli Industriali era approvata e riconosciuta come Corpo morale, e già dal Ministero delle Finanze, per premuroso impegno del comm. Spurgazzi delegato speciale della distribuzione dei locali demaniali in Torino, ricevevasi nello stesso mese di giugno favorevole riscontro, col quale lasciavansi a disposizione della Società, e colle opportune riserve, i locali degli ammezzati sopra il pian terreno dal lato sud del Palazzo Madama, dapprima occupati per la segreteria del Senato del Regno.

Presi gli opportuni concerti e riconosciuti questi locali, nel giorno 20 agosto si addivenne alla loro consegna fatta dal cav. ing. Tonta per parte del Regio Demanio ai sullodati signori senatore Paleocapa e generale Cavalli ed al cav. Edoardo Pecco, ingegnere capo del Municipio di Torino, rappresentanti la Società degli Ingegneri e degli Industriali.

Per cura del Comitato provvisorio si provvide ancora alla stampa del Regio Decreto di approvazione e di ricognizione della Società, e dello Statuto; si fece l'acquisto del mobilio indispensabile onde poter per la prima volta convocare i membri dell'Associazione, e pel giorno 23 del mese di dicembre dell'anno 1866 dal Presidente provvisorio fissavasi la prima assemblea generale per procedere a mente dell'articolo transitorio dello statuto, all'elezione del primo Comitato dirigente. Cinquantasei erano i membri, tra effettivi ed aggregati componenti la Società degli Ingegneri e degli Industriali all'epoca della sua prima adunanza generale, nella quale altri quattro vennero ammessi per atto di semplice adesione. Nella votazione per la nomina del Presidente a gran maggioranza risultò eletto il senatore Paleocapa, il quale, dietro le insistenti sue dichiarazioni di non poter accettare, ad unanimità venne proclamato Presidente onorario. Dalle votazioni poi che in seguito vennero fatte per la nomina dei sette soci componenti il Comitato dirigente risultarono eletti:

Presidente — Generale Cavalli;  
V. Presidenti — Prof. Richelmy,  
» » — Comm. Spurgazzi;

Consiglieri — Cavaliere Pecco,  
» — Generale Sobrero,  
» — Ingegnere Davicini,  
» — Colonnello Giacosa.

Questo Comitato immediatamente con tutta l'energia diede opera per porre la Società in grado da poter intraprendere delle sedute generali, ed accingersi a lavori, ed a discussioni dirette ad ottenere il nobile scopo della sua istituzione; nominò il Segretario ed il Tesoriere per l'anno 1867, provvide per adattare i locali e per definitivamente allestirli del mobilio necessario; stabilì di quali giornali scientifici, riguardanti l'ingegneria, le arti e le industrie, si dovevano fornire le sale di lettura, studiò e compilò il progetto di regolamento sociale e finalmente si occupò del bilancio preventivo per l'anno 1867.

Sotto la presidenza del Generale Cavalli ebbero luogo sette adunanze generali della Società, e quanto in queste venne trattato e discusso risulta dai verbali che ordinatamente qui trovansi riportati.

## 1) Una biografia ottocentesca.

(da «I monumenti di Torino» di Carlo Morando, Torino, Edizioni Camilla e Bertolero, 1880).

Oriundo di famiglia greca venuta in Italia nel 1669 per sottrarsi alle ire feroci de' mussulmani contro i cristiani, nacque nel 1789 Pietro Paleocapa in Bergamo ove il padre suo, Mario, teneva carica di Cancelliere per la Repubblica Veneta.

Studiò dapprima giurisprudenza in Padova, poscia, sopravvenuti, per le vittorie de' francesi, grandi mutamenti in Italia, si volse alla carriera militare, e poco stante usciva dal celebre Collegio di Modena come luogotenente del Genio ed applicato ai lavori della fortezza di Osopo.

Fece col generale Bertrand la campagna del 1813 e rimase prigioniero dopo la battaglia di Yutterbok. Esiliato in Pomerania ne fuggì, e dopo lunga serie di dolorosi stenti potè rimpatriare e poco dopo il suo ritorno fu incaricato di munir di difese il forte di Mandella.

Rovinò il regno napoleonico in Italia: sei ufficiali italiani furono prescelti da Napoleone, che loro offeriva onorato grado e lauti stipendi nel corpo del Genio francese. Fra questi era, per solenne onoranza al suo ingegno, il Paleocapa; ma egli, disdegnando di mi-

litare nell'esercito che tanti danni aveva portato alla patria sua, si ricusò alla lusinghiera chiamata. Si consacrò tutto a servizio della patria in uffici civili. Impiegato nel corpo degli ingegneri di acque e strade in Venezia, fu nel 1820 chiamato come membro della Giunta del Censimento a Milano ove stette fino al 1829, anno in cui ritornò a Venezia come ingegnere-capo del Genio Civile. Ispettore idraulico nel 1833, direttore generale delle pubbliche costruzioni, riuscì a comporre secolari controversie sulla regolazione del Brenta e del Bacchiglione, ideò e mise ad esecuzione un piano per la sistemazione dell'Adige coordinato alla bonificazione di vastissimi terreni paludosi, ed infine compì, in mezzo a mille formidabili ostacoli, le importanti e celebratissime opere dei murazzi di Malamocco e del miglioramento di quel porto.

La grande e bella fama che in questi difficilissimi lavori erasi acquistata fece sì che il Governo austriaco per ben tre volte lo chiamasse in Ungheria. Nel 1842 per dar parere sulla regolazione del canale del Danubio tra Buda e Pesth; nel 1846 sul corso della Theiss, infine nel 1848 per un miglioramento del porto di Fiume.

Quando, addì 22 marzo 1848, Venezia si proclamò libera e retta a Governo repubblicano, con Daniele Manin a presidente, il Paleocapa fu Ministro degli interni e de' lavori pubblici del Governo provvisorio.

Propugnatore dell'unione col Piemonte, si recò al campo di Carlo Alberto per implorare soccorso, pur non nascondendo nella sua lealtà che Venezia intendeva mantenersi libera nella scelta di Governo. Portò a Torino il plebiscito d'unione che fu solennemente accettato colla legge del 27 luglio 1848.

Caduta ogni speranza di salvar Venezia da nuova invasione austriaca, nel 1849 Paleocapa ricoverò in Piemonte, ove la fama che lo aveva preceduto gli fece presto stringer relazione con uomini sommi e gli schiuse la via alle più alte cariche dello Stato.

Nel ministero Casati, detto di fusione, tenne il portafogli dei lavori pubblici. Caduto il gabinetto egli accettò il grado d'ispettore del Genio Civile e stette in tal carica fino al novembre 1849, quando Massimo D'Azeglio chiamavalo a far parte del Consiglio della Corona come Ministro dei lavori pubblici. Accettò dal D'Azeglio la carica che poc'anzi invano gli aveva offerto il Gioberti.

Per molti anni il Paleocapa tenne il portafogli dei lavori pubblici, avvegnacchè il conte Cavour avesse saputo apprezzarne, quanto il D'Azeglio, i grandissimi pregi d'intelletto e di carattere.

Si fu durante la sua amministrazione che si costruì la prima e vasta rete ferroviaria del Piemonte e che si moltiplicarono le comunicazioni stradali di secondo e terzo ordine. A lui toccò la sorte di essere tra i più autorevoli e zelanti promotori di due opere più meravigliose che l'industria umana abbia compiuto nel secolo XIX: il traforo del Cenisio ed il taglio dell'Istmo di Suez.

Del 25 ottobre 1849 è la data della prima relazione del Paleocapa sul traforo del Cenisio; nel 1855 recavasi a Parigi qual Commissario del Governo nostro nel Congresso per il taglio dell'Istmo di Suez. Rifiutò, per modestia, l'offerta di presidenza, ma prese parte attivissima ai lavori combattendo contro due strenui e potenti avversari: lord Palmerston nel campo politico, Roberto Stephenson nel tecnico.

Di quest'opera ebbe poi ad occuparsi quasi continuamente fino al 1867, per istanze degli ingegneri incaricati di eseguirla, che a lui ricorrevano come al più autorevole consigliere e maestro.

Una oftalmia da cui da lungo tempo era travagliato lo rese cieco, ond'egli si volle ritrarre a vita privata, non pretermettendo però mai di prestar l'opera sua al paese; presiedette nel 1859 le Commissioni che compilarono le leggi sulle opere pubbliche, sulle ferrovie delle Alpi Elvetiche e sul miglioramento del porto e delle lagune di Venezia.

Nel 1860, essendo già cieco, gli fu offerta la direzione dell'Amministrazione delle ferrovie dell'Italia centrale e della Lombardia; rifiutò dapprima, ma poi, cedendo alle sollecitazioni del conte Cavour, accettò l'incarico e lo tenne per più anni con giovanile energia.

Nel 1862 il Re nominollo Ministro di Stato e gli conferì poi il Collare dell'Annunziata addì 4 novembre 1866, quando una deputazione veneta presentavasi a recare il plebiscito d'unione.

Colto da febbre gastro-reumatica, il Paleocapa cessò di vivere, dopo sette soli giorni di malattia, il 13 febbraio 1869. Solenni funerali gli furono celebrati in S. Carlo, e si iniziò pubblica soserzione per elevare a suo onore un monumento.

Molte e tutte pregiatissime sono le

opere su costruzioni idrauliche e ferroviarie lasciateci dall'eminente uomo.

Il Paleocapa fu di saldi e generosi propositi, attivissimo sino in fin di vita, piacevole e semplice nella vita intima, autorevole in Parlamento e fuor d'esso per l'equità e la imparzialità che in lui erano eminenti, per il sommo ingegno, per la sua probità inconcussa. Dotato di facoltà oratorie ne usò con molta sobrietà.

A lui toccò una ventura che di rado avviene a uomini di merito eminente. Fu conosciuto, apprezzato, stimato quanto valeva da tutti: chiunque lo potè approssimare lo amò e ne rimpianse la perdita: non ebbe nemici: l'ammirazione e la riconoscenza di tutti lo salvò dalle basse e impotenti invidie.

## 2) Cronaca della inaugurazione del monumento della Piazza Paleocapa.

Della pubblica sottoscrizione per erigere un solenne e durevole ricordo in Torino all'ingegnere Paleocapa si fece iniziatore il giornale il *Monitore delle Strade Ferrate* fin dal febbraio 1869, pochi giorni dopo che con solennissimi funerali e tra il sincero compianto degli amici e congiunti, la salma dell'illustre ingegnere erasi trasportata all'ultima dimora. La Commissione che s'assunse l'incarico di condurre a buon fine la generosa iniziativa componevasi del commendator Pasini, Ministro dei Lavori Pubblici, presidente; del comm. Galvagno, sindaco di Torino, vice-presidente, e dei signori D'Adda marchese Carlo, marchese Cesare Alfieri di Sostegno, commendatore Bella, abate J. Bernardi, marchese Carlo Bevilacqua, ingegnere Cappelletto, ing. Cavalletto, conte G. Cittadella, cav. Cordero di Montezemolo, cav. Devaux, prof. Foscolo, principe Giovanelli, Sindaco di Venezia, conte Pannilini De Gori, prof. Govi, comm. Guglianetti, marchese Emanuele di Rorà, conte Stefano Medus, generale Mengaldo, comm. Peruzzi, conte Sclopis, Torelli, Prefetto di Venezia, dott. G. Zanini, Achille Mauri e Pastori Giovanni, Direttore del *Monitore*, segretario.

Un'anno dopo, nel marzo 1870, già s'erano raccolte oblazioni così numerose ed importanti che la Commissione venne nel divisamento di erigere non

uno, ma due monumenti al Paleocapa: uno in Torino, cioè, l'altro in Venezia.

Per quello in Torino, la Commissione esecutiva del monumento, presieduta dallo Sclopis, destinò L. 15 mila, lasciando a Venezia una somma ben maggiore. Incaricato l'egregio scultore commendatore Odoardo Tabacchi di eseguire il monumento, in pochi mesi esso fu pronto sì che potè inaugurarsi il 18 settembre 1871, in occasione delle feste fatte per celebrare il compiuto passaggio sott'Alpe, il traforo del Fréjus. Il Municipio di Torino, che aveva partecipato alla sottoscrizione con lire mille e colla gratuita concessione del sito ove erigere il monumento, ne divenne custode e proprietario, come risulta dall'atto di inaugurazione che più sotto riproduco dal testo originale che conservasi negli archivi municipali.

Il monumento fu eretto sulla piazzetta detta allora di S. Quintino ed ora Paleocapa; alla funzione inaugurale, presenziata da S. A. R. il Principe di Carignano, assistevano il ministro francese Lefranc, gli ingegneri Lesseppe e Grattoni, la Giunta Municipale, i membri della Commissione e tanti altri personaggi ufficiali che lungo sarebbe l'enumerare.

Allo scoprirsi del monumento lesse un elaborato ed eloquente discorso il conte Cittadella, ammiratore ed amico dell'immortale Paleocapa. Firmatosi poi l'atto di inaugurazione, gli intervenuti ebbero agio di ammirare l'opera lodevolissima del Tabacchi, secolui congratulandosi della perfetta riuscita del monumento.

Quantunque l'idea di far la statua seduta non sia delle più monumentali, il Tabacchi, con quella finezza di scalpello che gli è tutta particolare, atteggiando il Paleocapa sopra un sggiolone colle gambe accavallate, e tra esse la canna che il grande e venerando cieco usava portare camminando e tenendo eziandio impugnata allora che egli stava seduto, seppe condurla con tale invidiabile precisione, verità e perfezione, che come lavoro scultorio meglio non poteva riuscire. E non è poco quando si consideri la difficoltà di posare monumentalmente la venerando figura di un vecchio e cieco, la cui gloria non venne altrimenti che dalle tranquille, serie, pensate e dotte elucubrazioni.

Sul dado del piedestallo di granito si incisero le seguenti iscrizioni:

Di fronte:

A

PIETRO PALEOCAPA  
INGEGNERE ILLUSTRE  
STATISTA INSIGNE  
GL'ITALIANI D'OGNI PROVINCIA

A destra:

COOPERÒ  
COLL'AUTORITÀ DELLA SUA DOTTRINA  
ALLE DUE MAGGIORI IMPRESE  
CHE L'INDUSTRIA SCIENTIFICA  
ABBIA COMPIUTO IN QUESTO SECOLO  
IL TAGLIO DELL'ISTMO  
IL TRAFORO DELLE ALPI

A sinistra:

FU MINISTRO DEI LAVORI PUBBLICI  
DEL REGNO SUBALPINO  
PROMOSSE  
L'UNIONE DI VENEZIA COL PIEMONTE

A tergo:

NATO IN BERGAMO  
IL IX NOVEMBRE MDCLXXXVIII  
MORTO IN TORINO  
IL XIII FEBBRAIO MDCCCLXIX

### 3) Atto d'inaugurazione del monumento a Pietro Paleocapa.

Torino, 18 settembre 1871,  
ore 12 1/2 pom.

Erettasi in questa città, nella piazzetta di S. Quintino, mediante spontanee oblazioni di Italiani di ogni Provincia e coll'assenso del Comune Consiglio, una statua con piedestallo in onore dell'illustre ingegnere ed insigne statista PIETRO PALEOCAPA, scolpita in marmo dall'esimio prof. cav. Odoardo Tabacchi, la quale venne in oggi solennemente inaugurata alla presenza di S. A. R. il Principe Eugenio di Savoia-Carignano, dei signori Ministri del Regno d'Italia e della Repubblica Francese e di altri cospicui personaggi italiani ed esteri, intervenuti a Torino all'occasione dell'apertura della linea ferroviaria di congiungimento tra Italia e Francia attraverso il colle di Fréjus,

nonchè dell'onorevole signor Sindaco e Giunta Municipale di Torino, dei rappresentanti i corpi scientifici ed altri parecchi onorevoli invitati, e dei membri della famiglia Paleocapa, il sottoscritto Comitato Promotore fa col presente atto formale consegna del monumento al Municipio di Torino, affinché, come custode dei pubblici monumenti, provveda al rispetto ed alla conservazione di esso; tramandando così ai posteri la memoria di un uomo che, esule dalla sua patria, venne apprezzato ed elevato ad eminenti onori in questa città, culla della rigenerazione italiana, e che dal canto suo consacrò vent'anni di indefessi studi e fatiche a promuovere e dirigere l'esecuzione dei colossali lavori stradali, ferroviari ed idraulici di cui in oggi va superbo il Piemonte.

Il Sindaco e la Giunta Municipale, riconoscendo all'iniziativa ed al patriottico pensiero del Comitato Promotore, accettano la consegna e si assumono la conservazione del monumento, che costituisce una nuova gemma di quella corona di monumenti di illustri Italiani di cui è ricca la città di Torino.

Il presente verbale, steso in un solo esemplare, viene sottoscritto dal Comitato Promotore, dal Sindaco e dalla Giunta Municipale, e dagli illustri invitati che onorarono la funzione d'inaugurazione, e sarà depresso negli archivi del Municipio. (Seguono le firme).

Il presente verbale, steso in un solo esemplare, viene sottoscritto dal Comitato Promotore, dal Sindaco e dalla Giunta Municipale, e dagli illustri invitati che onorarono la funzione d'inaugurazione, e sarà depresso negli archivi del Municipio. (Seguono le firme).

## BIBLIOTECA SOCIALE

Si informa che la nostra biblioteca, oltre a numerose altre pubblicazioni, ha in dotazione i seguenti periodici ricevuti in cambio con Atti e Rassegna Tecnica:

- « Tecnica Italiana » - Rivista di ingegneria edita a Trieste - sotto gli auspici del Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- « Cantieri e costruzioni » - Edita a Napoli.
- « L'industria del cemento » - Edita a Roma.
- « L'Ingegnere » - Rivista tecnica di ingegneria e di architettura - Edita a Roma.
- « Costruzioni metalliche » - Rivista dei tecnici dell'acciaio - Edita a Milano.
- « Il giornale dell'officina » - Edito a Milano.
- « La fonderia italiana » - Edita a Milano.
- « Il calore » - Edita a Milano.
- « La rivista della strada » - Mensile di tecnica stradale, trasporti e viabilità - Edita a Milano.

- « L'installatore italiano » - Edita a Milano.
- « Il cantiere » - Rivista per impianti meccanici di cantiere - Edita a Roma.
- « Die Bautechnik » - Edita a Berlino.
- « Bulletin Technique de la Suisse Romande » - Edita a Losanna.
- « Plan » - Rivista svizzera d'urbanistica - Edita a Zurigo.
- « Journal de la Construction » - Suisse Romande - Edito a Losanna.
- « Tecnica e materiali moderni nelle costruzioni » - Edita a Lione.
- « Elektrotehniski Vestnik » - Edita a Lubiana.
- « L'onde électrique » - Edita a Parigi.
- « Endeavour » - Edita a Londra - Rassegna del Progresso Scientifico.
- « Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Batiment » - Edita a Parigi.

Per facilitare la consultazione da parte dei Soci, si è deciso che dette pubblicazioni vengano consegnate in prestito a richiedenti, per un adeguato periodo di tempo.

# 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 fissate non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

## Prove sulle emissioni ponderali degli impianti di combustione

PAOLO ANGLÉSIO, in vista della prossima applicazione del Regolamento di legge antismog, relativo agli impianti termici, esamina le caratteristiche delle emissioni ponderali dei camini; riporta inoltre i risultati di determinazioni sperimentali su fumi provenienti da un gruppo caldaia-bruciatore funzionante a gasolio, unitamente ai metodi ed ai limiti legali, al fine di stabilire quali siano i più adatti al controllo delle emissioni provenienti da questo tipo di combustibile e più in generale dagli impianti termici.

### Introduzione.

L'uso del gasolio previsto nei grandi centri dalla legge 615 per gli impianti termici con potenzialità (potenze termiche spese) comprese tra 30.000 e 500.000 kcal/h, dovrebbe essere un contributo determinante alla eliminazione dell'inquinamento atmosferico. Si può assumere come composizione tipica di questo combustibile, la seguente: % in peso di carbonio  $C=86,3$ , di idrogeno  $H=12,7$ , di zolfo  $S=1$ ; peso specifico  $870 \text{ kg/m}^3$  (a  $15^\circ\text{C}$ ), potere calorifico inferiore  $10.300 \text{ kcal/kg}$  [1]. Il regolamento di applicazione della legge [2] indica un limite superiore al % in peso di zolfo pari a  $S=1,10$ ; per fare un confronto con un combustibile estero equivalente si ricorda la composizione tipica dell'olio tedesco EL, che viene assunta nella proposta di norme ISO su caldaie per riscaldamento:  $C=84$ ,  $H=15,96$ ,  $S=0,04$ .

Resta quindi automaticamente limitata la quantità di anidride solforosa producibile rispetto al caso della combustione di una ugual massa di nafta; per quanto riguarda la emissione di particelle solide si constata sperimentalmente che si produce una massa di particelle (riferite al kg di com-

bustibile e al  $\text{m}^3$  di fumo) minore rispetto al caso di uguale potenza termica utile prodotta da una nafta, pur tenendo conto che la massa (e il volume) dei fumi possono variare da un caso all'altro.

L'aspetto del fumo tuttavia può essere, in difetto d'aria, paragonabile a quello delle emissioni provenienti dalle peggiori combustioni di nafta.

I metodi di controllo dei fumi previsti dal Regolamento [2], unitamente ai relativi limiti sono: il contenuto di particelle solide e l'indice dei fumi; viene citata anche la scala di Bacharach. Inoltre, per potenzialità superiori a  $10^6 \text{ kcal/h}$ , in alternativa a misuratori di ossido di carbonio e idrogeno, può essere usato un indicatore della opacità dei fumi, con registrazione dell'indicazione per potenzialità maggiori a  $2 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$  (ma non viene indicato esplicitamente a quali limiti questi apparecchi debbano far riferimento).

Con l'elenco precedente si passano in rassegna praticamente tutti i metodi attualmente conosciuti per misure del tipo predetto sui fumi: questi metodi tuttavia non sono applicabili tutti insieme a tutti i casi possibili, ma si può

cercare di prevedere per ognuno un campo di applicazione abbastanza ben delimitato.

Occorre innanzitutto distinguere tra il metodo ponderale e gli altri che chiameremo genericamente ottici.

Il primo si esegue con una sonda fornita di filtro: l'apparecchiatura è descritta nei particolari dal Regolamento [2]; essendo il prelievo eseguito per intervalli di tempo finiti (per esempio 1 h) ed il risultato della misura una concentrazione ( $\text{g/m}^3$ ), rimane esclusa la possibilità di avere una registrazione continua. Tenuto conto di questo e della difficoltà di uso dell'apparecchiatura (oltre a quella di procurarsela), si prevede siano in grado di utilizzarla solo laboratori specializzati, in particolari occasioni, cioè « qualora il rilevamento visivo dell'indice dei fumi emessi... metta in evidenza valori superiori a quelli consentiti dal regolamento... ». Tuttavia questo modo di tener conto delle emissioni ponderali è quello che sembra più adatto a dare una indicazione utile e intuitiva della pericolosità delle emissioni (anche se, oltre alla massa, interessano soprattutto le dimensioni delle particelle ai fini della salute pubblica) [3].

I metodi ottici si basano invece sull'osservazione diretta del fumo, ovvero della traccia lasciata da questo su un filtro di carta: questi metodi hanno il vantaggio, rispetto a quello ponderale, di essere più immediati per quanto riguarda l'esecuzione della misura e la valutazione del suo risultato.

L'osservazione diretta del fumo può essere fatta o dall'occhio umano oppure da una cellula fotoelettrica; nel primo caso si confronta il colore del fumo, sullo sfondo del cielo, con quello di macchie di riferimento stampate su carta; queste macchie sono numerate da 0 a 5, passando da fumo invisibile a fumo sempre più scuro e la scala relativa prende il nome di scala di Ringelmann: anche questo metodo ha ovviamente il difetto di non prestarsi a registrazione; nel secondo caso invece il fumo viene «osservato» all'interno di un condotto mediante fotocellula che riceve luce, attraverso il fumo stesso, da una lampada: un apparecchio che abbia lampada e fotocellula diametralmente opposti rispetto al tubo indica l'opacità dei fumi, può essere tarato secondo la scala di Ringelmann, e permette una registrazione continua [4]. Si deve però tenere presente che la taratura di un apparecchio del genere in concentrazioni di particelle è possibile solo in casi particolari: proprio questa difficoltà spiega perchè i metodi ponderali e ottici precedentemente spiegati coesistano pur applicandosi grosso modo agli stessi tipi di combustibile (nafte e carboni) e quindi agli stessi campi di potenzialità.

Quando si sono diffusi i combustibili liquidi più leggeri è stato ideato un altro metodo ottico che si è rivelato il più sensibile in un campo dove nè la scala di Ringelmann nè il metodo ponderale erano utili [5]; esso consiste nell'osservazione del deposito su carta da filtro lasciato dai fumi, aspirati in quantità nota mediante una pompa a mano. Questo deposito appare sotto forma di macchia che si confronta con macchie stampate su un cartoncino e numerate da 0 a 9 secondo la cosiddetta scala di Bacharach; si può dire che solo i numeri più alti di essa corrispondono a fumo visibile, mentre tutti gli altri corrispondono a fumo invisibile e quindi al numero 0 della scala di Ringelmann ed a concentrazioni ponderali irrilevanti. Interessano proprio queste condizioni nella combustione del gasolio.

in un circuito ad acqua calda ad alimentazione costante, regolato in modo da avere temperatura di mandata  $t_v$ , compresa tra 80 e 90 °C e temperatura di ritorno  $t_r$ , inferiore alla precedente di 15-25 °C. La massa di gasolio consumata,  $B$ , è misurata mediante una bilancia.

Se la portata in massa del gasolio e dell'acqua sono costanti, si ottengono condizioni di regime costanti; questo si può verificare nell'impianto di prova misurando, dal lato acqua, le temperature  $t_v$  e  $t_r$ , e, dal lato fumi, la tempe-

ratura  $t_d$ , il tiraggio  $\Delta p_c$  (depressione alla base del camino) e il contenuto (percentuale) di anidride carbonica  $CO_2$  e di ossigeno  $O_2$ .

Nel tratto orizzontale di canna fumaria e all'inizio di quello verticale sono disposti gli apparecchi di misura dei fumi qui di seguito descritti.

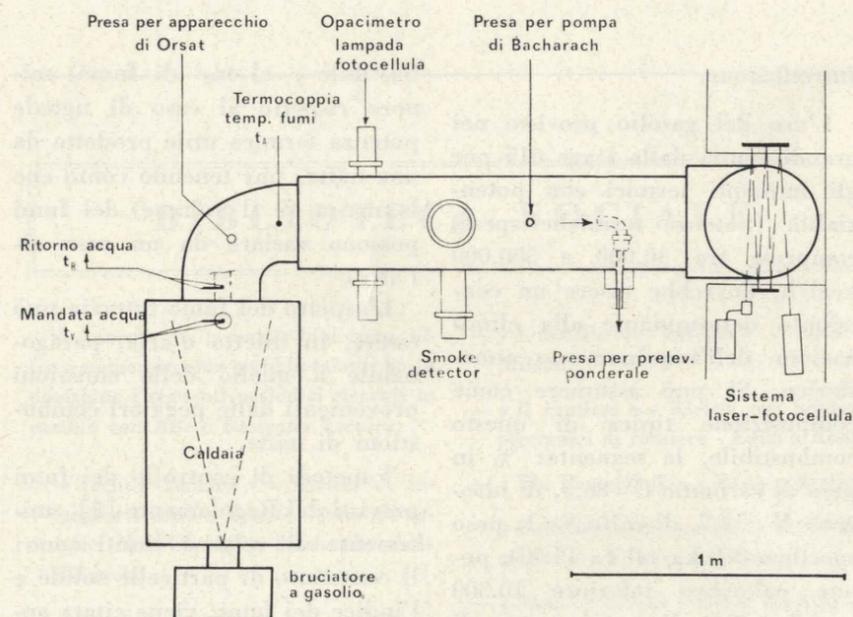


Fig. 1 - Schema dell'impianto di prova.

Allo scopo di valutare sperimentalmente l'efficacia relativa dei vari metodi di misura della fumosità fin qui descritti, è stato montato un impianto di prova funzionante a gasolio, corredato da vari strumenti di misura. Nella presente relazione si riferisce sulla costituzione dell'impianto e sulle conclusioni alle quali ha portato una prima serie di misure.

#### Impianto di prova (fig. 1).

Una caldaia a elementi in ghisa, con bruciatore a spinta meccanica funzionante a gasolio, è inserita

1. - Opacimetro a lampada fotocellula (fig. 2).

Questa apparecchiatura misura la densità ottica, ed è stata costruita per queste prove conformemente a quanto suggerito su norme inglesi [6].

Essa si compone di una lampada 12 V-6 W alimentata a tensione costante. Il fascio di luce emesso viene reso parallelo da una lente, attraversa la canna fumaria e incide infine su una fotocella al selenio. Questa è chiusa su una resistenza elettrica relativamente bassa in modo che la sua tensione di uscita sia proporzionale all'illuminamento; così si può risalire dalla tensione alla densità ottica. Si ricorda che la densità ottica [6] si può definire come  $D = \log(E_o/E)$  in questo caso dove  $E$  è l'illuminamento prodotto dal fascio luminoso allorchè il condotto è attraversato da fumo, ed  $E_o$  è l'illuminamento con il condotto contenente aria pulita, o gas generati da combustione così buona da assumerla come condizione di riferimento.

La tensione di uscita della fotocella, che nel caso considerato con aria pulita è dell'ordine di 5 mV, è stata inviata al canale «1» di un registratore continuo.

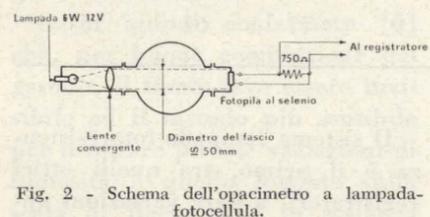


Fig. 2 - Schema dell'opacimetro a lampada fotocellula.

2. - Sistema laser-fotocellula (fig. 3).

Anche questa apparecchiatura è stata montata per misurare la densità ottica. L'uso di un laser

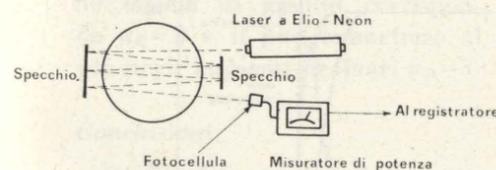


Fig. 3 - Schema del sistema laser-fotocellula.

permette, almeno in linea di principio, di disporre di un fascio di luce stretto e collimato che mediante specchi può essere fatto

passare molte volte attraverso la canna fumaria, e ne dovrebbe risultare una maggiore sensibilità rispetto al caso di un passaggio solo (punto 1).

Bisogna avvertire però che il numero di passaggi è limitato dalla dispersione che il raggio laser subisce attraversando strati turbolenti di fumi caldi; ciò porta ad allargamento della sezione e a fluttuazioni del raggio tanto da farlo uscire dall'area sensibile del ricevitore; in pratica si è riscontrato che il massimo numero di passaggi conveniente è di 6.

Si è usato un laser a Elio-Neon, 6328 Å, con ricevitore costituito da fotocella al silicio e strumento indicatore della potenza ricevuta, in parallelo al quale è stato collegato il canale «2» del registratore continuo già citato (1). Il raggio è stato fatto passare attraverso al camino praticando fessure alte circa 1 cm sui bordi dello stesso (2) e usando specchi riflettenti per ottenere i passaggi multipli. La potenza emessa è di circa 5 mW, quella ricevuta con aria pulita dell'ordine di 3 mW, e la tensione al registratore dell'ordine di 10 mV. Anche in questo caso il rapporto flusso luminoso ricevuto/tensione al registratore, è costante.

#### 3. - Apparecchio commerciale

«Smoke Detector», a lampada e fotoresistenza, a 90° tra loro (fig. 4).

Questo dispositivo, di produzione nazionale [7], si compone di una lampada di forte potenza

(1) Per le apparecchiature 1) e 2) si è fatto uso di un registratore continuo (e non a punti come per le seguenti) al fine di poter seguire anche le variazioni rapide sulle caratteristiche del fumo. Si è così potuto notare, ad esempio, che la intensità del raggio laser in arrivo al ricevitore fluttua attorno al valore medio, a causa della turbolenza dei fumi.

(2) Poichè il laser è l'ultimo strumento inserito nel tratto di misura, l'entrata di aria da queste fessure non ha conseguenze.

(150 W) che illumina l'interno della canna fumaria, e ne dovrebbe risultare una maggiore sensibilità rispetto al caso di un passaggio solo (punto 1).

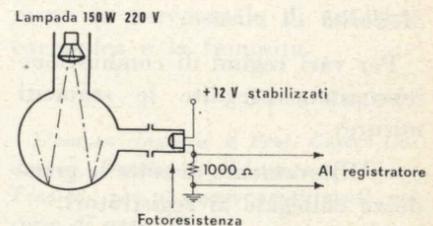


Fig. 4 - Schema dell'apparecchiatura commerciale per l'analisi dei fumi («Smoke detector»).

Se la fotoresistenza è alimentata a tensione costante, la corrente  $I$  dipende dall'illuminamento  $E$  secondo la formula  $\log(I/I_o) = k \log(E/E_o)$ , con  $k$  dell'ordine di 1,2.

Un segnale elettrico proporzionale alla corrente, dell'ordine di qualche mV, è stato inviato ad un registratore a punti a più canali. La relazione tra caratteristiche del fumo e tensione di uscita è alquanto complessa, e si potrebbe ricavare analiticamente dalla teoria della diffrazione del Mie [8] e dalla caratteristica della fotoresistenza.

Va segnalato però che questo apparecchio viene impiegato per fornire un segnale di allarme per eccessiva fumosità e viene tarato di volta in volta in opera.

Completano le apparecchiature di misura e di analisi dei fumi:

4) Pompa di Bacharach.

5) Sonda per le determinazioni ponderali, prescritta dal regolamento [2]; essa è inserita nel centro del condotto e la velocità di isocinetismo viene calcolata noti il consumo di combustibile e il contenuto di anidride carbonica [9].

6) Apparecchio Orsat per l'analisi dei fumi ( $CO_2$  e  $O_2$ ).

7) Misuratore continuo di  $CO_2$  di tipo commerciale, operante secondo il sistema a ponte, collegato ad un altro canale del registratore a punti citato in 3); allo stesso registratore sono collegate anche 3 termocoppie al Fe-Co, una per la temperatura fumi ( $t_A$ ) e 2 per la temperatura acqua ( $t_v$  e  $t_r$ ).

#### Modalità di misura.

Per vari regimi di combustione sono state eseguite le seguenti misure:

— Rilevamento di tutte le grandezze collegate ai registratori.

— Prelevamento ponderale (durata 1 ora).

— Analisi dei fumi con l'apparecchio di Orsat.

— Fumosità secondo la scala di Bacharach (rilevamento effettuato ogni 6 minuti).

— Consumo di gasolio (ogni 6 minuti). Si badi che questo presenta negli intervalli suddetti delle variazioni di  $\pm 0,5\%$  sul valor medio nel periodo di prova: a queste corrispondono variazioni delle altre grandezze le quali presentano in genere delle oscillazioni con ampiezze di circa  $0,5\%$  intorno al valore medio. In questo senso vanno intese le condizioni di regime.

I diversi regimi di combustione erano definiti da diversi eccessi d'aria, via via minori, mentre il consumo di combustibile era mantenuto costante al valore di  $9,4 \text{ kg/h}$ .

#### Risultati delle misure e osservazioni.

I risultati delle misure sono raccolti nella tabella I.

Per condizioni corrispondenti a  $O_2$  libero nei fumi compreso tra 5,4 e 2,4 (fig. 5), la concentrazione ponderale di particelle è inapprezzabile ed altrettanto la variazione di densità ottica. I sistemi lampada-fotocellula e laser-

TABELLA I

Prova No	$CO_2$ %	$t_A$ °C	$O_2$ %	$n_B$	1) $V/V_0$ %	2) $V/V_0$ %	3) $V_0/V$ <sup>(3)</sup> %
1	11,6	338	5,4	0	100	100	100
2	12,2	314	4,9	0	100	100	100
3	12,5	309	4,3	0	100	100	100
4	13,0	305	3,5	0	100	100	100
5	13,2	305	3,2	0	100	100	100
6	13,7	305	2,6	3	100	100	100
7	13,7	305	2,4	5	100	100	75
8	13,7	305	2,3	8	93	92	45
9	13,7	305	2,2	9	77	64	16

fotocellula sono completamente insensibili mentre si ha aumento considerevole del numero di Bacharach  $n_B$  tra 0 e 5.

<sup>(3)</sup> Tensioni di uscita degli strumenti 1) 2) 3) riferiti alle tensioni di uscita con fumosità nulla ( $V_0$ ).

Il sistema lampada-fotoreistenza è il primo, tra quelli ottici registratori, a dare variazioni apprezzabili di segnale; questo aumenta in quanto a maggiore fumosità corrisponde maggiore flusso luminoso sulla fotoreistenza: in questo caso ovviamente la defi-

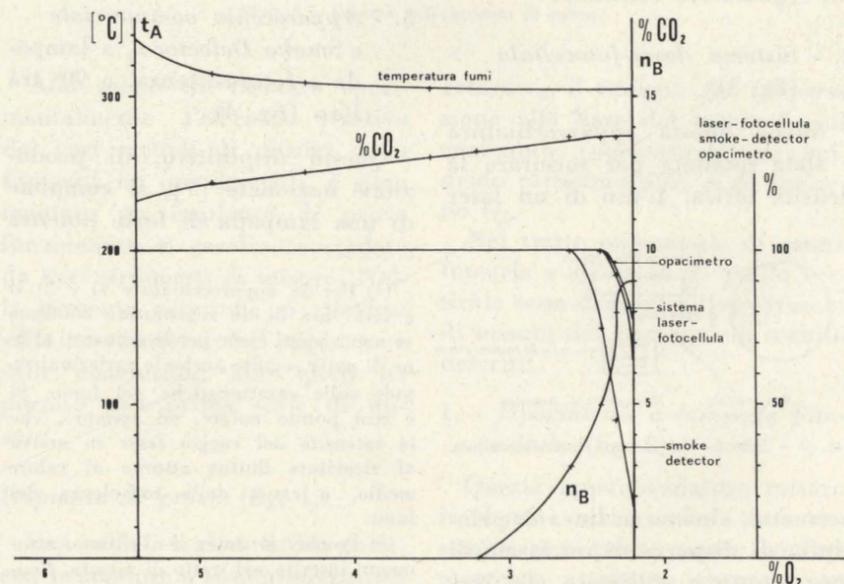


Fig. 5.

nizione di densità ottica data in precedenza è inaccettabile (in fig. 5 è riportato il rapporto % dei segnali registrati  $V_0/V$ ;  $V_0$  corrisponde all'assenza di fumo).

Con la comparsa di fumo visibile ( $n_B=8-9$ ) si hanno variazioni sensibili anche di densità ottica. In fig. 5 è riportato per i sistemi laser-fotocellula e lampada-fotocellula, il rapporto  $\% V/V_0$ .

A condizioni di combustione pessime, infine, corrisponde l'emissione di particelle liquide nere, di cui è apprezzabile anche la concentrazione nei fumi (dell'ordine di qualche  $0,01 \text{ gr/m}^3$  in condizioni di riferimento [2]).

In questo caso è visibile molto chiaramente il percorso del raggio laser nella zona di attraversamento dei fumi, a causa della diffrazione; in assenza di fumo il raggio è invisibile.

Resta quindi confermato [5] che, per buona combustione del gasolio, il fumo deve essere invisibile ed il metodo più sensibile per misurare piccole variazioni di fumosità è quello fondato sulla scala di Bacharach: in sostanza si esegue con la pompa un prelevamento ponderale, e il campione filtrato viene esaminato su uno sfondo bianco (carta da filtro). Le particelle di  $1.600 \text{ cm}^3$  di gas sono deposte su  $\frac{\pi 6^2}{4} \text{ mm}^2$  di car-

ta. Risulta da uno studio in argomento che sensibilità analoga sarebbe raggiunta da un opacimetro con un percorso ottico di  $57 \text{ m}$ , pari appunto a  $(1,60 \times 10^{-3} / 0,28 \times 10^{-4}) \text{ m}^3/\text{m}^2$ . A combustione ottima di gasolio corrisponde  $n_B=0$  e si può ammettere al più negli impianti ordinari  $n_B=3$ .

#### Conclusioni.

Per quanto riguarda la combustione del gasolio negli impianti ordinari, le prove eseguite confermano che il metodo più sensibile per rilevare la presenza di particelle solide è quello di Bacharach. Sembra ragionevole esten-

dere questo risultato a tutte le caldaie funzionanti a gasolio (cioè praticamente fino alla potenzialità di  $500.000 \text{ kcal/h}$ ).

In queste condizioni la determinazione ponderale (concentrazione di particelle nei fumi) e l'indice di fumosità (scala di Ringelmann e opacimetri) non sono praticamente utili.

Il metodo basato sull'uso della pompa di Bacharach ha quindi il pregio di essere quello di maggiore affidamento nel campo esaminato, oltre al pregio tutt'altro che trascurabile di essere economico e semplice da usare.

Per quanto riguarda gli strumenti di analisi ottica dei fumi, pur tenendo conto che sono destinati ad altri combustibili e campi di potenzialità, l'esperienza nel loro uso acquisita durante le prove permette di concludere che una loro applicazione di pieno affidamento è per ora limitato a casi particolari: oltre al problema di una corretta installazione e manutenzione, rimane non chiarito quello della taratura.

Si ritiene che questa debba essere fatta per confronto con la scala di Ringelmann: esistono in commercio apparecchi già tarati in questo modo, e sono disponibili norme precise per eseguire questa operazione in laboratorio.

Per quanto riguarda i prelevamenti ponderali, questi interessano la combustione delle nafta e praticamente lo stesso campo di potenzialità in cui è richiesta l'indicazione di opacità dei fumi: l'uso dell'apparecchiatura legale è molto più difficile di quelli precedenti e si ritiene verrà, almeno per il momento, limitato a casi particolari.

È in definitiva auspicabile che vengano sempre più presi in considerazione e realizzati praticamente questi tipi di misura, tenendo conto che un uso corretto ed esteso ad un gran numero di persone richiederà un certo tempo; tuttavia è soprattutto neces-

sario che il controllo della bontà della combustione di tutti gli impianti si basi su metodi scientificamente fondati. Purtroppo il controllo sul funzionamento del gruppo caldaia-bruciatore viene fatto molto spesso all'atto dell'installazione dell'impianto (soprattutto se piccolo) dando un'occhiata alla fiamma, senza misurare né la temperatura dei fumi, né tanto meno la percentuale di anidride carbonica e la fumosità.

Paolo Anglesio

L'autore ringrazia il Prof. Cesare Codegone, direttore dell'Istituto di Fisica Tecnica, per i suggerimenti avuti nel corso di questo lavoro.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] SALVI G., *La Combustione*, Tamburini Editore, Milano, 1968, p. 707.
- [2] Regolamento per l'esecuzione della legge 13 luglio 1966, n. 615, recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico limitatamente al settore degli impianti termici, Supplemento ordinario alla *Gazzetta Ufficiale*, n. 6, del 9 gennaio 1968.
- [3] BATTISTON M. N. - TESIO M., *La concentrazione di particelle solide nei gas di camino, in relazione a differenti condizioni di combustione*, « Termotecnica », XV, 1961, 527.
- [4] B. S., 2742: 1958, *Use of the Ringelmann chart*.
- [5] A.S.T.M. D 2156 - 63 T - *Smoke density in the flue gases from distillate fuels*, p. 659.
- [6] B. S. 2811: 1957 - *Smoke density indicators and recorders*.
- [7] AGUZZI - PICCININI, *Ricerca del punto di funzionamento ottimale di una caldaia mediante analisi ottiche dei fumi*, « Termotecnica », XXI, 1967, 254.
- [8] BATTISTON M. N. - TESIO M., *Contributo sperimentale allo studio della formazione di residui della combustione negli impianti di grande potenza*, « Termotecnica », XVII, 1963, 647.
- [9] RENZANIGO F., *Le depurazioni analitiche degli inquinamenti dei fumi prodotti dalla combustione negli impianti di riscaldamento domestico*, « Termotecnica », XXII, 1968, 11.

# La torsione dei solidi cilindrici a sezione trapezia

MARGHERITA CLERICO risolve il problema della torsione di solidi cilindrici a sezione trapezia facendo uso di due metodi approssimati che ne forniscono i valori in difetto e rispettivamente in eccesso. Un confronto con le soluzioni esatte, note in alcuni casi particolari, permette di valutare la precisione dei due metodi per quanto riguarda i valori, sia della rigidità torsionale, sia della sollecitazione tangenziale massima.

## 1. INTRODUZIONE

Come è ben noto, il problema della torsione di un solido cilindrico a sezione costante di asse  $z$  si riduce (teoria di Saint-Venant) alla determinazione di una funzione  $\zeta(x, y)$ , che si annulli al contorno e che soddisfi all'interno alla condizione di equilibrio:

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y \partial x} \quad (1)$$

e alla condizione di congruenza:

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} = -2. \quad (2)$$

Le componenti delle tensioni tangenziali  $\tau_{xz}$  e  $\tau_{yz}$ , sono espresse mediante le formule:

$$\begin{aligned} \tau_{xz} &= \frac{M_t}{J_t} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ \tau_{yz} &= -\frac{M_t}{J_t} \frac{\partial \zeta}{\partial x}, \end{aligned} \quad (3)$$

in cui  $M_t$  è il momento torcente e  $J_t$  la rigidità torsionale del solido, definita dalla relazione:

$$J_t = 2 \int_A \zeta \, dA, \quad (4)$$

essendo  $A$  la superficie della sezione.

Le (3) soddisfano anch'esse alla condizione di equilibrio (1) e a quella di congruenza (2), le quali possono scriversi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial y} &= 2G \frac{d\theta}{dz}, \end{aligned} \quad (5)$$

tenendo presente che:

$$\frac{M_t}{J_t} = G \frac{d\theta}{dz}, \quad (6)$$

essendo  $G$  il modulo di elasticità tangenziale e  $d\theta$  la rotazione relativa di due sezioni rette, poste alla distanza  $dz$ .

Non ci consta che, per il caso

della sezione trapezia, oggetto del presente studio, sia nota la soluzione esatta delle (1), (2).

Nel presente lavoro, per la soluzione di questo problema, vengono sviluppati due calcoli approssimati basati sulla proprietà di minimo dell'espressione seguente, che rappresenta la differenza fra il lavoro di deformazione e il lavoro compiuto dalle forze esterne:

$$W = \frac{1}{2} \int_V \sum_{i=1}^6 \sigma_i \varepsilon_i \, dV - \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \times \vec{u}_i, \quad (7)$$

le grandezze  $\sigma_i$ ,  $\varepsilon_i$ ,  $\vec{F}_i$ ,  $\vec{u}_i$  e  $V$  sono rispettivamente le tensioni, le deformazioni, le forze esterne, gli spostamenti e il volume del solido elastico.

È noto infatti che la grandezza  $W$  risulta minima per la configurazione di tensioni effettive (equilibrata e congruente), considerata, sia come l'unica configurazione congruente fra le infinite configurazioni di equilibrio (generalizzazione del teorema di Menabrea), sia come l'unica configurazione di equilibrio fra le infinite congruenti (teorema di minima energia potenziale totale).

Per la risoluzione approssimata del problema della torsione in base ai due principi di minimo suddetti, si assume per la funzione  $\zeta(x, y)$  una combinazione lineare di funzioni  $f_i(x, y)$ , scelte opportunamente, con le sole condizioni che ciascuna di esse soddisfi (I principio) alla condizione  $\zeta(x, y) = 0$  sul contorno o (II principio) alle condizioni che  $f_0(x, y)$  soddisfi alla (2), con  $c_0 = 1$ , e che le rimanenti  $f_i(x, y)$  siano funzioni armoniche, secondo l'espressione:

$$\zeta(x, y) = \sum_{i=0}^n c_i f_i(x, y). \quad (8)$$

I valori dei coefficienti  $c_i$  della combinazione suddetta vengono poi determinati con la condizione

che sia minima l'espressione  $W$  (1), che cioè siano nulle le derivate parziali di  $W$  rispetto ai coefficienti stessi.

Nel caso dei solidi cilindrici a sezione costante di asse  $z$ , la (7), per un tronco di lunghezza unitaria (essendo  $\gamma_{xz}$  e  $\gamma_{yz}$  gli scorrimenti), si può scrivere:

$$W = \frac{1}{2} \int_A (\tau_{xz} \gamma_{xz} + \tau_{yz} \gamma_{yz}) \, dA - M_t \frac{d\theta}{dz}, \quad (9)$$

che tenendo presenti le (3), (4) e (6) diventa:

$$W = \frac{1}{2} \int_A \left[ \left( \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right)^2 \right] \, dA - 2 \int_A \zeta(x, y) \, dA; \quad (10)$$

ponendo quindi eguale a zero le  $\partial W / \partial c_i$ , si ottengono (I principio) le  $n+1$  espressioni seguenti:

$$\int_A \left( \frac{\partial f_i}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial f_i}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) \, dA = 0 \quad (11)$$

$$= 2 \int_A f_i(x, y) \, dA \quad (i=0, 1, \dots, n)$$

o (II principio), essendo  $c_0 = 1$  e le  $f_i(x, y)$  (con  $i=1, 2, \dots, n$ ) armoniche, le  $n$  espressioni seguenti:

$$\int_A \left( \frac{\partial f_i}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial f_i}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right) \, dA = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

Si può dimostrare che le soluzioni approssimate, ottenute mediante l'applicazione dei due principi suddetti, danno luogo rispettivamente a valori della rigidità torsionale  $J_t$  in eccesso e in difetto. L'applicazione di tutte e due i principi consente perciò di stabilire dei limiti per la rigidità torsionale.

(1) Le condizioni di minimo a cui si giunge in tal modo possono essere interpretate come derivanti da un'applicazione del principio dei lavori virtuali, come, ad esempio, è indicato in P. CICCALA: « Applicazioni delle matrici in elasticità e in elastodinamica ».

## 2. TORSIONE DI SOLIDI CILINDRICI A SEZIONE TRAPEZIA

I due procedimenti, sopra indicati, sono stati applicati al caso della sezione trapezia (fig. 1), di cui non sono note soluzioni analitiche approssimate.

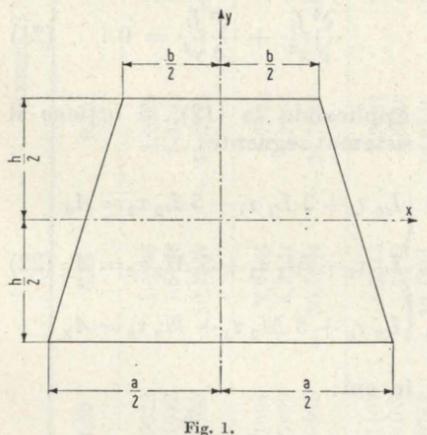
a) *I procedimento. Ricerca di una soluzione quasi congruente fra una certa classe di funzioni equilibrate.*

Si assume in base alla (8) per la funzione  $\zeta(x, y)$  l'espressione approssimata (2):

$$\begin{aligned} \zeta(x, y) &= \sum_{i=0}^n c_i f_0(x, y) x^{2i} = \\ &= \sum_{i=0}^n c_i \left[ \left( y^2 - \frac{h^2}{4} \right) x^2 + \varphi(y) \right] x^{2i}, \end{aligned} \quad (13)$$

in cui:

$$\begin{aligned} \varphi(y) &= -\frac{(a-b)^2}{4h^2} y^4 + \\ &+ \frac{a^2-b^2}{4h} y^3 - \frac{ab}{4} y^2 - \\ &- \frac{h(a^2-b^2)}{16} y + \frac{h^2(a+b)^2}{64}. \end{aligned}$$



Poiché  $f_0(x, y)$  coincide col prodotto delle quattro espressioni seguenti:

$$\begin{aligned} y - \frac{h}{2}; \\ y + \frac{h}{2}; \\ x + \frac{a-b}{2h} y - \frac{a+b}{4}; \\ x - \frac{a-b}{2h} y + \frac{a+b}{4}; \end{aligned} \quad (14)$$

(2) La sommatoria delle  $f_i(x, y)$  è stata interrotta per  $n=2$ , poiché, già quest'ultima funzione, faceva variare il valore di  $J_t$  soltanto di meno del 2%.

che, eguagliate a zero, rappresentano le equazioni delle rette su cui giacciono i lati del trapezio e le rimanenti  $f_i$  sono poste uguali al prodotto:

$$f_i(x, y) = f_0(x, y) x^{2i}, \quad i=1 \text{ e } 2 \quad (15)$$

ciascuna di esse si annullerà certamente sul contorno del trapezio stesso, soddisfacendo quindi alla condizione di equilibrio.

Applicando la (11), si ottiene il sistema seguente:

$$\begin{cases} L_0 \gamma_0 + \frac{1}{336} L_1 \gamma_1 + \frac{1}{1792} L_2 \gamma_2 = A_0 \\ \frac{1}{3} L_1 \gamma_0 + \frac{1}{8} M_1 \gamma_1 + \frac{1}{32} M_2 \gamma_2 = A_1 \\ L_2 \gamma_0 + \frac{1}{2} M_2 \gamma_1 + \frac{1}{384} N_2 \gamma_2 = A_2, \end{cases} \quad (16)$$

in cui:

$$\alpha = \frac{h}{a}, \quad \beta = \frac{b}{a}, \quad \gamma_0 = c_0 a^2, \quad \gamma_1 = c_1 a^4 \text{ e } \gamma_2 = c_2 a^6,$$

mentre i coefficienti, che vi figurano, hanno le espressioni seguenti:

$$L_0 = \frac{(1-\beta)^4}{7} + \frac{\alpha^2(1-\beta)^2}{7} + \frac{5(1-\beta^2)^2}{12} + \frac{\alpha^2(1+\beta)^2}{3} + \frac{(1+\beta)^4}{12};$$

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{(1-\beta)^6}{2} + \frac{\alpha^2(1-\beta)^4}{3} + \frac{13(1-\beta)^4(1+\beta)^2}{4} + 2\alpha^2(1-\beta^2)^2 + \\ &+ \frac{14(1-\beta)^2(1+\beta)^4}{5} + \frac{7\alpha^2(1+\beta)^4}{5} + \frac{(1+\beta)^6}{4}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_2 &= \frac{2(1-\beta)^8}{33} + \frac{\alpha^2(1-\beta)^6}{33} + \frac{15(1-\beta)^6(1+\beta)^2}{2} + \\ &+ \frac{\alpha^2(1-\beta)^4(1+\beta)^2}{3} + \frac{27(1-\beta^2)^4}{20} + \frac{3\alpha^2(1-\beta)^2(1+\beta)^4}{5} + \\ &+ \frac{11(1-\beta)^2(1+\beta)^6}{20} + \frac{\alpha^2(1+\beta)^6}{5} + \frac{(1+\beta)^8}{36}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= \frac{(1-\beta)^8}{33} + \frac{\alpha^2(1-\beta)^6}{18} + \frac{25(1-\beta)^6(1+\beta)^2}{72} + \\ &+ \frac{11\alpha^2(1-\beta)^4(1+\beta)^2}{18} + \frac{27(1-\beta^2)^4}{40} + \frac{11\alpha^2(1-\beta)^2(1+\beta)^4}{10} + \\ &+ \frac{11(1-\beta)^2(1+\beta)^6}{40} + \frac{11\alpha^2(1+\beta)^6}{30} + \frac{(1+\beta)^8}{72}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{25(1-\beta)^{10}}{6864} + \frac{7\alpha^2(1-\beta)^8}{1144} + \frac{205(1-\beta)^8(1+\beta)^2}{3168} + \\ &+ \frac{7\alpha^2(1-\beta)^6(1+\beta)^2}{66} + \frac{2(1-\beta)^6(1+\beta)^4}{9} + \frac{7\alpha^2(1-\beta^2)^4}{20} + \\ &+ \frac{23(1-\beta)^4(1+\beta)^6}{112} + \frac{3\alpha^2(1-\beta)^2(1+\beta)^6}{10} + \end{aligned}$$

$$+ \frac{7(1-\beta)^2(1+\beta)^8}{144} + \frac{7\alpha^2(1+\beta)^8}{120} + \frac{5(1+\beta)^{10}}{3168};$$

$$N_2 = \frac{7(1-\beta)^{12}}{286} + \frac{\alpha^2(1-\beta)^{10}}{22} + \frac{2135(1-\beta)^{10}(1+\beta)^2}{3432} +$$

$$+ \frac{25\alpha^2(1-\beta)^8(1+\beta)^2}{22} + \frac{875(1-\beta)^8(1+\beta)^4}{264} +$$

$$+ \frac{65\alpha^2(1-\beta)^6(1+\beta)^4}{11} + \frac{65(1-\beta^2)^6}{12} + \frac{65\alpha^2(1-\beta)^4(1+\beta)^6}{7} +$$

$$+ \frac{35(1-\beta)^4(1+\beta)^8}{12} + \frac{65\alpha^2(1-\beta)^2(1+\beta)^8}{14} +$$

$$+ \frac{119(1-\beta)^2(1+\beta)^{10}}{264} + \frac{13\alpha^2(1+\beta)^{10}}{22} + \frac{35(1+\beta)^{12}}{3432};$$

$$A_0 = (1-\beta)^2 + \frac{5}{3}(1+\beta)^2;$$

$$A_1 = (1-\beta)^4 + \frac{14(1-\beta^2)^2}{3} + \frac{7(1+\beta)^4}{3};$$

$$A_2 = \frac{(1-\beta)^6}{3} + 3(1-\beta)^4(1+\beta)^2 + \frac{21(1-\beta)^2(1+\beta)^4}{5} + (1+\beta)^6.$$

La risoluzione del sistema (16) ha permesso di determinare, per i valori delle coppie  $\alpha = h/a$  e  $\beta = b/a$  della *Tabella I* (3), i corrispondenti valori dei coefficienti  $\gamma_0, \gamma_1$  e  $\gamma_2$ , noti i quali, è possibile calcolare, per ciascuna delle coppie  $\alpha$  e  $\beta$ , il valore, approssimato per difetto, della rigidità torsionale del solido cilindrico, che, in base alla (4), viene espressa:

$$J_i = a^4 \left[ \frac{1}{240} \gamma_0 A_0 + \frac{1}{26880} \gamma_1 A_1 + \frac{1}{430080} \gamma_2 A_2 \right] \alpha^2 (1+\beta) \quad (17)$$

e delle componenti delle tensioni tangenziali che, in base alla (3), vengono espresse:

$$\tau_{xz}^I = a \frac{M_i}{J_i} \left( 2\xi^2 \eta - \frac{(1-\beta)^2}{\alpha^2} \eta^3 + \frac{3(1-\beta^2)}{4\alpha} \eta^2 - \frac{\beta}{2} \eta - \frac{\alpha(1-\beta^2)}{16} \right) \cdot$$

$$\cdot (\gamma_0 + \gamma_1 \xi^2 + \gamma_2 \xi^4). \quad (18)$$

$$\tau_{yz}^I = -a \frac{M_i}{J_i} 2\xi \left[ \left( \eta^2 - \frac{\alpha^2}{4} \right) (\gamma_0 + 2\gamma_1 \xi^2 + 3\gamma_2 \xi^4) + \frac{1}{4} \left( \frac{(1-\beta)^2}{\alpha^2} \eta^4 + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \frac{1-\beta^2}{\alpha} \eta^3 - \beta \eta^2 - \frac{\alpha(1-\beta^2)}{4} \eta + \frac{\alpha^2(1+\beta)^2}{16} \right) (\gamma_1 + 2\gamma_2 \xi^2) \right],$$

$$\text{in cui } \xi = \frac{x}{a} \text{ e } \eta = \frac{y}{a}.$$

(3) I coefficienti suddetti non sono stati calcolati per valori di  $\alpha$  e  $\beta$  minori di 0,5 poichè è ben nota una soluzione approssimata del problema della torsione di solidi cilindrici a sezione allungata [3].

b) *II Procedimento. Ricerca di una soluzione quasi equilibrata fra una certa classe di funzioni congruenti.*

Si assume, in base alla (8), per la funzione  $\zeta(x, y)$  l'espressione approssimata (4):

$$\zeta^{\text{II}}(x, y) = -y^2 + \frac{h^2}{4} +$$

$$+ \sum_{i=0}^2 (-1)^i c_i \text{Cos}(2i+1) \frac{\pi x}{h} \quad (19)$$

$$\text{cos}(2i+1) \frac{\pi y}{h},$$

composta di quattro funzioni, scelte a sentimento, di cui la prima:

$$f_0(y) = -y^2 + \frac{h^2}{4} \quad (20)$$

verifica la condizione di congruenza (2), mentre le altre  $f_i(x, y)$ , essendo funzioni armoniche, sono tali che:

$$\frac{\partial^2 f_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f_i}{\partial y^2} = 0. \quad (21)$$

Applicando la (12), si ottiene il sistema seguente:

$$\begin{cases} L_0 \tau_0 + 3 L_1 \tau_1 + 5 L_2 \tau_2 = A_0 \\ L_1 \tau_0 + M_1 \tau_1 + 5 M_2 \tau_2 = A_1 \\ L_2 \tau_0 + 3 M_2 \tau_1 + N_2 \tau_2 = A_2 \end{cases} \quad (22)$$

in cui:

$$\alpha = \frac{h}{a},$$

$$\beta = \frac{b}{a},$$

$$\tau_0 = \frac{c_0}{a^2},$$

$$\tau_1 = \frac{c_1}{a^2},$$

$$\tau_2 = \frac{c_2}{a^2},$$

(4) La sommatoria delle  $f_i$  è stata interrotta per  $n=2$ , poichè, già quest'ultima, faceva variare il valore di  $J_i$  soltanto di meno del 2‰.

TABELLA I

$\beta$	$\alpha$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
0,50		4,4520(1)	4,2692	4,0823	3,8946	3,7086	3,5265	3,3498	3,1795	3,0163	2,8608	2,7131
		13,3585(2)	11,0607	9,1942	7,6748	6,4342	5,4175	4,5810	3,8900	3,3166	2,8389	2,4393
0,55		—	74,4747	61,0100	50,1239	41,2994	34,1233	28,2674	23,4718	19,5303	16,2793	13,5885
		4,4825	4,2982	4,1094	3,9195	3,7313	3,5469	3,3680	3,1957	3,0306	2,8733	2,7240
0,60		11,1236	9,1745	7,5999	6,3241	5,2864	4,4388	3,7436	3,1707	2,6966	2,3025	1,9735
		—	46,5465	37,6201	30,5004	24,7985	20,2125	16,5080	13,5029	11,0555	9,0546	7,4128
0,65		4,4819	4,2990	4,1109	3,9213	3,7332	3,5487	3,3696	3,1969	3,0316	2,8739	2,7243
		10,1174	8,3433	6,9103	5,7493	4,8050	4,0337	3,4011	2,8799	2,4485	2,0900	1,7907
0,70		—	28,8976	23,0761	18,4811	14,8356	11,9287	9,5996	7,7250	6,2099	4,9806	3,9798
		4,4513	4,2724	4,0877	3,9010	3,7152	3,5327	3,3552	3,1840	3,0199	2,8633	2,7146
0,75		9,7805	8,0866	6,7130	5,5962	4,6854	3,9398	3,3270	2,8211	2,4019	2,0530	1,7613
		—	17,4604	13,8542	11,0143	8,7663	6,9781	5,5492	4,4026	3,4790	2,7325	2,1274
0,80		4,3938	4,2212	4,0421	3,8603	3,6789	3,5002	3,3262	3,1579	2,9964	2,8422	2,6955
		9,6978	8,0536	6,7106	5,6126	4,7129	3,9735	3,3638	2,8591	2,4397	2,0899	1,7969
0,85		—	9,5081	7,6047	6,0750	4,8441	3,8520	3,0508	2,4027	1,8772	1,4506	1,1037
		4,3129	4,1483	3,9766	3,8015	3,6261	3,4529	3,2836	3,1198	2,9621	2,8113	2,6677
0,90		9,6196	8,0331	6,7247	5,6470	4,7586	4,0249	3,4173	2,9126	2,4920	2,1401	1,8446
		—	3,5390	3,0195	2,5276	2,0847	1,6971	1,3644	1,0822	0,8448	0,6462	0,4809
0,95		4,2119	4,0565	3,8934	3,7264	3,5584	3,3920	3,2289	3,0705	2,9178	2,7715	2,6319
		9,4345	7,9285	6,6719	5,6276	4,7607	4,0406	3,4416	2,9419	2,5240	2,1732	1,8780
1,00		2,1175	1,0723	0,4720	0,1384	0,0358	0,1158	0,1410	0,1355	0,1138	0,0846	0,0532
		4,0935	3,9483	3,7949	3,6370	3,4775	3,3189	3,1630	3,0112	2,8644	2,7234	2,5886
0,90		9,1233	7,7187	6,5313	5,5347	4,7010	4,0043	3,4217	2,9336	2,5238	2,1787	1,8873
		6,6923	4,4754	3,0346	2,0869	1,4566	1,0332	0,7463	0,5503	0,4154	0,3220	0,2569
0,95		3,9607	3,8261	3,6832	3,5352	3,3852	3,2353	3,0874	2,9429	2,8028	2,6679	2,5385
		8,7136	7,4217	6,3146	5,3760	4,5847	3,9192	3,3596	2,8888	2,4919	2,1566	1,8725
1,00		9,6316	6,6681	4,6913	3,3513	2,4292	1,7855	1,3303	1,0044	0,7683	0,5954	0,4675
		3,8162	3,6927	3,5606	3,4232	3,2831	3,1426	3,0034	2,8669	2,7341	2,6057	2,4823
0,95		8,2464	7,0678	6,0448	5,1691	4,4253	3,7959	3,2640	2,8144	2,4339	2,1114	1,8373
		10,9677	7,6901	5,4805	3,9653	2,9095	2,1629	1,6276	1,2387	0,9529	0,7404	0,5809

(1)  $\gamma_0$  (2)  $\gamma_1$  (3)  $\gamma_2$

TABELLA II

$\beta$	$\alpha$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
0,50	—	1,0040(1)	1,5339	2,2105	3,0416	4,0320	5,1821	6,4871	7,9259	9,3858	17,6511	14,0236
—	—	0,0107(2)	0,0370	0,1036	0,2510	0,5501	1,1305	2,2665	4,7299	12,4129	206,6548	13,1116
—	—	0,0082(3)	0,0376	0,1358	0,4101	1,0837	2,6087	5,9778	13,9669	40,3575	730,9233	50,2164
0,55	—	0,9540	1,4632	2,1155	2,9185	3,8744	4,9750	6,1615	7,4356	8,8233	11,4992	13,4370
—	—	0,0134	0,0448	0,1252	0,3108	0,7230	1,6894	4,6963	154,6358	7,4275	3,4976	1,5452
—	—	0,0075	0,0350	0,1297	0,4076	1,1540	3,1765	10,1287	374,6675	19,9475	10,4262	5,4515
0,60	—	0,9046	1,3924	2,0183	2,7853	3,6704	4,7820	6,0005	7,3501	8,8233	11,1153	13,0633
—	—	0,0165	0,0555	0,1625	0,4509	1,3950	3,8832	10,232	30,232	0,8357	0,232	1,0779
—	—	0,0069	0,0336	0,1322	0,4686	1,7728	5,3465	15,8832	43,3549	1,9468	0,3463	1,8024
0,65	—	0,8552	1,3189	1,9037	2,3974	3,7776	4,7987	6,0346	7,4486	9,0353	10,7924	12,7182
—	—	0,0214	0,0784	0,2928	0,8293	2,597	7,6446	20,368	56,0246	0,5364	1,2655	2,2733
—	—	0,0067	0,0362	0,1836	0,612	1,2401	3,7571	10,4817	30,0631	0,6250	1,6710	3,1325
0,70	—	0,8011	1,1786	1,9371	2,6409	3,5282	4,5822	5,8036	7,1938	8,7534	10,4822	12,3795
—	—	0,0361	0,153	0,3212	0,91740	2,5924	7,0356	20,250	56,091	1,1447	1,9127	2,9676
—	—	0,0084	0,1078	0,4194	1,4045	0,722	2,0105	5,1869	14,4992	0,9819	1,6504	2,4889
0,75	—	0,8037	1,2237	1,7898	2,5027	3,3700	4,3976	5,5898	6,9494	8,4776	10,1750	12,0411
—	—	0,0481	0,287	0,9136	2,6238	0,1047	2,556	7,098	20,063	1,4897	2,3093	3,4175
—	—	0,0078	0,0069	0,0049	0,0069	0,0404	0,1108	0,2323	0,4117	0,6390	0,8777	1,0551
0,80	—	0,7329	1,1489	1,6951	2,3834	3,2229	4,2205	5,3812	6,7082	8,2034	9,8675	11,7005
—	—	0,0002	0,0082	0,0319	0,0848	0,1868	0,3643	0,6501	1,0825	1,7049	2,5649	3,7134
—	—	0,0001	0,0010	0,0049	0,0150	0,0345	0,0640	0,0956	0,1065	0,0508	0,1491	0,6096
0,85	—	0,6864	1,0832	1,6066	2,2689	3,0796	4,0464	5,1745	6,4678	7,9285	9,5578	11,3561
—	—	0,0058	0,0190	0,0501	0,1137	0,2299	0,4251	0,7315	1,1863	1,8315	2,7129	3,8790
—	—	0,0002	0,0008	0,0020	0,0028	0,0014	0,0231	0,0877	0,2406	0,5540	1,1333	2,1234
0,90	—	0,6426	1,0200	1,5203	2,1562	2,9378	3,8729	4,9676	6,2261	7,6511	9,2442	11,0062
—	—	0,0081	0,0237	0,0587	0,1276	0,2506	0,4532	0,7664	1,2262	1,8726	2,7492	3,9022
—	—	0,0001	0,0006	0,0031	0,0121	0,0384	0,1029	0,2425	0,5159	1,0095	1,8427	3,1726
0,95	—	0,5996	0,9575	1,4346	2,0437	2,7955	3,6983	4,7587	5,9812	7,3693	8,9248	10,6488
—	—	0,0087	0,0248	0,0601	0,1285	0,2493	0,4466	0,7499	1,1930	1,8139	2,6538	3,7567
—	—	0,0003	0,0016	0,0064	0,0210	0,0586	0,1433	0,3155	0,6369	1,1958	2,1120	3,5401

(1)  $10^2 \tau_0$  (2)  $10^4 \tau_1$  (3)  $10^6 \tau_2$ 

mentre i coefficienti, che vi figurano, hanno le espressioni seguenti:

$$L_0 = \frac{2}{1-\beta} \left( \cos \frac{\pi}{\alpha} - \cos \frac{\pi\beta}{\alpha} \right);$$

$$L_1 = (1-\beta) \left\{ \frac{1}{2[(1-\beta)^2 + \alpha^2]} \left( \cos \frac{2\pi}{\alpha} - \cos \frac{2\pi\beta}{\alpha} \right) + \frac{2}{(1-\beta)^2 + 16\alpha^2} \left( \cos \frac{\pi}{\alpha} - \cos \frac{\pi\beta}{\alpha} \right) \right\};$$

$$L_2 = (1-\beta) \left\{ \frac{1}{2[(1-\beta)^2 + 9\alpha^2]} \left( \cos \frac{2\pi}{\alpha} - \cos \frac{2\pi\beta}{\alpha} \right) + \frac{2}{9(1-\beta)^2 + 16\alpha^2} \left( \cos \frac{3\pi}{\alpha} - \cos \frac{3\pi\beta}{\alpha} \right) \right\};$$

$$M_1 = \frac{2}{3(1-\beta)} \left( \cos \frac{3\pi}{\alpha} - \cos \frac{3\pi\beta}{\alpha} \right);$$

$$M_2 = (1-\beta) \left\{ \frac{1}{2[4(1-\beta)^2 + \alpha^2]} \left( \cos \frac{4\pi}{\alpha} - \cos \frac{4\pi\beta}{\alpha} \right) + \frac{2}{(1-\beta)^2 + 64\alpha^2} \left( \cos \frac{\pi}{\alpha} - \cos \frac{\pi\beta}{\alpha} \right) \right\};$$

$$N_2 = \frac{2}{5(1-\beta)} \left( \cos \frac{5\pi}{\alpha} - \cos \frac{5\pi\beta}{\alpha} \right);$$

$$A_0 = -\frac{16\alpha^2}{\pi[(1-\beta)^2 + 4\alpha^2]} \left\{ (1-\beta) \left( \cos \frac{\pi}{2\alpha} - \cos \frac{\pi\beta}{2\alpha} \right) - \frac{4\alpha[(1-\beta)^2 - 4\alpha^2]}{\pi[(1-\beta)^2 + 4\alpha^2]} \left( \sin \frac{\pi}{2\alpha} + \sin \frac{\pi\beta}{2\alpha} \right) \right\};$$

$$A_1 = -\frac{16\alpha^2}{9\pi[(1-\beta)^2 + 4\alpha^2]} \left\{ (1-\beta) \left( \cos \frac{3\pi}{2\alpha} - \cos \frac{3\pi\beta}{2\alpha} \right) - \frac{4\alpha[(1-\beta)^2 - 4\alpha^2]}{3\pi[(1-\beta)^2 + 4\alpha^2]} \left( \sin \frac{3\pi}{2\alpha} + \sin \frac{3\pi\beta}{2\alpha} \right) \right\};$$

$$A_2 = -\frac{16\alpha^2}{25\pi[(1-\beta)^2 + 4\alpha^2]} \left\{ (1-\beta) \left( \cos \frac{5\pi}{2\alpha} - \cos \frac{5\pi\beta}{2\alpha} \right) - \frac{4\alpha[(1-\beta)^2 - 4\alpha^2]}{5\pi[(1-\beta)^2 + 4\alpha^2]} \left( \sin \frac{5\pi}{2\alpha} + \sin \frac{5\pi\beta}{2\alpha} \right) \right\}.$$

La risoluzione del sistema (22) ha permesso di determinare, per i valori delle coppie  $\alpha = h/a$  e  $\beta = b/a$  della Tabella II, i corrispondenti valori dei coefficienti  $\tau_0$ ,  $\tau_1$  e  $\tau_2$ , noti i quali, è possibile calcolare, per ciascuna delle coppie  $\alpha$  e  $\beta$ , il valore, approssimato per eccesso, della rigidità torsionale del solido cilindrico, che, in base alla (4), viene espressa:

$$J_i^{\text{II}} = a^4 \left\{ \frac{1}{6} \alpha^3 (1+\beta) + \frac{16\alpha^4}{\pi^2 [(1-\beta)^2 + 4\alpha^2]} \cdot \sum_{i=0}^2 \frac{\tau_i}{(2i+1)^2} \left[ \left( \sin (2i+1) \frac{\pi}{2\alpha} + \sin (2i+1) \frac{\pi\beta}{2\alpha} \right) \right] \right\} \quad (23)$$

e delle componenti delle tensioni tangenziali che, in base alla (3), vengono espresse:

$$\tau_{xz}^{\text{II}} = -a \frac{M_i}{J_i^{\text{II}}} \left[ 2\eta + \sum_{i=0}^2 (-1)^i \tau_i (2i+1) \frac{\pi}{\alpha} \cos (2i+1) \frac{\pi\xi}{\alpha} \cdot \sin (2i+1) \frac{\pi\eta}{\alpha} \right]; \quad (24)$$

$$\tau_{yz}^{\text{II}} = -a \frac{M_i}{J_i^{\text{II}}} \sum_{i=0}^2 (-1)^i \tau_i (2i+1) \frac{\pi}{\alpha} \sin (2i+1) \frac{\pi\xi}{\alpha} \cdot \cos (2i+1) \frac{\pi\eta}{\alpha},$$

in cui

$$\xi = \frac{x}{a} \text{ e } \eta = \frac{y}{a}.$$

### 3. CONCLUSIONI

Nella Tabella III sono riportati per i tre casi della sezione quadrata ( $\alpha = 1$ ;  $\beta = 1$ ), della sezione rettangolare ( $\beta = 1$ ) con  $\alpha = 0,5$  e della sezione a forma di triangolo equilatero ( $a = \sqrt{3}/2$ ;  $\beta = 0$ ), per i quali sono noti i valori esatti della rigidità  $J_i$ , i rapporti  $\lambda_I$  e  $\lambda_{II}$  delle rigidità

$\alpha$	$\beta$	$\lambda_I$	$\lambda_{II}$
1	1	1	1
0,5	1	1	1
$\sqrt{3}/2$	0	0,86	1,91

calcolate rispettivamente coi metodi I e II alle rigidità ottenute con la teoria esatta. Si osserva che nel caso del quadrato e del rettangolo, sia il metodo I, sia il metodo II forniscono errori percentuali molto piccoli (rispettivamente in difetto e in eccesso, come risulta dalla teoria generale). Per il triangolo, che può in qualche modo immaginarsi come il limite di un trapezio in cui si annulli la base minore (con  $\alpha = \sqrt{2}/3$ ), l'errore ottenuto col metodo II è invece di gran lunga superiore a quello ottenuto col metodo I.

Nella Tabella IV sono riportati i valori  $\delta_I$ ,  $\delta_{II}$  dei rapporti  $100 J_i/a^4$  calcolati rispettivamente coi metodi I e II. Fino a valori  $\beta \geq 0,85$ ,  $\delta_I$  e  $\delta_{II}$  sono praticamente quasi

TABELLA IV

$\beta$	$\alpha$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
0,50	1,458 <sup>(1)</sup>	1,851	2,286	2,762	3,274	3,818	4,391	4,989	5,608	6,245	6,899	7,569
	2,001	2,503	3,052	3,643	4,271	4,933	5,628	6,362	7,187	8,060	8,981	9,944
0,55	1,599	2,028	2,505	3,025	3,584	4,177	4,801	5,452	6,126	6,820	7,529	8,254
	2,082	2,610	3,189	3,813	4,481	5,192	5,974	6,834	7,708	8,600	9,511	10,436
0,60	1,747	2,215	2,734	3,299	3,907	4,553	5,231	5,938	6,670	7,421	8,192	8,985
	2,164	2,719	3,328	3,992	4,719	5,501	6,331	7,208	8,136	9,109	10,128	11,184
0,65	1,899	2,406	2,969	3,582	4,241	4,940	5,674	6,440	7,232	8,047	8,881	9,734
	2,248	2,830	3,481	4,319	5,119	5,966	6,856	7,786	8,754	9,760	10,804	11,886
0,70	2,052	2,599	3,207	3,868	4,579	5,334	6,127	6,954	7,810	8,691	9,592	10,524
	2,336	2,987	3,545	4,287	5,060	5,874	6,725	7,608	8,519	9,453	10,406	11,386
0,75	2,203	2,791	3,443	4,154	4,919	5,731	6,584	7,475	8,397	9,346	10,318	11,314
	2,385	3,025	3,722	4,477	5,285	6,141	7,038	7,971	8,935	9,925	10,937	11,974
0,80	2,450	2,978	3,675	4,436	5,254	6,124	7,040	7,996	8,987	10,007	11,053	12,124
	2,488	3,144	3,870	4,661	5,509	6,410	7,356	8,341	9,362	10,411	11,486	12,586
0,85	2,491	3,158	3,899	4,709	5,582	6,510	7,489	8,512	9,574	10,668	11,791	12,936
	2,575	3,259	4,018	4,846	5,737	6,684	7,681	8,723	9,803	10,915	12,056	13,224
0,90	2,623	3,327	4,111	4,971	5,897	6,885	7,928	9,019	10,153	11,324	12,526	13,754
	2,663	3,376	4,168	5,035	5,971	6,967	8,019	9,120	10,262	11,442	12,654	13,886
0,95	2,744	3,485	4,311	5,218	6,198	7,245	8,352	9,511	10,719	11,968	13,252	14,574
	2,754	3,497	4,325	5,234	6,216	7,265	8,375	9,538	10,749	12,000	13,288	14,614

<sup>(1)</sup> I valori in grassetto sono quelli relativi a  $\delta_I$

identici. Quando invece, per valori di  $\beta$  maggiori, la loro differenza cresce sensibilmente, sembra opportuno, in base a quanto precede, adottare il valore  $\delta_I$ , certamente più preciso di  $\delta_{II}$ .

Anche per quanto riguarda le sollecitazioni, un'idea della precisione dei risultati ottenuti può aversi confrontando i valori della sollecitazione tangenziale massima (nel punto di mezzo della base maggiore), nei tre casi prima detti, per cui si conosce la soluzione esatta, con quelli che negli stessi punti sono forniti dalla teoria approssimata I e II.

Nella *Tabella V* sono riportati i rapporti  $\mu_I$ ,  $\mu_{II}$  fra la  $\tau_{max}$  e quella ottenuta coi metodi I e II.

$\alpha$	$\beta$	$\mu_I$	$\mu_{II}$
1	1	0,98	1
0,5	1	0,99	1
$\sqrt{3}$	0	1,36	0,59

Si osserva anche adesso che nel caso del quadrato e del rettangolo  $\mu_I$  e  $\mu_{II}$  sono all'incirca uguali all'unità, mentre nel caso limite del triangolo se ne discostano alquanto pur restando la loro media aritmetica sempre praticamente uguale ad 1.

Nella *Tabella VI* sono riportati i valori dei rapporti  $\nu_I = \frac{a^3 \tau_{max}^I}{M_t}$  e  $\nu_{II} = \frac{a^3 \tau_{max}^{II}}{M_t}$  per alcuni valori di  $\beta$  e di  $\alpha$ .

Per quanto precede, conviene perciò valutare la  $\tau_{max}$  in base al valore  $\nu_m = \frac{\nu_I + \nu_{II}}{2}$ , che è quello riportato nella terza riga della tabella stessa.

Margherita Clerico

L'autrice ringrazia il Prof. Renato Giovannozzi, direttore dell'Istituto di Costruzione di Macchine del Politecnico di Torino, per i consigli di cui è stato ben largo durante lo svolgimento di questo lavoro.

#### BIBLIOGRAFIA

[1] PLACIDO CICALA, *Applicazioni delle matrici in elasticità e in elastodinamica*, Libreria Editrice Universitaria Levrotto e Bella, Torino; [2] S. TIMOSHENKO, *Strength of materials*, Parte I, *Elementary theory and problems*, Macmillan and Co., Londra. [3] P. CICALA, *La torsione dei solidi cilindrici a sezione allungata*, R. Accademia delle Scienze, 1935, Torino.

TABELLA VI

$\beta$	$\alpha$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
0,50	38,17 <sup>(1)</sup>	31,71	26,79	22,91	19,82	17,32	15,26	13,54	12,10	10,88	9,83	8,93
	21,83 <sup>(2)</sup>	18,47	15,86	13,80	12,14	10,78	9,64	8,68	7,79	6,90	6,11	5,41
	30,00 <sup>(3)</sup>	25,09	21,33	18,36	15,98	14,05	12,45	11,11	9,95	8,95	8,01	7,19
0,55	35,04	29,14	24,61	21,06	18,22	15,92	14,03	12,46	11,13	10,01	9,05	8,24
	21,14	17,87	15,34	13,34	11,72	10,39	9,25	8,40	7,61	6,87	6,22	5,61
	28,09	23,51	19,98	17,20	14,97	13,16	11,64	10,43	9,48	8,56	7,79	7,07
0,60	32,07	26,69	22,55	19,32	16,72	14,61	12,88	11,44	10,23	9,20	8,31	7,54
	20,48	17,30	14,85	12,89	11,30	9,57	8,16	7,23	6,47	5,78	5,14	4,54
	26,28	22,00	18,70	16,11	14,01	12,09	11,02	9,84	8,85	7,99	7,22	6,54
0,65	29,30	24,42	20,65	17,70	15,33	13,41	11,83	10,51	9,40	8,45	7,64	6,92
	19,85	16,77	14,36	12,28	11,11	9,82	8,79	7,93	7,20	6,58	6,05	5,54
	24,58	20,60	17,51	14,99	13,22	11,62	10,31	9,22	8,30	7,41	6,65	6,01
0,70	26,77	22,33	18,91	16,22	14,06	12,30	10,86	9,65	8,63	7,77	7,03	6,38
	19,25	16,14	14,08	12,19	10,71	9,50	8,50	7,67	6,96	6,36	5,85	5,38
	23,01	19,24	16,50	14,21	12,39	10,90	9,68	8,66	7,80	7,07	6,42	5,85
0,75	24,47	20,44	17,32	14,87	12,90	11,30	9,97	8,87	7,94	7,14	6,46	5,85
	18,85	15,87	13,60	11,82	10,38	9,21	8,24	7,43	6,74	6,16	5,66	5,19
	21,66	18,16	15,46	13,35	11,64	10,26	9,11	8,15	7,34	6,65	6,01	5,54
0,80	22,40	17,73	15,89	13,65	11,85	10,39	9,17	8,16	7,31	6,58	5,95	5,48
	18,25	15,41	13,21	11,47	10,08	8,94	7,99	7,20	6,54	5,97	5,48	5,01
	20,33	17,07	14,55	12,56	10,97	9,67	8,58	7,68	6,93	6,28	5,72	5,25
0,85	20,54	17,19	14,60	12,55	10,90	9,56	8,45	7,52	6,73	6,06	5,49	5,01
	17,74	14,98	12,84	11,15	9,79	8,68	7,76	6,99	6,34	5,78	5,30	4,83
	19,14	16,09	13,72	11,35	10,35	9,12	8,11	7,26	6,54	5,92	5,40	4,93
0,90	18,87	15,81	13,44	11,56	10,05	8,81	7,79	6,93	6,21	5,60	5,07	4,60
	17,26	14,56	12,48	10,84	9,51	8,43	7,53	6,78	6,15	5,61	5,14	4,67
	18,07	15,19	12,96	11,20	9,78	8,62	7,66	6,86	6,18	5,61	5,11	4,64
0,95	17,38	14,57	12,39	10,66	9,27	8,13	7,24	6,41	5,74	5,17	4,68	4,21
	16,79	14,16	12,13	10,53	9,24	8,18	7,31	6,58	5,96	5,44	4,98	4,51
	17,09	14,37	12,26	10,60	9,26	8,16	7,31	6,50	5,85	5,32	4,85	4,38

<sup>(1)</sup>  $\nu_I$  <sup>(2)</sup>  $\nu_{II}$  <sup>(3)</sup>  $\nu_m$

# Un metodo rapido per la determinazione delle caratteristiche di riflessione di un diaframma di sbocco

ANDREA DADONE indica un metodo teorico che permette una rapida valutazione dell'onda riflessa da un diaframma di sbocco, una volta assegnati l'onda incidente ed il rapporto di strozzamento  $m$ . Per il caso di urti incidenti propagantisi in una corrente inizialmente ferma, effettua un confronto coi risultati sperimentali riportati da altri Autori. Un confronto col più complesso metodo di Rudinger mette in evidenza differenze di previsione spesso trascurabili in campo pratico.

## ELENCO DEI SIMBOLI

$a$	= velocità del suono
$d$	= diametro di gola del getto
$h_w$	= dislivello d'acqua dovuto alla differenza di pressione tra le prese di parete, misurato in [in]
$m$	= rapporto di strozzamento del diaframma
$p$	= pressione
$t$	= tempo
$u$	= velocità del gas
$x$	= ascissa lungo l'asse del tubo a partire dal diaframma di sbocco
$A_p$	= superficie della sezione interna del condotto
$D$	= diametro interno del condotto
$D_g$	= diametro di gola del diaframma, misurato in [in]
$G$	= portata massica, misurata in [lb/h] se fa riferimento alla (3)
$K$	= coefficiente di efflusso
$L$	= distanza tra una posizione di riferimento ed il diaframma
$M$	= numero di Mach
$M_g$	= numero di Mach nella sezione di gola del getto
$P, Q$	= variabili di Riemann
$Re$	= numero di Reynolds definito in [9]
$T$	= temperatura
$Y$	= fattore di influenza della comprimibilità
$\beta_i$	= $p_1/p_0$
$\beta_r$	= $p_2/p_0$
$\gamma$	= rapporto dei calori specifici
$\rho$	= densità
$\rho_2$	= densità, misurata in [lb/cu ft] se fa riferimento alla (3)
$\tau = \frac{a_0 t}{d}$	= tempo adimensionato
$\Gamma$	= coefficiente di portata, definito dalla (1).

I pedici 0, 1, 2 fanno riferimento alla fig. 1; il pedice \* indica condizioni di riferimento; il pedice  $e$  si riferisce all'ambiente in cui sbocca il diaframma.

## Introduzione.

Per la determinazione delle condizioni di un gas, in moto non stazionario in un condotto, occorre saper imporre correttamente le condizioni al contorno; tra queste si annoverano le caratteristiche di riflessione di un diaframma di sbocco utilizzato, ad esempio, al fine di misurare la portata media effluente dal condotto stesso. In tal caso la conoscenza delle caratteristiche di riflessione è utile al

fine di determinare l'entità della perturbazione indotta dall'elemento di misura sulla grandezza da misurare.

Le variazioni di pressione possono essere brusche (onde d'urto) o graduali. Lo studio della propagazione di onde non discontinue di pressione viene affrontato, salvo casi particolari, col metodo delle caratteristiche, che approssima la forma d'onda continua con una serie di gradini di ampiezza finita; ne consegue che, per conoscere completamente le caratteristiche di riflessione di un diaframma di sbocco, occorre individuarle sia per urti forti che per modeste variazioni di pressione, e sia per il caso che tali onde si propagano in una corrente inizialmente ferma che per il caso che la corrente sia inizialmente già in moto rispetto al condotto.

Rudinger ha portato un contributo notevole alla soluzione del problema in esame. In [1] ha studiato la riflessione di un urto sul fondo completamente aperto di un condotto, presentando un modello teorico, convalidato dall'esperienza, con il quale si mettono in conto i tempi di ritardo con cui la pressione allo sbocco del condotto si riporta al valore stazionario. In [2] ha studiato la riflessione di onde continue di pressione, sempre sul fondo completamente aperto di un condotto, con un modello teorico analogo a quello citato in [1]. In [3] ha studiato la riflessione di onde d'urto su un diaframma di sbocco con un modello teorico, convalidato dall'esperienza, ancora discendente da quello utilizzato in [1].

In tutti i lavori citati Rudinger ha messo in evidenza come i tempi di ritardo, necessari acciòché allo sbocco si ristabiliscano condizioni di flusso stazionario, sono di entità modesta (dell'ordine di frazioni di msec per condotti con diametri dell'ordine di 50 mm); ciononostante, in taluni casi, ne possono

derivare errori nella valutazione delle portate tutt'altro che trascurabili, come Rudinger ha messo in evidenza in [4].

Nè Rudinger, nè altri Autori, hanno invece studiato la riflessione di onde continue di pressione su diaframmi di sbocco, tenendo in conto i suddetti tempi di ritardo. Earles e Zarek in [5], Trenchouse, Imrie e Male in [6], nel quadro di una serie di studi sul problema della misura di portate di gas in regime non stazionario, hanno presentato una serie di risultati sperimentali sulle caratteristiche di riflessione di un diaframma di sbocco investito da un urto.

Earles e Zarek hanno anche tentato di correlare i loro risultati sperimentali con un metodo di previsione teorica che, sostanzialmente, ipotizza che il getto di scarico occupi tutta la sezione geometrica; dal non soddisfacente confronto tra risultati sperimentali e previsioni teoriche, deducevano che deve sussistere un certo effetto di contrazione di tale getto; l'entità di tale contrazione era poi valutata imponendo un migliore accordo tra risultati sperimentali e previsioni teoriche.

La metodologia sperimentale adottata in [5, 6] è tale da non mettere in evidenza i fenomeni di ritardo rilevati da Rudinger.

Il metodo di calcolo proposto da Rudinger in [3], per il caso di un semplice urto, è un po' laborioso. Quando se ne studiasse l'applicazione a forme di onda continue di pressione, ne deriverebbe sicuramente un metodo piuttosto complesso, e comunque non in grado di prevedere le condizioni asintotiche, corrispondenti all'instaurarsi di condizioni di flusso stazionario allo sbocco. D'altronde se il tempo, necessario per l'instaurarsi di un diverso livello di pressione in prossimità del diaframma, è grande rispetto a tali tempi di ritardo, non è necessario

tener conto di tale fenomeno [7]; quand'anche non si fosse in tale caso, è opportuno disporre di un metodo capace di fornire le condizioni asintotiche di stazionarietà.

Scopo del presente lavoro è la presentazione di un modello teorico per la valutazione delle caratteristiche di riflessione di un diaframma di sbocco; esso considera nulli i tempi di ritardo messi in evidenza da Rudinger, e quindi è particolarmente semplificato nei calcoli rispetto a quello che si potrebbe ottenere basandosi sul modello proposto da Rudinger in [3]. Tale modello è pertanto utile per il caso di lente variazioni di pressione, per valutare le condizioni asintotiche di stazionarietà e per il caso di rapide variazioni di pressione, quando si accetti un certo errore in vista di una ben maggiore rapidità di calcolo. Il metodo qui presentato è limitato al caso di flusso ovunque subsonico.

Mediante i risultati sperimentali riportati in [5, 6] è poi possibile una parziale convalida sperimentale di tale metodo. In alcuni casi semplici, infine, si confrontano i risultati ottenibili col metodo qui esposto con quelli determinabili sulla base del modello proposto da Rudinger in [3].

## Modello teorico.

Nel piano  $x, t$  un'onda di compressione o di espansione è rappresentabile con una serie infinita di linee caratteristiche omonime; quando la variazione di pressione sia modesta è usuale rappresentarla, per approssimazione, con un'unica linea caratteristica separante due regioni con gas in diverse condizioni; nel contesto si darà a linea caratteristica quest'ultimo significato.

Quando una caratteristica  $P$  (fig. 1), separante le regioni 0 ed 1, incida su un diaframma di sbocco di spessore assiale trascurabile, a causa della discontinuità da esso costituita nasce una caratteristica  $Q$ , che individua una nuova regione 2; sino all'arrivo di una ulteriore caratteristica  $P$  separante due regioni con gas in diverse condizioni, la regione 2 è zona di moto stazionario.

In ogni punto di tale regione si ha una portata:

$$G = A_p u_2 \rho_2$$

e quindi un coefficiente di portata:

$$\Gamma = \frac{G}{A_p a_* \rho_*} = \frac{u_2 \rho_2}{a_* \rho_*} \quad (1)$$

ove con l'asterisco a pedice si indicano opportune condizioni di riferimento; in particolare si assumono come condizioni di riferi-

$$\frac{2}{\gamma - 1} \left[ \frac{\gamma - 1}{4} (P_2 + Q_2) \right]^{\frac{1}{2}} \frac{P_2 - Q_2}{P_2 + Q_2} = 1.1951 m K \left[ \frac{\gamma - 1}{4} (P_2 + Q_2) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left\{ \left[ \frac{\gamma - 1}{4} (P_2 + Q_2) \right] - 1 \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \left\{ 1 - A \left[ 1 - \left( \frac{4}{(\gamma - 1)(P_2 + Q_2)} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\} \quad (6)$$

mento la pressione  $p_e$  dell'ambiente in cui sbocca il diaframma, nonchè la velocità del suono e la densità ottenibili dopo una espansione isoentropica dalle condizioni della regione 2 sino alla pressione ambiente. In tali condizioni dalla (1) si ha:

$$\Gamma = \frac{P_2}{P_e} \frac{M_2}{a_2/a_*} \quad (2)$$

La portata che effluisce nella regione 2 deve uguagliare quella che attraversa il diaframma.

Per i diaframmi di sbocco tipo ASME, Rudinger [8] suggerisce che la portata venga valutata utilizzando le espressioni ed i dati tipici dei diaframmi ASME intubati con « vena contracta taps »; in tale ipotesi da [9] si ha:

$$G = 359.1 D_g^2 K Y \sqrt{\rho_2 h_w} \quad (3)$$

Rudinger [8] suggerisce inoltre di assumere pari a quella dell'ambiente esterno la pressione esistente nella sezione di gola del getto di sbocco, purchè l'efflusso sia subsonico.

Dalle (1, 3) e dall'ipotesi suddetta si ricava:

$$\Gamma = 1.1951 m K Y \frac{\left[ \frac{P_2}{P_e} \left( \frac{P_2}{P_e} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}}}{a_2/a_*} \quad (4)$$

ove:

$$Y = 1 - A \left[ 1 - \frac{P_e}{P_2} \right]$$

$$A = \frac{0.41 + 0.35 m^2}{\gamma}$$

Imponendo la congruenza delle portate, dalle (2), (4) si ha:

$$\frac{P_2}{P_e} M_2 = 1.1951 m K \cdot \left[ \frac{P_2}{P_e} \left( \frac{P_2}{P_e} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \left[ 1 - A \left( 1 - \frac{P_e}{P_2} \right) \right] \quad (5)$$

Introducendo le variabili di Riemann:

$$P_2 = \frac{2}{\gamma - 1} \frac{a_2}{a_*} + \frac{u_2}{a_*}$$

$$Q_2 = \frac{2}{\gamma - 1} \frac{a_2}{a_*} - \frac{u_2}{a_*}$$

e sostituendo nella (5) si ricava:

La (6) lega tra loro le variabili di Riemann della regione 2; tale legame dipende esclusivamente dal rapporto di strozzamento  $m$  e dal coefficiente di efflusso  $K$ ; questo dipende a sua volta da  $m$ , dal numero di Reynolds e dal diametro del condotto; le variazioni di  $K$  col numero di Reynolds e col diametro del condotto sono però di modesta entità (secondo quanto riportato in [9]), e la loro influenza sui risultati è comunque trascurabile. Ne consegue che il legame tra  $P_2$  e  $Q_2$  dipende praticamente dal solo rapporto di strozzamento  $m$ . Tale legame è diagrammato in fig. 2, per un gas con  $\gamma = 1.4$ .

Per valori di  $m$  compresi tra 0.01 e  $(0.825)^2$  si è fatto ricorso alle tavole riportate in [9] per la determinazione di  $K$ ; i valori scelti corrispondono a  $Re = 10^5$  e  $D = 2''$ .

È stato possibile oltrepassare il limite superiore di  $m$ , sfruttando i dati stazionari riportati in [6] per  $m = 0.834$  ed interpolando o estrapolando tra i dati ASME e tali dati fino a valori di  $m = 0.85$ .

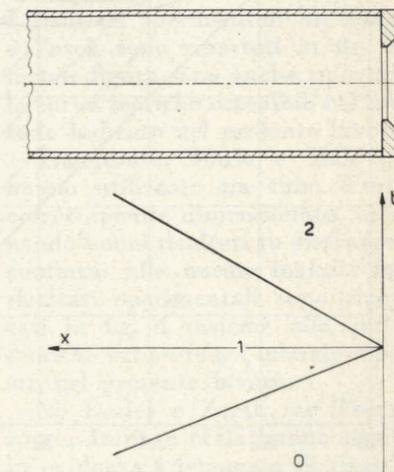


Fig. 1 - Schema e diagramma d'onda.

I valori di  $K$  utilizzati per il tracciamento delle curve di fig. 2 sono riportati nella tabella 1.

$m$	$K$
0,01	0,603
0,1	0,603
0,2	0,617
0,3	0,639
0,4	0,669
0,5	0,710
0,6	0,769
$(0,825)^2$	0,837
0,7	0,85
0,8	0,96
0,85	1,02

La linea corrispondente ad  $m=0$  è stata determinata con la relazione  $P_2 = Q_2$ , dovendo essere  $u_2 = 0$ ; la linea  $m=1$  è stata ottenuta imponendo  $p_2 = p_e$  ed ottenendone di conseguenza:

$$P_2 + Q_2 = \frac{4}{\gamma - 1}$$

La limitazione sonica, corrispondente a  $M_g = 1$ , è stata ottenuta supponendo che l'evoluzione dalla regione 2 alla sezione

ristretta  $g$  sia isentropica; imponendo la conservazione della temperatura totale in tale evoluzione si ha:

$$\left(\frac{a_2}{a_*}\right)^2 \left[1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_2^2\right] = \frac{\gamma + 1}{2} \quad (7)$$

da cui introducendo le variabili di Riemann si ottiene:

$$\frac{(\gamma - 1)^2}{8(\gamma + 1)} (P_2 + Q_2)^2 \cdot \left[1 + \frac{2}{\gamma - 1} \left(\frac{P_2 - Q_2}{P_2 + Q_2}\right)^2\right] = 1 \quad (8)$$

La (8) rappresenta l'equazione della soglia sonica, nell'ipotesi di evoluzione isentropica dalla regione 2 alla sezione ristretta.

In fig. 2 sono anche riportate le rette corrispondenti a valori di  $a_2/a_*$  prefissati; esse corrispondono all'equazione:

$$P_2 + Q_2 = \frac{4}{\gamma - 1} \frac{a_2}{a_*} \quad (9)$$

Se la caratteristica incidente, separante le regioni 0 ed 1, rap-

presenta un'onda d'urto debole od un'onda d'espansione, la caratteristica riflessa è immediatamente determinabile tramite i diagrammi di fig. 2, una volta assegnato  $m$ . Sono possibili due casi:

— sono noti  $P_0$  e  $Q_0$  nonché la variazione di  $P$  attraverso la caratteristica incidente, e si desidera conoscere il valore di  $Q_2$ . In tal caso è subito noto  $P_2$  poiché  $P_2 = P_1$ ; dalla fig. 2 sulla linea corrispondente allo stesso valore di  $m$ , noto  $P_2$ , si ricava  $Q_2$  e quindi anche il  $\Delta Q$  riflesso pari a  $Q_2 - Q_0$  essendo  $Q_1 = Q_0$ .

— sono noti le pressioni  $p_0$ ,  $p_e$  ed il rapporto di pressioni  $(p_1/p_0)$  tra la regione 1 e la regione 0; si desidera conoscere il valore di  $p_2$ . L'intersezione tra la linea corrispondente al valore di  $m$  assegnato e la retta  $a_2/a_* = (p_0/p_e)^{1/\gamma}$  individua il punto rappresentativo della regione 0 e quindi  $P_0$  e  $Q_0$ ; l'intersezione tra la retta  $a_2/a_* = (p_1/p_e)^{1/\gamma}$  e la retta  $Q = Q_0$  individua il valore di

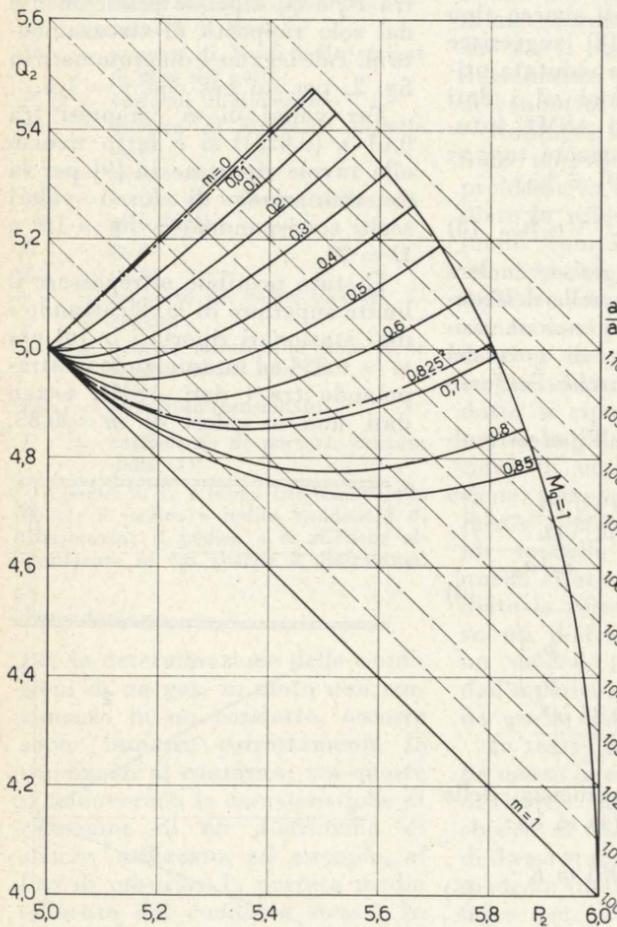


Fig. 2 - Legame tra le variabili di Riemann  $P_2$  e  $Q_2$  in funzione del rapporto di strozzamento  $m$ .

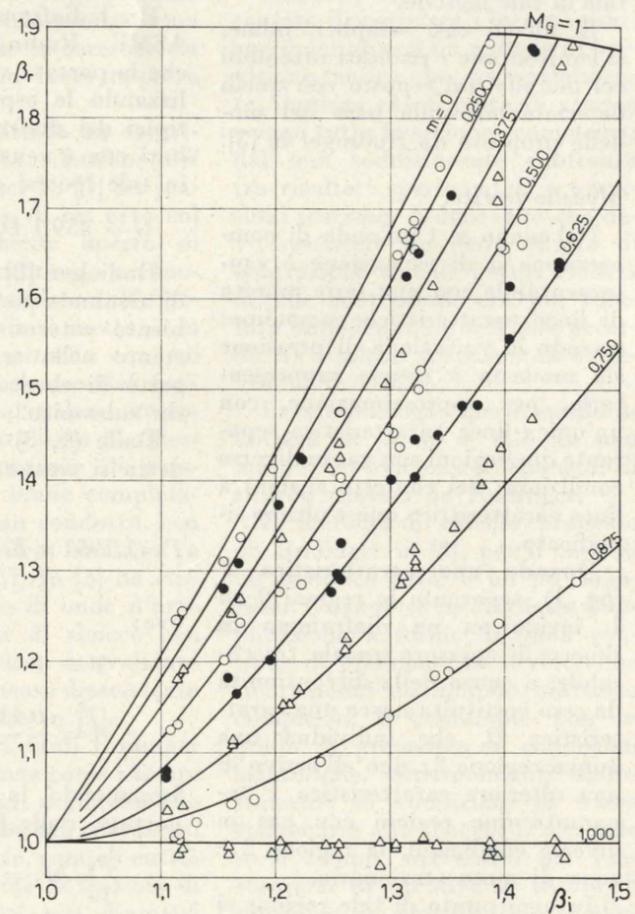


Fig. 3 - Confronto tra previsioni teoriche e risultati sperimentali riportati in [5].

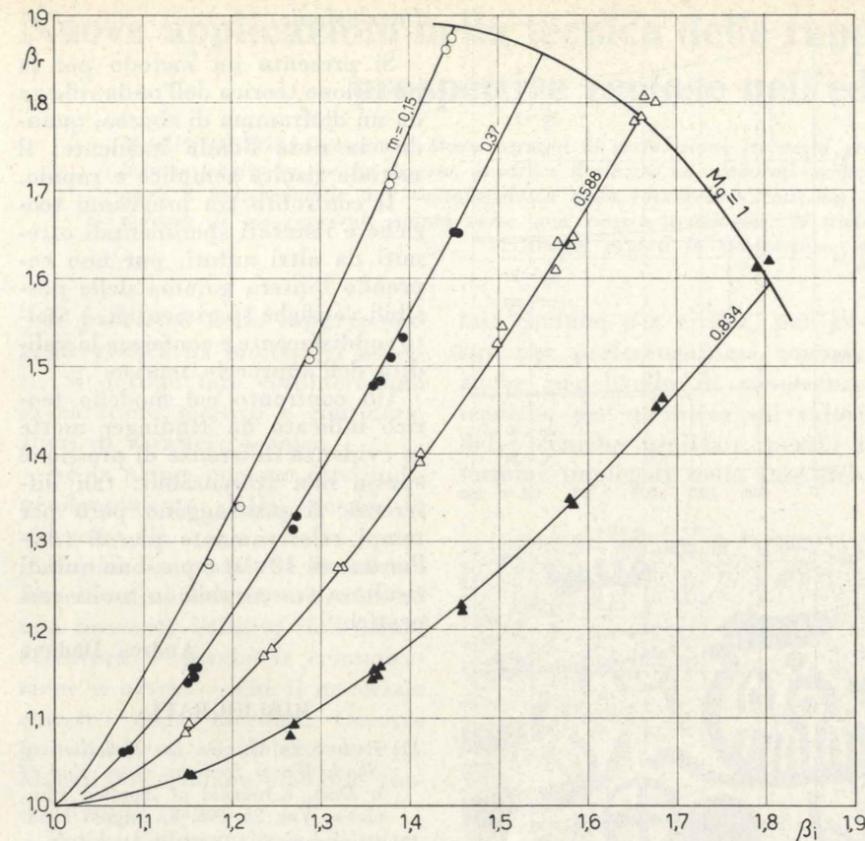


Fig. 4 - Confronto tra previsioni teoriche e risultati sperimentali riportati in [6].

$P_2 = P_1$  e quindi, sulla curva corrispondente al valore di  $m$  assegnato, il punto caratteristico della regione 2; la retta  $a_2/a_*$  passante per tale punto individua poi la pressione nella regione 2. La dimostrazione della suddetta costruzione è immediata se si tiene presente che:

$$P_1 + Q_1 = P_1 + Q_0 = \frac{4}{\gamma - 1} \left(\frac{p_1}{p_e}\right)^{1/\gamma}$$

e si associa tale relazione alla (9). Data la limitazione a condizioni di flusso subsonico, il rapporto  $p_1/p_0$  risulta comunque inferiore a 2 (per  $\gamma = 1,4$ ); pertanto tutti gli urti che si incontrano in tale campo possono essere considerati deboli e quindi tali da non generare variazioni di entropia tra la regione 0 e la 1, e quindi tra le regioni 1 e 2.

In tali condizioni il modello teorico, proposto per piccole variazioni di pressione, può essere utilizzato anche per studiare la riflessione di urti, con due semplici avvertenze:

— quando l'onda riflessa sia un urto occorrerà tener conto che la sua velocità di propagazione rispetto al mezzo fluido è superiore a

quella del suono ed è calcolabile con le usuali equazioni tipiche degli urti;

— quando l'onda riflessa sia un'onda di espansione questa sarà approssimata con un ventaglio di caratteristiche centrate nel punto del piano  $x, t$  in cui l'urto incide sul diaframma di sbocco; il diaframma di fig. 2 fornisce il valore di pressione a cui tale espansione si arresta.

#### Confronto coi risultati sperimentali di altri Autori.

Rudinger [3], Earles e Zarek [5], Trengrouse, Imrie e Male [6] hanno riportato risultati sperimentali relativi all'onda riflessa da un diaframma di sbocco investito da un'onda d'urto.

Rudinger [3] ha utilizzato un tubo d'urto e rilevatori di pressione abbastanza pronti da poter mettere in evidenza i già citati fenomeni di ritardo; ha provato sia un diaframma conforme alle norme ASME con  $m = 0.516$ , sia un semplice setto forato con foro cilindrico (orifizio), con  $m = 0.74$ . In [10] è messo in evidenza come tra diaframmi ed orifizi intubati non

esista alcuna differenza di comportamento quando siano investiti da un urto, purchè presentino spessore assiale sufficientemente piccolo; ciò è probabilmente dovuto al fatto che il fenomeno di perdita di pressione totale attraverso il setto forato è governato, in entrambi i casi, dallo spigolo vivo in entrata, presentato sia dai diaframmi che dagli orifizi. Per tale ragione si può ritenere che l'orifizio provato da Rudinger è assimilabile ad un diaframma tipo ASME.

In tabella 2 i risultati sperimentali forniti da Rudinger sono confrontati con quelli ottenibili teoricamente tramite il metodo qui riportato.

$m$	$\beta_i$	$\beta_r$	
		Sperimentale [3]	Teorico
0.516	1.58	1.76	1.735
	1.22	1.19	1.181
0.74	1.58	1.44	1.447
	1.22	1.08	1.092

Earles e Zarek [5] hanno provato diaframmi di sbocco conformi alle norme inglesi utilizzando un tubo d'urto modificato: la sezione ad alta pressione presentava infatti diametro maggiore rispetto a quella a bassa pressione; purtroppo la lunghezza della sezione ad alta pressione era insufficiente, così che nella stazione di misura l'onda riflessa dal diaframma di fondo si sovrappone all'onda di espansione proveniente dalla zona ad alta pressione. I risultati sperimentali che ne conseguono sono piuttosto dispersi e, a detta degli stessi Autori, leggermente sottostimati. I risultati sperimentali di Earles e Zarek sono riportati in fig. 3; in tale figura sono anche riportate le curve teoriche ottenibili col metodo indicato nel presente lavoro. Trengrouse, Imrie e Male [6] hanno utilizzato un tubo d'urto correttamente dimensionato, ottenendo buoni risultati su diaframmi conformi alle norme inglesi; tali risultati sperimentali sono riportati in fig. 4 insieme alle curve teoriche ottenute col metodo esposto nel presente lavoro.

Nè Earles e Zarek, nè Trengrouse, Imrie e Male hanno messo in evidenza i fenomeni di ritardo denunciati da Rudinger.

Dall'analisi della tab. 2 e delle figg. 3, 4 si deduce che le previsioni teoriche sono in buon accordo coi risultati sperimentali.

#### Confronto con il modello di Rudinger.

Per tre diversi diaframmi di sbocco ( $m = 0.3; 0.6; 0.8$ ), e per il caso di un urto incidente, è stato tracciato il diagramma d'onda derivante dal modello di Rudinger [3] e dal presente modello (per la determinazione delle condizioni asintotiche che è necessario conoscere, onde applicare il modello di Rudinger, si è fatto ricorso al presente modello). Il valore di  $\beta_i$  è stato scelto in modo che ne risultasse, come onde riflesse, rispettivamente, un urto, un urto quasi evanescente, una onda di espansione; a tal uopo sono stati scelti, rispettivamente, valori di  $\beta_i$  pari a 1.3; 1.5; 1.7.

Per tutti e tre i casi è stato ricavato l'andamento della pressione nel tempo in 3 stazioni poste a distanze  $L$  dallo sbocco tali che risulti:

$$L/D = 2; 5; 10.$$

Tali diagrammi sono riportati in fig. 5; a tratto pieno è riportato il diagramma ottenuto col modello di Rudinger; a tratti quello ottenuto col presente modello. In ogni figura i tempi adimensionati  $\tau$  sono conteggiati a partire dall'istante di arrivo, nella stazione considerata, del fronte d'urto corrispondente al modello di Rudinger; in ogni figura è anche indicato il tempo adimensionato  $\tau_s$  occorrente acciocché il fronte dell'urto riflesso raggiunga la stazione di misura partendo dal diaframma di sbocco.

Esistono indiscutibili differenze tra i risultati ottenibili con i due modelli; queste però si protraggono per tempi modesti (per  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ ;  $d = 30$  mm, si ha che un'unità di  $\tau$  corrisponde a circa 0.087 ms); con un'approssimazione del 3% i due modelli forniscono lo stesso risultato per valori di  $\tau$  di poco superiori all'unità e per  $m = 0.3$  e 0.6; mentre per  $m = 0.8$ , e con la stessa approssimazione, le due forme d'onda si equivalgono, pur di trascurare il breve urto iniziale, con errori in  $\tau$  non superiori all'unità. In compenso il metodo di calcolo qui proposto risulta estremamente più rapido.

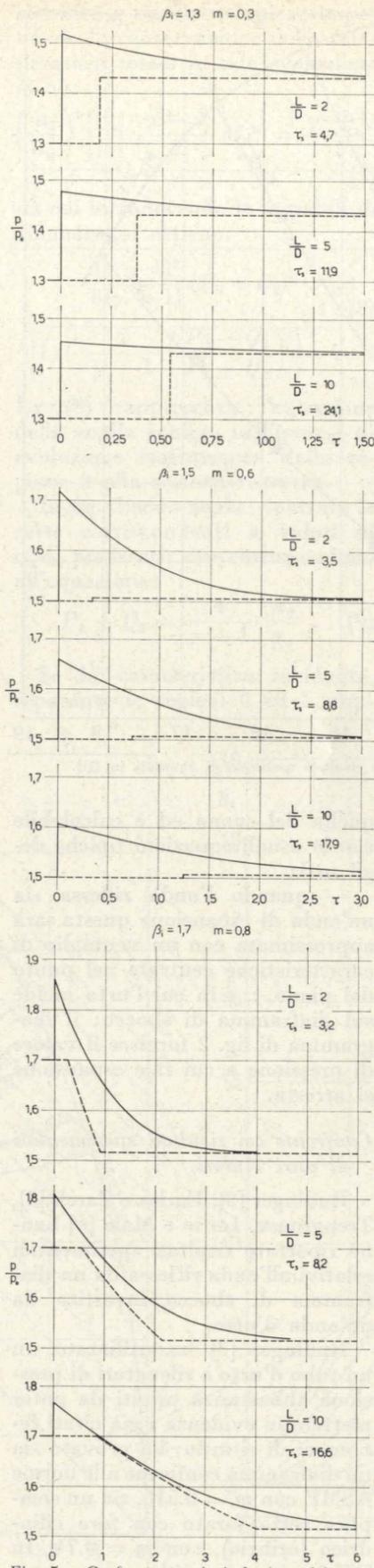


Fig. 5 - Confronto tra i risultati teorici ottenibili col presente modello e col modello di Rudinger [3].

#### Conclusioni.

Si presenta un metodo per la previsione teorica dell'onda riflessa da un diaframma di sbocco, quando sia nota l'onda incidente; il metodo risulta semplice e rapido.

Il confronto tra previsioni teoriche e risultati sperimentali ottenuti da altri autori, pur non comprendendo l'intera gamma delle possibili verifiche sperimentali, è molto soddisfacente e conferma la validità dell'approccio teorico.

Un confronto col modello teorico indicato da Rudinger mette in evidenza differenze di pressione spesso non trascurabili; tali differenze si protraggono però per tempi relativamente piccoli (dell'ordine di  $10^{-4}$ s) e possono quindi risultare trascurabili in molti casi pratici.

Andrea Dadone

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] RUDINGER G., *On the Reflection of Shock Waves from an Open End of a Duct*, «Journal of Applied Physics», Vol. 26, No. 8, August 1955.
- [2] RUDINGER G., *The Reflection of Pressure Waves of Finite Amplitude from an Open End of a Duct*, «Journal of Fluid Mechanics», Vol. 3, Part 1, p. 48, October 1957.
- [3] RUDINGER G., *The Reflection of Shock Waves from an Orifice at the End of a Duct*, «Z.A.M.P.», Vol. 9 b, pag. 570, 1958.
- [4] RUDINGER G., *Nonsteady Discharge of Subcritical Flow*, «Journal of Basic Engineering», September 1961.
- [5] EARLES S. W. E., ZAREK J. M., *Reflection of Pressure Waves at Sharp-Edged Orifices*, «The Engineer», Vol. 219, No. 5692, February 26, 1965.
- [6] TRENGROUSE G. H., IMRIE B. W., MALE D. M., *Comparison of Unsteady Flow Discharge Coefficients for Sharp-Edged Orifices with Steady Flow Values*, «Journal of Mechanical Engineering Science», September 1966.
- [7] FOA J. V., *Elements of Flight Propulsion*, John Wiley & Sons, Inc. Publishers, New York, London 1960.
- [8] RUDINGER G., *A Shock Tube Technique to determine Steady-Flow Losses of Orifices and Other Duct Elements*, «Journal of Basic Engineering», March 1960.
- [9] STEARNS R. F., JOHNSON R. R., JACKSON R. M., LARSON C. A., *Flow Measurements with Orifice Meters*, D. Van Nostrand Company Inc., Toronto, New York, London 1951.
- [10] DADONE A., PANDOLFI M., *Interazione tra onde d'urto e setti forati intubati*, Istituto di Macchine e Motori per Aeromobili, Politecnico di Torino, Pubbl. N.º 115, 1969.

## Nuove applicazioni nella tecnica delle rappresentazioni grafiche: prospettive esplose nell'edilizia

MARIO OREGLIA esaminati alcuni termini di correlazione fra segni grafici e stadi di cultura e di evoluzione tecnica in epoche diverse, giustifica il ricorso ad elaborati grafici di grande efficienza ma per i quali è indispensabile una consapevolezza della formazione, con una divulgata cultura tecnica nel panorama di una generale spinta verso una ricerca tecnologica: lo studio è indirizzato in modo speciale ai disegni esplosi in prospettiva.

Il problema della rappresentazione grafica ha molteplici aspetti. Si devono fare considerazioni di carattere estetico e considerazioni di carattere tecnico.

Nè le prime possono farsi indipendentemente dalle seconde e viceversa (1).

Poichè l'immagine è un mezzo di comunicazione, in relazione ad una necessità istintiva dell'uomo, occorrerà — perchè la comunicazione si avveri — che il materiale emesso venga raccolto. Occorre quindi che si verifichino le condizioni che rendano possibile questa doppia azione.

Poichè l'effettuazione dell'estensione avviene sotto l'influenza multipla di tutti i fattori che concorrono a formare le condizioni sotto le quali il fatto si forma, sembra verosimile che se le condizioni sono le stesse all'atto della raccolta di quello stesso materiale si verifichi una più immediata corrispondenza e di conseguenza una comprensione più completa.

Le condizioni nel caso nostro sono di doppia natura: di carattere estetico per cultura, civiltà; e di carattere tecnico per il mezzo impiegato.

Perchè si verifichi un passaggio di idee fra «estensore» e «lettore» occorre quindi che si attui un incontro su un terreno comu-

(1) A. CAVALLARI - MURAT, *Problemi scientifici del disegno*, Monte Silvano (Vicenza), «Mai una grafia, neppure quella del fotografo, oppure quella del tipografo, riuscirà ad essere oggettivamente positiva, perchè la realtà bisogna pur schematizzarla per affermarla con mezzi artificiali riproduzioni e le schematizzazioni variano con le esigenze dei tempi, con le civiltà, con i gusti. Mai una grafia sarà solo culturalmente ispirata, ignorando qualsiasi esigenza tecnica, sia pure solo tipografica».

ne: comune per civiltà, per gusto, per preferenze; ma comune anche per livello di conoscenze tecniche per un'intesa sui valori delle tecniche applicate, perchè i termini impiegati nella fase del-

Oppure ad una lontananza geografica delle due fasi.

Nel primo caso interverrà il tempo stesso a modificare i termini, con risultati di fortuna non sempre costante; nel secondo oc-

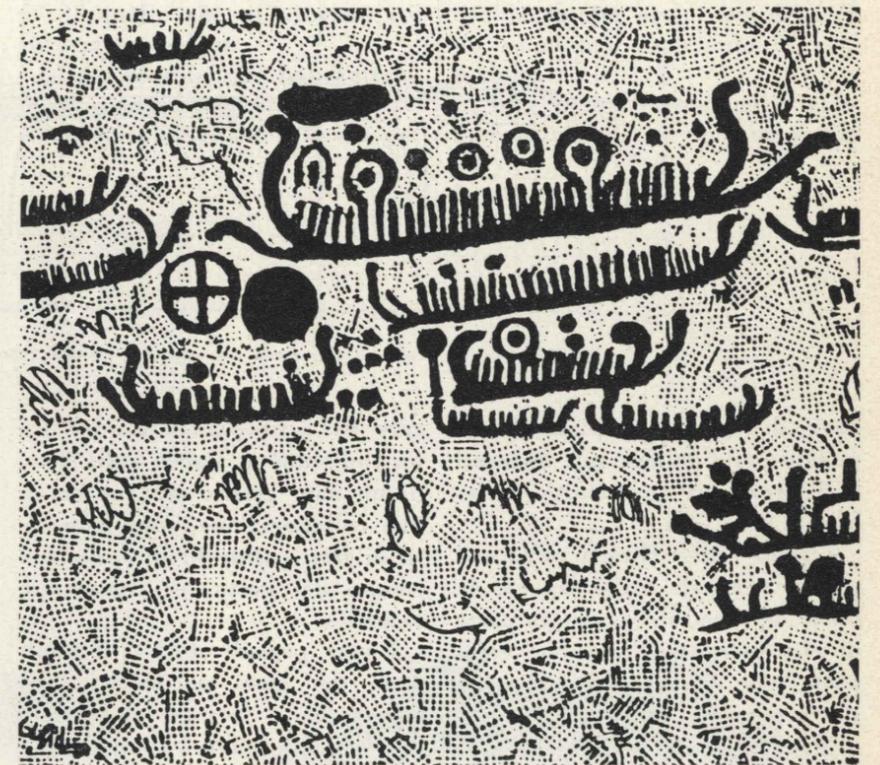


Fig. 1 - Rappresentazione neolitica: barche con rematori (dallo Springer-Ricci, vol. I, pag. 7).

l'estensione trovino risonanza in quella della lettura, e divengano «veicoli» di un messaggio dalla fase del suo lancio, a quello della raccolta al termine di una traiettoria.

(Nè il meccanismo si può descrivere così semplicemente, perchè interverranno molti altri fattori a modificarne il comportamento. Si pensi soltanto alle variazioni relative ad uno sfalsamento di tempo fra momento di estensione e momento di lettura.

correranno delle «traduzioni» frutto di cultura o di una particolare intuizione, proprio legata all'azione di rottura derivante dalla grande diversità o dal contrasto delle due civiltà fra loro molto lontane).

Quando i nostri progenitori rappresentavano una scena di imbarcazioni su una superficie acquee (fig. 1), al desiderio di chi incideva sulla roccia l'immagine delle barche sul piano orizzontale corrispondeva quello di chi guar-

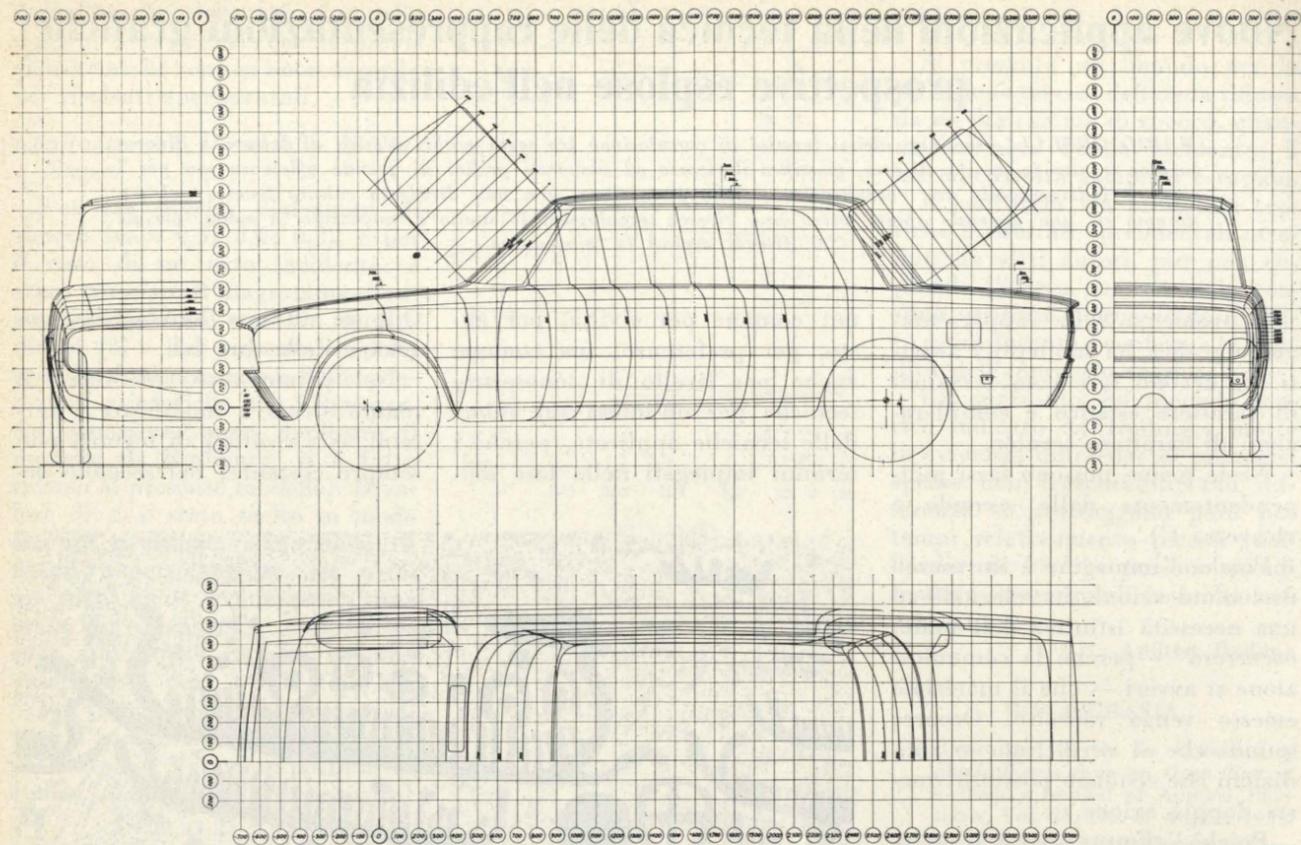


Fig. 2 - Disegno tecnico di carrozzeria d'autovettura: Berlina 1750 dell'Alfa Romeo.

dava, di leggere tale piano di appoggio per i galleggianti dislocati nella realtà a profondità variabile.

I remi erano ritratti nella posizione verticale ma si sapeva, da parte dell'incisore, come da parte di chi guardava l'incisione compiuta, che si sarebbero abbassati per pescare nel mezzo.

Man mano che le tecniche rappresentative progrediscono si verifica una riproduzione della realtà più scientifica, ma di pari grado si esige — per alcuni versi — la conoscenza da parte del lettore di regole più o meno intuitive senza le quali il dato grafico non raggiungerebbe l'efficienza voluta.

Molto più avanti nell'evoluzione, la lettura geografica a curve di livello presuppone la conoscenza del meccanismo delle tracce di piani paralleli equidistanti, e così pure un disegno della tecnica carrozzeria (fig. 2).

In sostanza si arriva a realiz-

zare dei «passaggi» di idee fra un individuo e l'altro sulla base di un dato grafico per merito di una collaborazione, come concorso di fatti culturali, di scelta nel campo del gusto, di conoscenze tecniche.

I vari periodi storici determinano dei gusti particolari, che concorrono a formare il frasario di «comunicazione» il quale per larga estensione si serve di significati che di volta in volta automaticamente si convenzionizzano (2).

(2) A. CAVALLARI-MURAT, *Problemi scientifici del disegno*, Monte Silvano (Vicenza). Confrontando trattati di geometria descrittiva e proiettiva del secolo XVI con quelli attuali si nota che la grafia stessa delle illustrazioni indica due atteggiamenti mentali ben differenti, allora si trasferiva tutto sul piano allusivo facendo una eroizzazione mitica degli stessi oggetti di rappresentazione, quei tetraedri e dodecaedri sono personaggi misteriosi monumentali degni dell'astrattismo dei ferraresi del Quattrocento e dei Carrà e dei Sironi d'oggi.

Nel periodo barocco, ad esempio, periodo aureo per ricerche prospettiche (3) si stabilisce un campo di interessi comuni alla pittura e all'architettura (fig. 3). I grandi prospettivisti intervengono sulle architetture [non sempre accompagnati dall'approvazione dei contemporanei, anzi molte volte da alcuni di essi — l'Alessandro Pompei, ad esempio, o l'Antonio Visentini o il terribile Francesco Milizia — decisamente

La «verve» del manierismo si impossessava di quella materia e vi giocava intorno con un gioco civilissimo e sovrano dell'intelletto, distraendo però dall'oggetto finalistico; viceversa l'attuale illustrazione dei trattati dei matematici e dei geometri riconducono l'uomo in un binario nel quale non vorrebbe esistere che la determinazione ripetibile sempre eguale del caso prospettico.

(3) A. CAVALLARI-MURAT, *Interpretazioni dell'architettura barocca nel Veneto*, Bollettino del Centro Internazionale di Studi di Architettura «Andrea Palladio», vol. IV, 1962.

riprovati (4)] prospettando delle fantasiose soluzioni: rotture estrose, comunicazioni fra interni ed esterno, ingegnose e sorprendenti soluzioni statiche (alcune particolarmente ragionate), soluzioni che qualche volta serviranno poi di spunto per le autentiche realizzazioni degli architetti (5).

Sulla base di questi comuni interessi si forma un frasario nuovo, sempre più largamente impiegato.

Probabilmente oggi ci trovia-

(4) A. CAVALLARI-MURAT, *Juvarra e Massari, tra neoguariniani e neopalladiani*, «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», giugno 1967.

(5) ANDREA POZZO, *Trattato, «Prospettiva di Pittori e Architetti»* (Roma 1700).

mo di fronte ad una forma di esaltazione tecnica, se nelle grafie accettiamo con piena disinvoltura e in un certo senso quasi ricerchiamo alcune deformazioni legate a conquiste di metodi rappresentativi.

La proiezione nel campo cinematografico ha conquistato col cinema delle estensioni in orizzontale quasi doppie di quelle iniziali. Ciò porta i vantaggi che conosciamo ma di pari passo crea delle distorsioni in misura maggiore: oltre i limiti dell'area ottimale per l'osservazione abbiamo delle deformazioni molto più gravi di quelle che si avevano col sistema precedente.

Ma si direbbe che nel frattempo si è acquistata una nuova facoltà di «raddrizzamento» o per

lo meno in scala maggiore di prima se lo sforzo aumentato lo si accetta con sorprendente facilità.

Nelle rappresentazioni tridimensionali a proiezioni parallele (assonometrie) si accettano delle viste che offrono sì delle descrizioni immediate, facilmente leggibili col vantaggio di presentare un'unica scala di lettura, oppure una differenziazione di scala limitata ad alcune direzioni soltanto, ma questi vantaggi si raggiungono a spese di una deformazione che non si accetterebbe, se non si visse nel clima di conoscenza del procedimento tecnico con la facoltà ormai acquisita di un istantaneo intervento di correzione.

Nelle rappresentazioni tridimensionali a proiezioni da punto

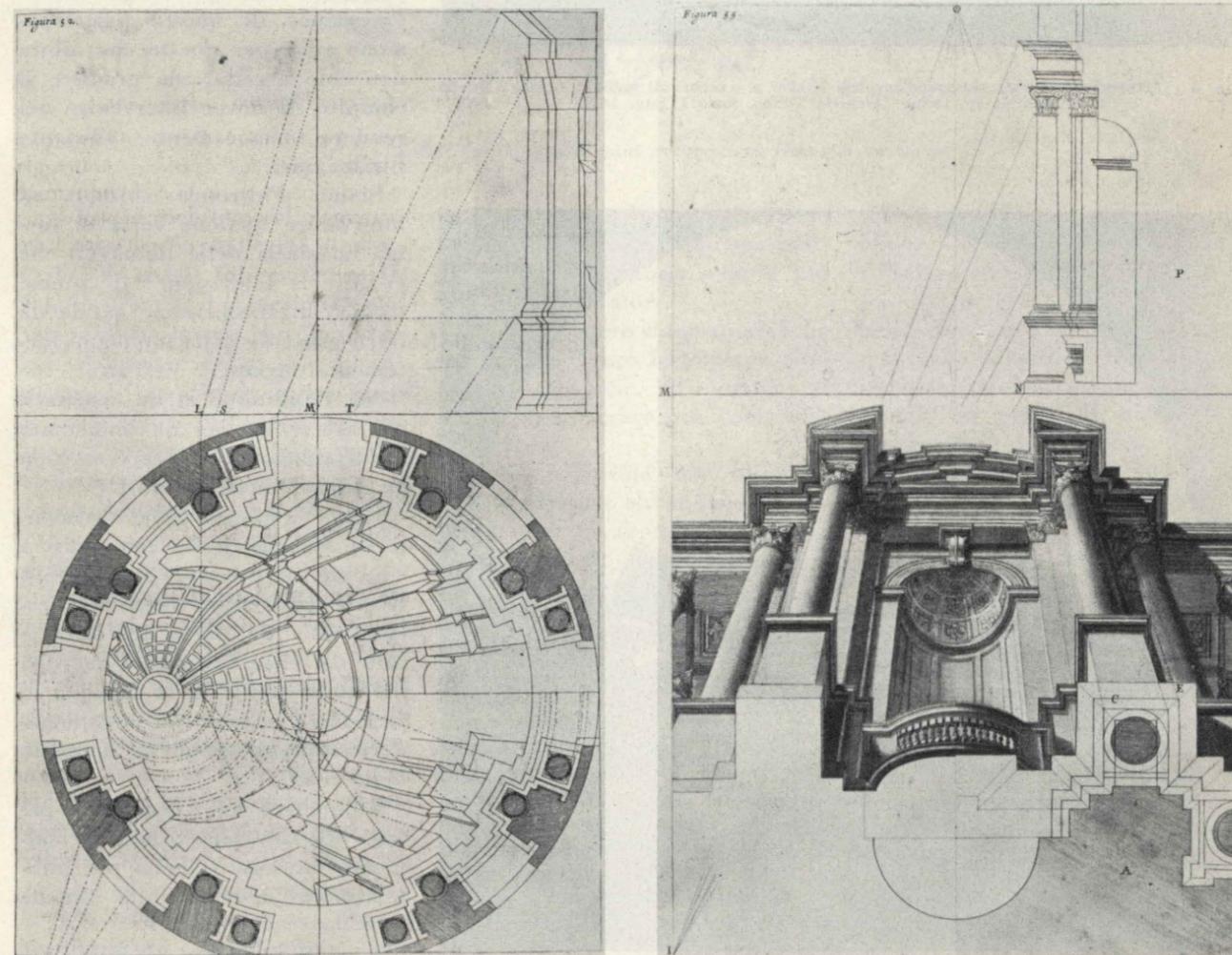


Fig. 3 - Studi di Andrea Pozzo per la realizzazione di due «teatri sacri» (dal Trattato «Prospettive di Pittori e Architetti» d'Andrea Pozzo della Compagnia di Gesù, in Roma l'anno Santo MDCC).

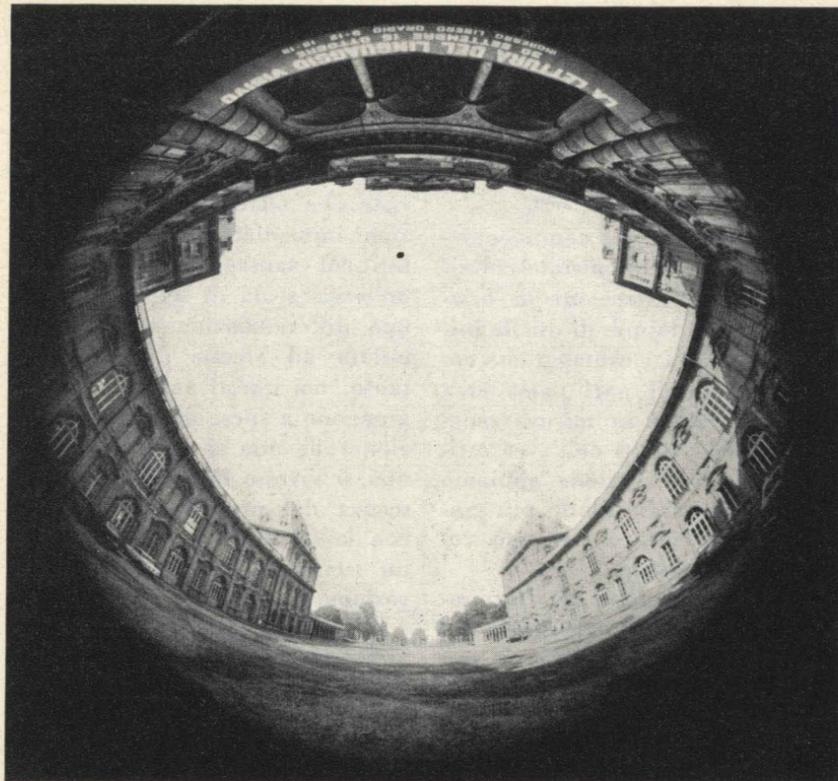


Fig. 4 - Fotografia realizzata col grand'angolare Nikkor a «occhio di pesce». Cortile Castello del Valentino in Torino (Archivio Torino, tomo I, pag. 147).

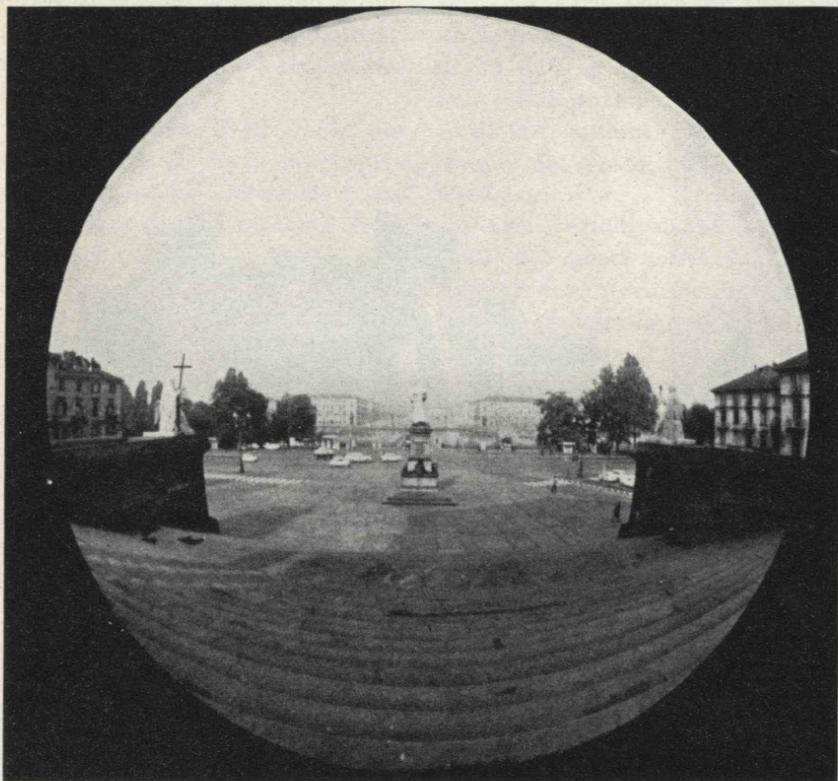


Fig. 5 - Fotografia realizzata col grand'angolare Nikkor a «occhio di pesce». Piazza Vittorio Veneto in Torino (Archivio Torino, tomo I, pag. 147).

a distanza finita (prospettive) si accettano con disinvoltura deformazioni violente oltre i limiti angolari di regola, ben conoscendo che quei segni grafici senza riscontro nella realtà stanno a rappresentare altri valori, reali dai quali sono così enormemente differenziati, dall'applicazione di una regola geometrica che ben si conosce o alla quale per lo meno si è abituati.

La ricostruzione mentale della figura nella sua realtà sulla traccia di quella indicata viene immediatamente operata dall'osservatore, il quale non solo non si stupisce della cosa, ma — e questo è il punto più interessante — si ritiene chiamato a partecipare ad un lavoro di intelligenza che lo lusinga.

Ecco che a questo punto quasi preferisce che gli venga offerta l'occasione di questa partecipazione ed è per questo che allora non solo accetta, ma gradisce il compito di dover intervenire nel rendere tecnicamente efficiente l'immagine.

Siamo d'altronde abituati ad intervenire qualche volta in forma massiccia nelle immagini che ci offre la televisione: il sistema tecnico di trasmissione è tale da offrire sovente delle immagini fortemente deviate.

Ma l'abitudine ci ha assuefatti ad intervenire per un immediato raddrizzamento e l'intervento non ci stupisce neanche più.

Come si spiegherebbe altrimenti la fortuna delle fotografie a «occhio di pesce»? Se non con la presenza della conoscenza responsabile da parte dell'osservatore del meccanismo di raccolta dell'immagine e della capacità di ritradurla secondo un andamento dei contorni rispondente a quello della realtà (6).

L'obiettivo ad «occhio di pesce» Nikkor viene ormai normalmente impiegato anche per pubblicazioni dedicate alla grande

(6) A. CAVALLARI-MURAT, *Forma Urbana ed Architettura nella Torino Barocca*, vol. I, 1; B, 2; β, UTET, 1968.

massa di lettori o di spettatori (ad esempio nei documentari a grande diffusione per sale comuni di proiezione o per trasmissioni televisive) (figg. 4 e 5).

Questa specie di nuovo espressionismo ripropone infatti molti dei termini tipici che hanno caratterizzato quello a suo tempo voluto dalle forme d'arte tradizionale.

Il fenomeno sta divulgandosi in estensioni sempre più vaste, fino ad interessare ormai anche la divulgatissima letteratura dell'azione pubblicitaria comune rivolta

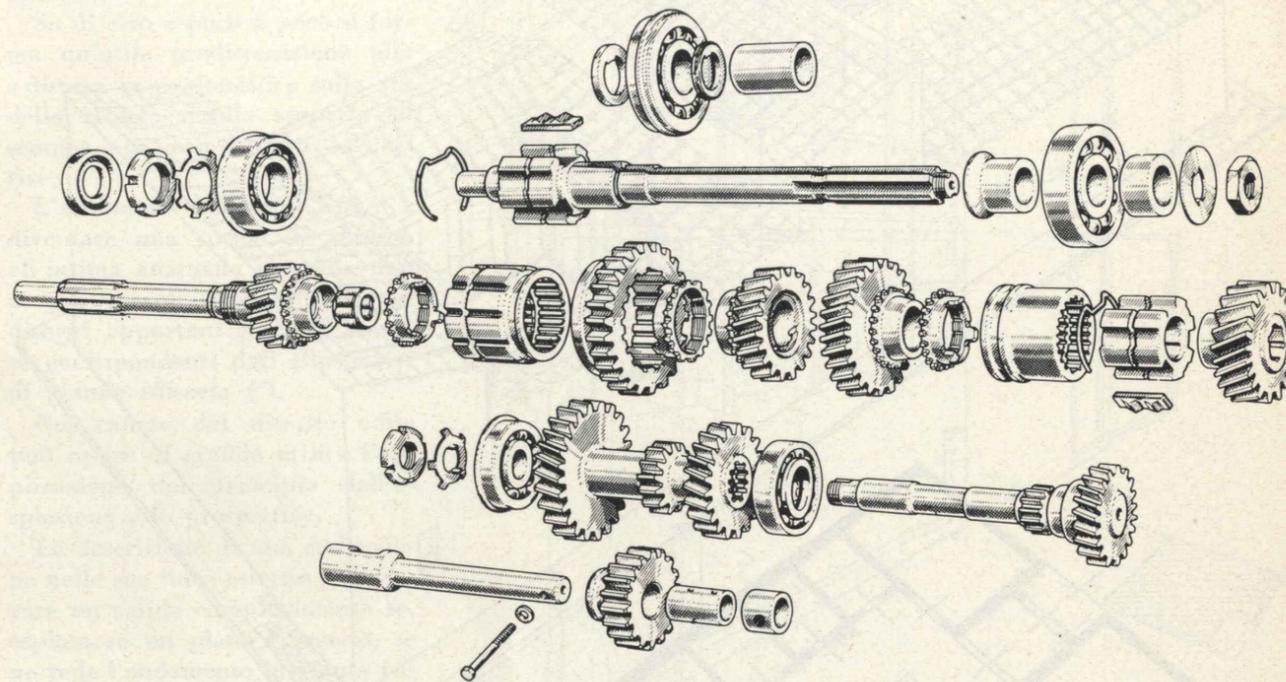


Fig. 6 - Assonometria esplosa di parti costituenti un blocco di un motore.

Il lavoro richiesto all'osservatore, lungi dallo stancarlo o annoiarlo; lo invita, lo stuzzica e alla fine lo premia, dichiarandolo partecipe di un lavoro che ha richiesto l'apporto della sua intelligenza. È proprio di questi tempi il gusto ormai diffusissimo di immagini fortemente deformate. Assistiamo probabilmente ad una forma di «espressionismo» applicato ai mezzi meccanici di riproduzione.

La stragrande quantità di documentazioni visive ha provocato — si direbbe — un fenomeno di stanchezza nell'osservatore. La sua attenzione esige ormai per mantenersi sveglia delle interpretazioni più libere della realtà. E questo proprio in coincidenza ad una perfezione tecnica finora mai raggiunta, si direbbe col desiderio preciso di superarla, dal momento che le sue regole, per quanto tecnicamente approfondite, sono ormai di dominio scoperto da parte della grande massa.

Il fenomeno ha ormai invaso grandi aree, per un impiego indirizzato ad una massa sempre più vasta di osservatori.

In molte opere cinematografiche compaiono figure fortemente alterate in relazione, ad esempio, al desiderio di creare particolari stati d'animo.

Nelle copertine per dischi a grande tiratura abbondano descrizioni alterate di una realtà per molti ormai fin troppo conosciuta.

alla parte più numerosa del pubblico.

Nel campo meccanico da tempo si ricorre a disegni «esplosi» nelle descrizioni assonometriche.

Collaborazione anche qui: l'estensore imprime un moto espansionale ai pezzi di un blocco, l'osservatore può vederne i particolari, i sistemi di unione e mentalmente rimontare l'insieme (figg. 6 e 7).

Il meccanismo, sia applicato nel

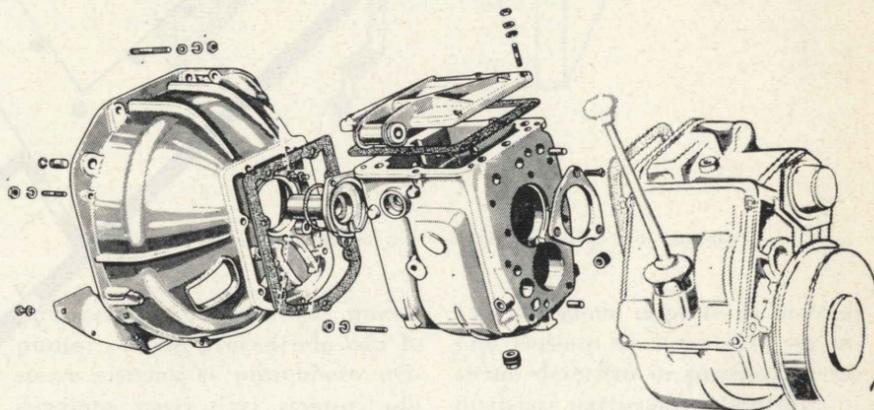


Fig. 7 - Assonometria esplosa di parti costituenti un blocco di un motore.

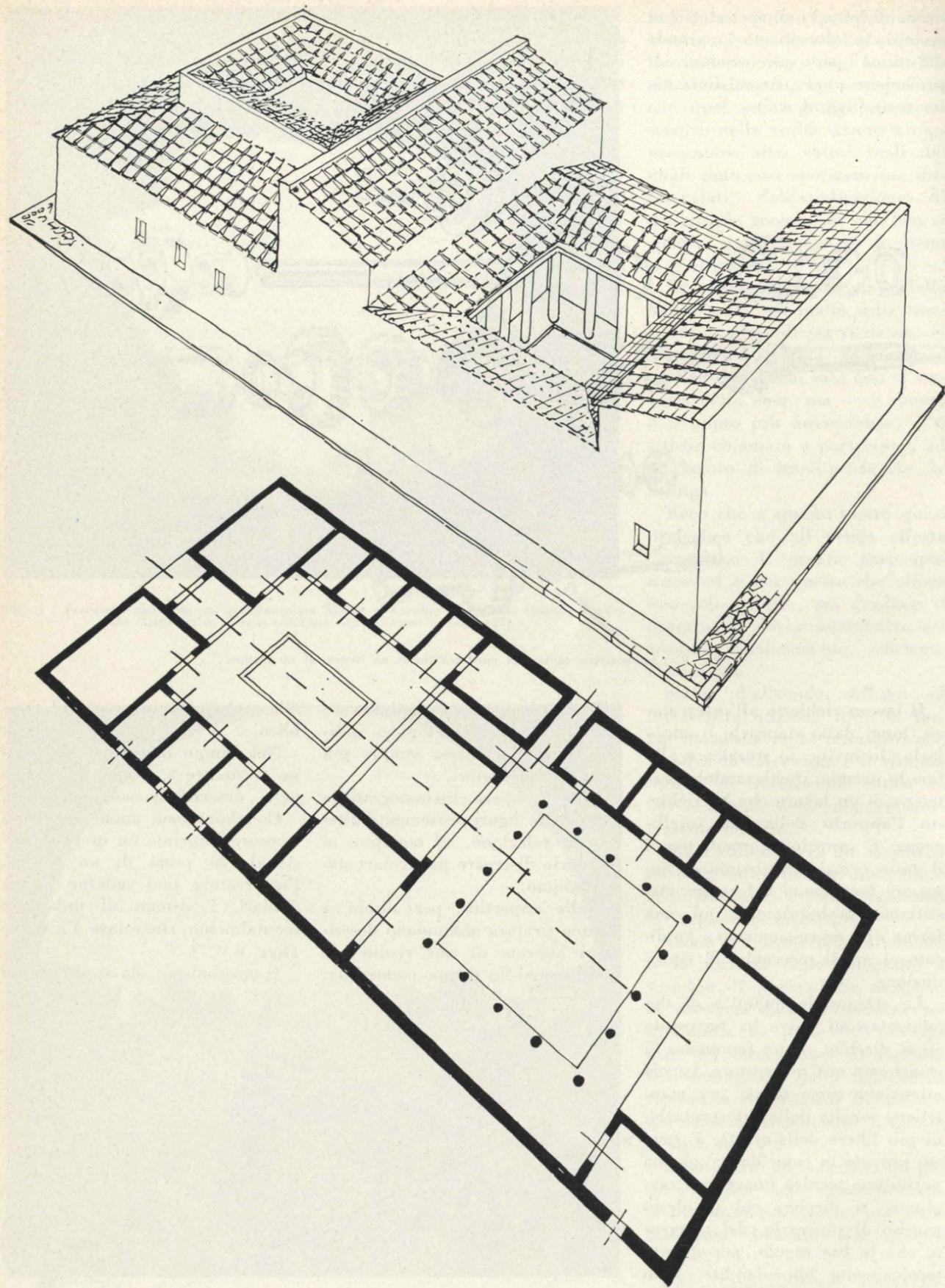


Fig. 8 - Prospettiva con parte esplosa. (Vista esterna di casa romana con pianta su piano ribassato).

campo meccanico, sia in quello delle costruzioni civili, va visto non solo come mezzo tecnico di ausilio all'azione illustrativa ma anche come motivo di invito all'analisi.

Su di esso a poco a poco si forma un'utile predisposizione alla «discesa in profondità» sulla via della ricerca e alla scoperta di sempre più intime parti costitutive.

L'abitudine all'analisi, fino a diventare una specie di obbligo all'intima anatomia ci guida fino ai più piccoli elementi, che in disegni opportuni possono trovare corrispondenti dati illustrativi di grande efficacia (7).

Nel campo del disegno edile può essere di grande utilità l'applicazione del principio dell'esplosione alle prospettive.

La descrizione di una costruzione nelle sue linee esterne può trovare un valido completamento se, esplosa su un piano ribassato, se ne vede l'andamento in pianta (figura 8).

Ma l'applicazione più convincente si può avere sfruttando le rette convergenti ai punti di fuga come un traliccio su cui spostare alcuni particolari.

Si può così pensare di «staccare» un pezzo dell'insieme e di portarlo alla ribalta dell'osservatore in primissimo piano.

Il procedimento può essere applicato più volte successive senza limiti di numero.

Nella figura 9 dalla veduta di insieme di una costruzione si è slittato un particolare su un piano ravvicinato: un telaio di serramento. Successivamente dallo stesso telaio opportunamente sezionato, si è «sfilato» il particolare di una sezione orizzontale in relazione ad un nodo.

Alla fine la descrizione del nodo appare in primissimo piano con tutti i particolari desiderati.

Nè il procedimento deve neces-

(7) O. BERTA, *Disciplina formale per le Pagelle Edilizie*, «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», maggio 1968.

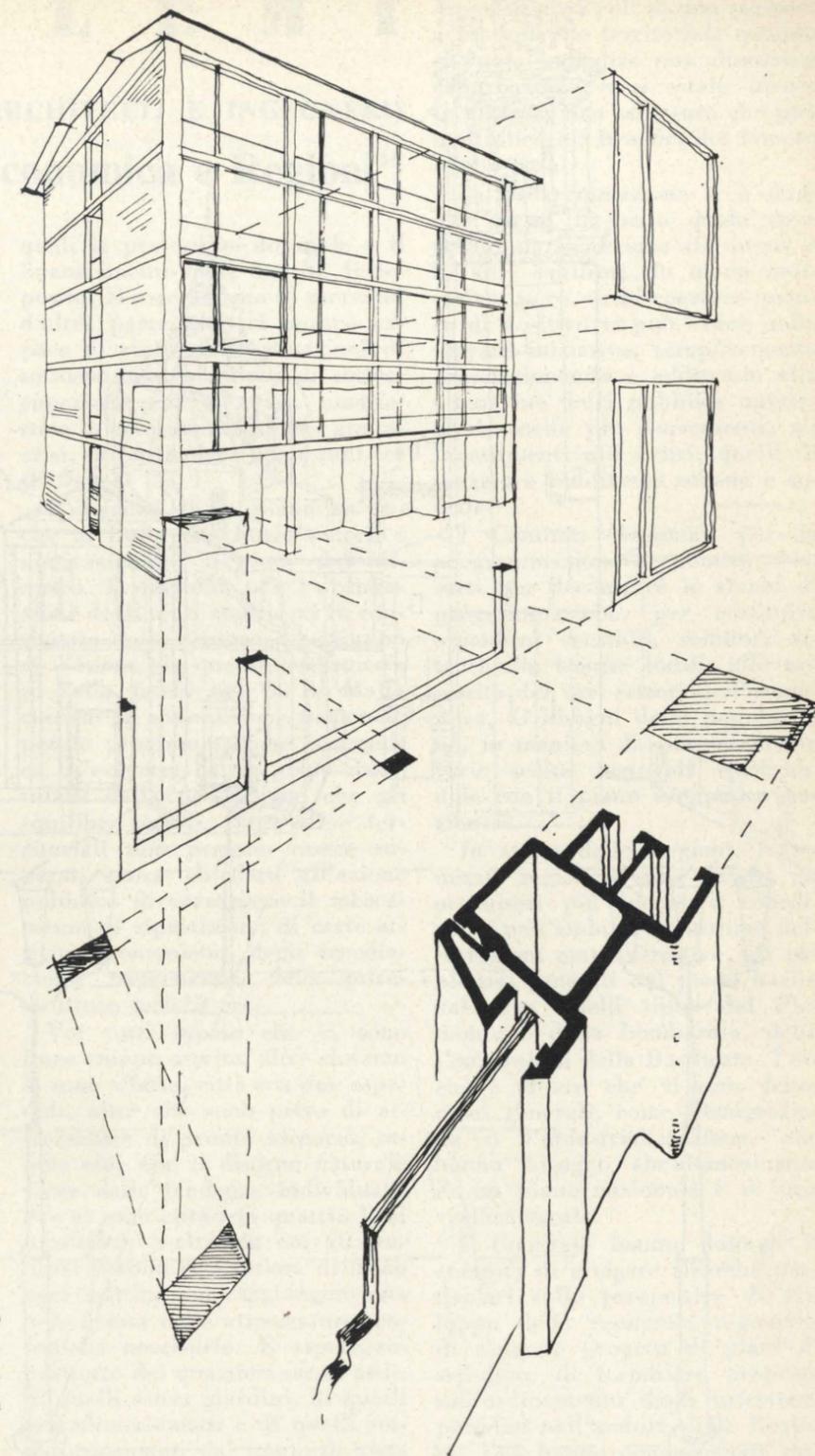


Fig. 9 - Prospettiva esplosa con «sfilamento» multiplo di particolari.

sariamente terminare a questo punto, perchè procedendo con lo stesso sistema si potrebbero evidenziare particolari sempre più piccoli ingrandendoli a piacere.

Con direzione opposta di moto si può pensare di inserire in un insieme descritto in prospettiva un qualsiasi particolare elemento.

Nella figura 10 si è immaginato

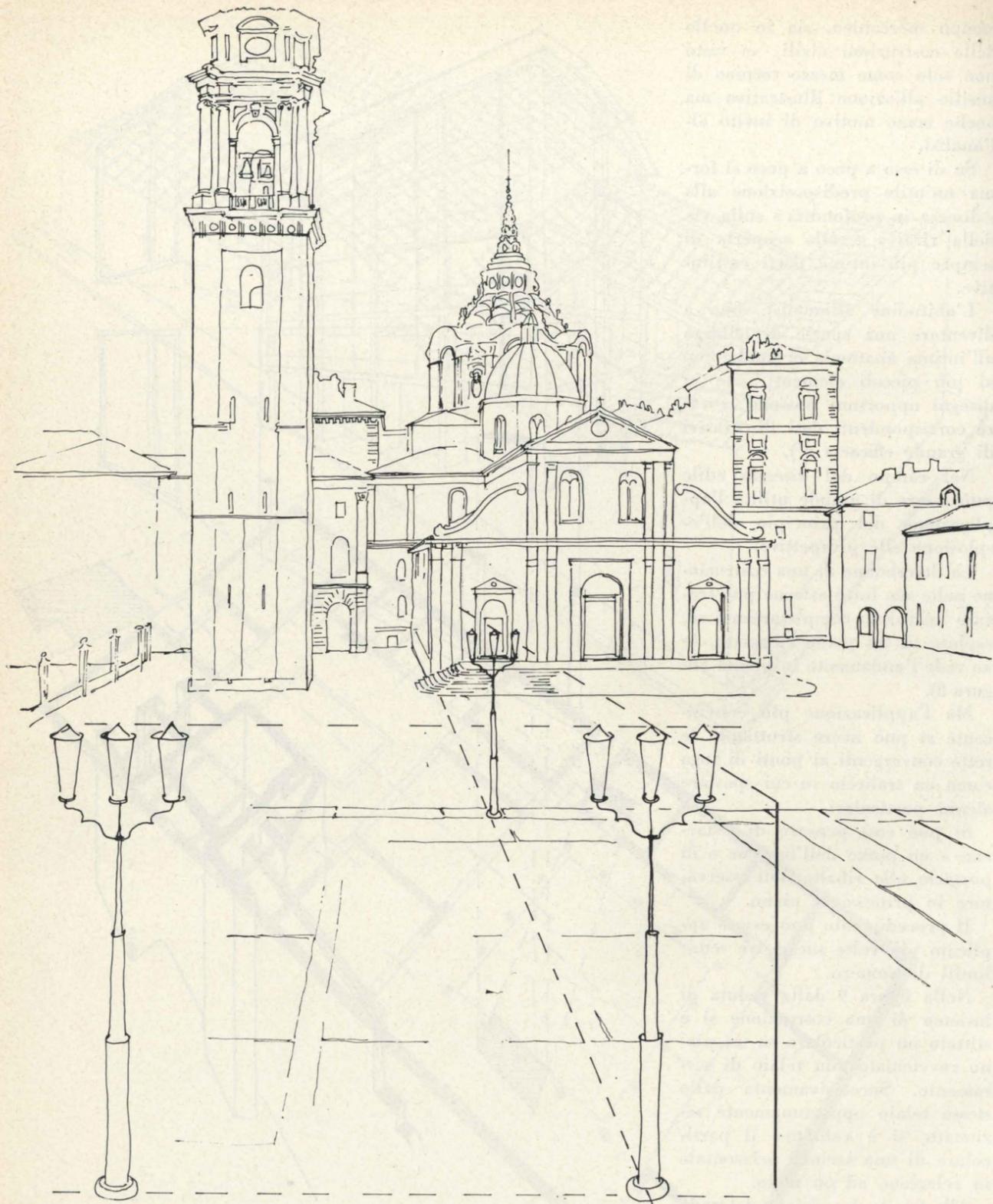


Fig. 10 - Inserimento di un elemento in un insieme in prospettiva con la tecnica della prospettiva esplosa.

di volere inserire in un determinato punto di un disegno d'insieme un elemento estraneo. Sul traliccio prospettico formato dalle rette convergenti ai punti di fuga si slitta l'elemento da inserire

fino a far coincidere la posizione di esso con quella prefissata.

I valori grafici di sviluppo di esso (ad esempio l'altezza) sono fissati in una posizione qualsiasi, nella quale si verifica un rappor-

to facilmente traducibile, oppure vengono riferiti ad un elemento di cui si conosca lo sviluppo e che già appartiene alla descrizione grafica.

Mario Oreglia

# P R O B L E M I

(CONFERENZA SOCIETÀ ARCHITETTI E INGEGNERI)

## “Programmazione Economica e Regioni”

Vent'anni fa non si parlava di programmazione. Eppure, fin dal tempo in cui il lavoro dell'uomo ha prodotto qualcosa di organizzato, sin dall'epoca della prima rivoluzione industriale, gli interventi più importanti sono stati «programmati», e i loro effetti pianificati. Così è stato al tempo dei primi telai inglesi, così è stato con le ferrovie dei pionieri americani, con le macchine a vapore.

Perché la programmazione è in realtà lo strumento con il quale si cerca di evitare di correre certi rischi, di coordinare gli effetti delle trasformazioni industriali, di comprimere i costi sociali di certe operazioni, e di renderne massimi i benefici.

Quanto al significato economico della programmazione, sarà bene ricordare che già nel 1920, pronunciando alla Camera un discorso rimasto celebre, Filippo Turati parlava delle «necessità di provvedimenti intesi a raddoppiare nel più breve tempo possibile, secondo un piano razionalmente preordinato, la produttività nazionale». In tutto il mondo, e non soltanto nei Paesi ad economia socialista, ma negli Stati Uniti, in Svezia, in Olanda, ecc., ovunque, si cerca di massimizzare i benefici, si adotta una politica di piano. Dal punto di vista storico, è interessante vedere come persino Lord Beveridge, il massimo teorico del liberalismo inglese, ritenesse che «subordinatamente al mantenimento di alcune libertà civili (di culto, di parola, di stampa, di insegnamento) i poteri dello Stato dovrebbero essere adoperati per proteggere i cittadini contro tutti i mali sociali».

Già nella seconda metà dell'800, inoltre, i Paesi che si proposero di inserirsi nel processo mondiale di industrializzazione, affermandosi in concorrenza con altri Paesi già industrializzati, dovettero ricorrere all'integrazione di alcuni elementi di sostegno, tra i

quali la protezione doganale e il finanziamento delle banche di deposito. Il meccanismo di mercato, d'altra parte, non si mostrò capace di risolvere le situazioni di sottoconsumo e quindi di sottoccupazione che si erano manifestate in occasione di alcune grandi crisi, in particolare negli anni tra il '29 e il '33.

L'esigenza di un piano ha anche in Italia una lunga «storia» motivazionale: il piano del Ministro Tremelloni per l'utilizzazione degli aiuti americani fu continuato dallo schema di sviluppo di Vanoni, da quello «organico» di Pella, finché nel '62 La Malfa costituì la commissione nazionale per la programmazione economica. L'esigenza di un piano nasce infatti dalla persuasione che gli squilibri sociali, settoriali e territoriali non possono essere superati senza chiedere all'azione pubblica di correggere il meccanismo di ripartizione di certe attività economiche, degli insediamenti residenziali, delle infrastrutture sociali, ecc.

Voi tutti sapete che ci sono linee troppo servite, altre che non lo sono affatto, città con due ospedali, altre che sono prive di attrezzature di pronto soccorso, sapete cioè che il disegno naturale viene dalle tendenze individuali, che vi sono città con quattro licei scientifici, e altre in cui gli studenti devono fare un'ora di treno ogni mattina per raggiungere una sede dotata delle attrezzature scolastiche necessarie. E sapete soprattutto dei quartieri senza asili, di quelli senza giardini, di quelli sovradimensionati e di quelli sottodimensionati dal punto di vista dei servizi.

Anche a questo livello la programmazione si pone quale strumento di correzione degli squilibri. Ad ampio livello territoriale cioè, come quando si deve contrastare la metropolizzazione oltre una certa soglia dimensionale, e si cerca di dare impulso allo svi-

luppo di altri poli di una regione, a microlivello territoriale quando si vuole impedire una disastrosa conurbazione e si vuole invece incentivare una saldatura che può moltiplicare i benefici del famoso effetto-città.

La programmazione si è dunque messa in moto quale strumento di correzione di questi e di altri squilibri. In modo indicativo, però, senza coartare quanto di positivo vi può essere nella privata iniziativa, semplicemente preselezionando e additando alla attenzione della pubblica opinione le scelte più convenienti, gli investimenti più sicuri, quelli di maggiore redditività umana e sociale.

I Comitati Regionali per la programmazione economica sono sorti per decentrare lo sforzo di programmazione, per costituire organismi sensibili, selettori attenti alle istanze locali, alle necessità dei vari settori dell'economica, ai bisogni della popolazione, in maniera da compensare le varie scelte regionali verificandole con il piano economico nazionale.

In attesa delle Regioni, i Comitati regionali sono infatti gli organismi più idonei a coordinare, nell'ambito territoriale delle regioni amministrative, gli obiettivi generali del piano nazionale con quelli tipici del Piemonte o della Lombardia, della Campania o della Basilicata. Perché è chiaro che vi sono fenomeni generali, come l'emigrazione o l'industrializzazione, che hanno bisogno simultaneamente di un piano nazionale e di una verifica locale.

I Comitati hanno dunque il compito di svolgere ricerche particolari sulle prospettive di sviluppo delle economie regionali, di redigere progetti di piani di sviluppo, di formulare proposte sull'ordinamento degli interventi pubblici nell'ambito delle Regioni. Essi hanno composizione mista e rappresentano sostanzialmente quattro categorie: rappresentanti delle amministrazioni locali (presidenti delle province, sindaci dei comuni capoluoghi di provincia e di quelli che hanno più di 30 mila abitanti); rappresentanti degli uffici locali dell'amministrazione statale (le Camere

di Commercio); rappresentanti delle categorie produttive (sindacati e associazioni padronali); esperti designati dal Ministero del Bilancio e della programmazione economica.

Tali Comitati, pur costituendo una soluzione transitoria rispetto alla formazione delle Regioni, che essi non possono sostituire nell'attività legislativa, si sono messi alacremente all'opera e hanno redatto piani di sviluppo. Nel caso del Piemonte, possiamo identificare i «punti di forza» di questo piano regionale di sviluppo nel problema del livello dell'occupazione; in quello del rapporto Nord-Sud ai vari livelli di complementarità; nel problema dell'allargamento democratico alla formazione del Piano; nel superamento delle arretratezze campanilistiche e delle visioni settoriali; nella definizione degli strumenti ritenuti indispensabili per la concreta realizzazione della programmazione regionale.

Il problema più importante del Piemonte era infatti quello di mettere la Regione al riparo dei rischi connessi con un sistema economico fortemente dominato dalle imprese motrici, e pertanto esposto al pericolo di «patimenti» congiunturali. È per questo motivo che nel Piano si è insistito sulla necessità di sviluppare la produttività nei settori complementari e soprattutto nelle imprese autonome, mentre per quello che riguarda l'agricoltura si è dimostrata l'opportunità di interventi che non soltanto ne modificano la struttura ma assicurino soprattutto un'adeguata remunerazione al lavoro contadino, e ciò anche in vista dell'integrazione comunitaria e dei suoi problemi.

Lo stesso sviluppo del settore terziario e dei servizi, con la sua capacità di assicurare la diminuzione dei costi di intermediazione, avvicinando i settori produttivi al mercato del consumo, agisce in modo da indurre un più equilibrato rapporto tra occupazione e redditi, tra salari e consumi.

Ad una soluzione regionale di certi problemi si deve infine arrivare non già per vivere un'autonomia campanilistica, ma per realizzare un'indipendenza funziona-

le. Il Piemonte non vuole essere la sola patria scintillante dell'automobilismo e della tecnologia — i cui risultati si realizzano tra l'altro grazie a una potente integrazione demografica con il Mezzogiorno — ma è pur sempre il vertice sud del triangolo forte dell'Europa.

La Regione deve costituirsi quindi come cellula viva, come dimensione e impulso ottimale tra gli Enti locali e lo Stato. Deve coincidere con il diaframma di un'indipendenza bene articolata, e anche se le priorità di intervento devono essere decise in sede di politica generale, e non nell'ambito regionale, questo problema deve essere affrontato dai Comitati anche per ottenere una più efficace partecipazione diretta alla formazione e all'attuazione del Piano. Senza contare che la Regione rappresenta l'ambito ideale per definire le modalità di intervento del potere pubblico in materia di investimenti, e per correggere il disegno dello sviluppo.

In una Regione come il Piemonte, non ostante la sua evoluzione produttiva, non va infatti dimenticato che vi è pur sempre una certa distorsione tra consumi privati e consumi pubblici, e che essa ha un notevole peso sullo sviluppo generale della collettività, agendo come remora alla sua evoluzione. Questa distorsione è un altro dei fenomeni che possono venire corretti soltanto sul piano della programmazione, attraverso una capacità di coordinamento che rende prevalente l'uso di una metodologia razionale dello sviluppo. In quanto architetti e in quanto ingegneri, voi comprendete perfettamente le implicazioni territoriali di questo sviluppo. Se nel '50, prima della grande spinta migratoria, la programmazione avesse guidato la mano dei responsabili della cosa pubblica, non avremmo ammesso indici di densità come quelli che hanno oggi un effetto moltiplicatore su tutte le malattie della civiltà, non avremmo quartieri senza scuole, e bambini nelle strade.

Oggi abbiamo, è vero, la programmazione. E qui il discorso della volontà politica si fa ancora una volta impegnativo. Perché gli strumenti della programmazione sono stati pensati, verificati, mes-

si a punto al vaglio di cento tavole rotonde. Esistono, insomma, sul piano delle idee. Ma senza il loro uso operativo la programmazione resterebbe velleitaria: la agricoltura ha bisogno di essere riorganizzata da un Ente di sviluppo particolarmente competente; i trasporti hanno bisogno di un Ente dei trasporti; la Finanziaria pubblica deve intervenire per correggere la distribuzione spaziale e settoriale delle attività industriali ed economiche. A vari livelli, infatti, questi strumenti rappresentano la garanzia di incidere sullo sviluppo per colmare le deficienze e eliminarne gli squilibri. Cioè un piano non deve essere soltanto una dichiarazione, uno studio generale che si limita alla stima delle linee di sviluppo. Deve diventare traducibile in modo immediato, ed essere pertanto sostenuto dagli strumenti che ne rappresentano la valida articolazione.

Per darvi un'idea dei problemi concreti del Piemonte, delle correzioni necessarie, di quelli che sono gli obiettivi del primo piano quinquennale, posso dirvi, come già accennavo in precedenza, che la diversificazione del sistema produttivo appare indispensabile in una Regione così fortemente soggetta alla tensione della sua principale industria motrice. Questo anche perché è indispensabile correggere e contenere il potenziale magnetico della sola area di forte attrazione che si sia sviluppata sinora in Piemonte: alludo naturalmente a Torino, mentre è indispensabile alleggerire questo magnete a favore dello sviluppo di poli alternativi, nella specie quello di Alessandria e quello di Novara-Vercelli.

L'industria metalmeccanica, che ha aumentato l'occupazione dal 36,5 per cento del 1951, al 46,5 per cento nel 1965, deve avere alternative occupazionali in tutti i settori ausiliari e nelle industrie complementari. A questo proposito anzi è necessario un piano di riorganizzazione dell'industria laniera, così come altri settori devono essere incentivati anche per assorbire i lavoratori che dovranno uscire in alta percentuale dal settore agricolo. La dimensione media delle aziende agricole della regione è infatti di 5,8 ettari; esse

sono cioè caratterizzate da una estensione estremamente ridotta rispetto all'adozione delle tecniche meccanizzate che possono aumentare la redditività. Dove assorbire quindi questi lavoratori? Si calcola che la quota di addetti che si renderà disponibile nei cinque anni del piano sia pari a 20 mila persone, e anche se si registra un aumento dell'occupazione nell'industria estrattiva ed in quella alimentare, questa tendenza vale appena a compensare il decremento della manodopera impiegata nel settore tessile, scesa da 150 a 120 mila unità nell'analogo periodo considerato.

Quanto all'industria del legno, essa ha una struttura artigianale, e scarso è il peso dell'industria del cuoio e delle pelli. Migliore è invece la tendenza dell'occupazione nell'industria metallurgica, la cui espansione è tuttavia condizionata dall'espansione delle industrie motrici.

Non voglio ora tediare con altre cifre e altri dati; preferisco invece darvi un'idea di quanto è stato previsto nel settore territoriale per contrastare uno sviluppo sin qui disarmonico, caratterizzato dalla congestione di alcune aree e dall'impovertimento di altre. Sarà dunque l'integrazione dello sviluppo regionale con quello del Paese — realizzata mediante la diversificazione dello sviluppo e non attraverso la sua compressione — a restituirci un Piemonte meglio equilibrato e strutturato. Così come sarà la riduzione del tasso di crescita della popolazione industriale dell'area metropolitana, e la ripartizione del territorio in aree relative ai principali poli che sono stati individuati, a risolvere territorialmente il problema dell'equilibrio.

Torino è ormai un «polo» con oltre 50 chilometri di diametro. Oltre questo limite i costi dello sviluppo diventano proibitivi, e i benefici si avvicinano alla soglia della nullità. Cerchiamo dunque di incentivare lo sviluppo nei poli dei quali si è detto, e di creare una struttura territoriale dinamica, caratterizzata da efficienti sistemi di trasporto e di comunicazioni. Senza dimenticare — qui non lo posso dire che per inciso — di creare un «sistema» di parchi naturali comprendenti le

aree di notevole interesse paesaggistico.

Di programmazione si può parlare, insomma, con grande ampiezza ovunque si voglia impostare un discorso razionale. Ma lo si deve fare con una pregiudiziale: tenendo presente cioè la realtà italiana, la complementarità di Nord e Sud, la necessità di colmare il divario tra aree evolute e aree arretrate. Qualsiasi strategia dello sviluppo e della programmazione non può infatti prescindere dagli obiettivi legati alla evoluzione del Mezzogiorno, nè il concetto di mobilità del lavoro umano può essere accettato indipendentemente da quella evoluzione. Voglio dire che qualsiasi ritardo del Mezzogiorno è incompatibile con un'impostazione corretta dell'equilibrio, che per la sua stessa natura rifiuta il concetto di aree preferenziali per preoccuparsi invece del ritardo sociologico e culturale tipico dei territori la cui promozione deve essere effettuata con ampio grado di priorità rispetto ad altri obiettivi.

L'impostazione di un piano in una Regione forte come il Piemonte o come la Lombardia deve pertanto essere vista nella sua relazione con le politiche di incentivazione a favore degli investimenti che tengano presente il problema del divario e intendano correggerlo. Tale divario infatti non soltanto ostacola la mobilità del lavoro, ma agisce da freno alle politiche di qualificazione e di riqualificazione professionale, a quelle di assicurazione, dei prezzi, della casa, ecc.

In quest'anno, che è stato un anno di relativa vacanza — nel quale ci si è occupati di problemi di minore risonanza sulla pubblica opinione — è uscito frattanto il «progetto 80», le cui opzioni fondamentali sono il raggiungimento della massima occupazione, la realizzazione di un assetto più equilibrato tra le varie regioni del Paese, un «decisivo progresso nella quantità e nella qualità delle infrastrutture pubbliche e degli impieghi sociali», realizzando in primo luogo un sistema di educazione permanente, la qualificazione del lavoro, ecc. Altri obiettivi di questo «progetto 80» sono costituiti da un

maggiore contributo dell'Italia allo sviluppo dei Paesi arretrati, e il mantenimento di un'economia aperta, con un elevato volume di scambi internazionali, fondato sul progresso dell'integrazione dell'economia italiana nella più vasta area europea, da perseguirsi parallelamente al processo di unificazione politica dell'Europa.

Tra le più importanti indicazioni del «Progetto 80» figura indubbiamente quella relativa ad una più equilibrata distribuzione territoriale dello sviluppo, unita ad una migliore organizzazione e ad un più elevato livello tecnologico delle imprese. È precisato tuttavia che ciò non significa un rafforzamento produttivo che interessi soltanto le aree economicamente più sviluppate del Paese, in alternativa allo sviluppo del Mezzogiorno, anche perché la promozione di quest'ultimo «costituisce un impegno politico e civile, prima che economico, ma anche perché esso rappresenta la più favorevole occasione alla crescita dell'intera economia nazionale».

Quanto alla politica delle abitazioni, che ci può interessare in questa sede più da vicino, le principali scelte del prossimo Programma economico nazionale riguarderanno in primo luogo l'adeguamento della domanda di alloggi proveniente da gruppi sociali economicamente deboli, sia secondo un indirizzo che incoraggi il risparmio per l'acquisto del bene, sia per favorire l'accesso dell'alloggio in affitto. Per quanto riguarda le strutture produttive, il Progetto si preoccupa di consigliare il passaggio da una produzione prevalentemente semi-artigianale, ad una più propriamente industriale, postulando la realizzazione di grandi blocchi di investimento nell'ambito di grandi sistemi urbani razionalmente programmati.

Tale riorganizzazione dovrà riguardare tanto la specializzazione quanto l'ampliamento delle dimensioni delle imprese, senza dimenticare un'azione svolta in favore della ricerca e sperimentazione dei nuovi prodotti.

Tutto ciò significa, in pratica, il riordino degli Enti operanti nell'edilizia residenziale, con l'ob-

## Scheda di Augusto Pedrini sulla "via delle Gallie"

biiettivo di una loro specializzazione, e l'accentramento nell'ambito della Pubblica Amministrazione dei compiti inerenti alla politica edilizia ed urbanistica, conferendo ad un unico organo la responsabilità del coordinamento dei programmi, fatte salve tutte le libertà di iniziativa.

E ora, mi chiederete, a che punto siamo? Alla verifica degli obiettivi, rispondo, perchè il disegno del piano è un disegno indicativo, in un certo senso ideale, che ogni cinque anni deve essere verificato, rimesso a punto. Si devono verificare gli obiettivi, la stessa metodologia di lavoro, si deve spiegare — soprattutto — il perchè del divario tra gli obiettivi e la realtà, si deve impostare un esame critico sui freni e le spinte che ci hanno sollecitati, freni e spinte che è utile analizzare nelle loro motivazioni profonde, vuoi per spiegare ad essi gli obiettivi, vuoi per elidere in parte le ragioni del divario e degli attriti.

Apprestandoci infatti a realizzare il secondo piano regionale, strutturandolo in modo coerente con le indicazioni del Progetto 80, dobbiamo tenere conto delle nuove necessità regionali che sono emerse.

Certo il nostro non è che un lavoro preparatorio a quello che dovrà essere compiuto dalle Regioni, perchè appena sarà attuato l'ordinamento regionale alle Regioni saranno attribuiti compiti di particolare rilievo nel procedimento di programmazione; questa partecipazione investe infatti la sostanza democratica della politica di piano e pone il problema del coordinamento tra i vari livelli della programmazione. Allora il programma economico nazionale si articolerà in programmi regionali strettamente interdipendenti, e sarà compito esclusivo delle Regioni l'approvazione con legge regionale dei piani plurienali dei loro interventi, nelle materie comprese nella loro competenza legislativa, in attuazione delle scelte contenute nel programma economico nazionale.

Nello Renacco

VALLE D'AOSTA. BARD.

Muro ciclopico di sostegno della « via delle Gallie » costruito tra gli anni 140-120 prima dell'Era Volgare (consolato dei fratelli Gracco).

È detto a secco con massi di roccia taluni della lunghezza di m 3, è rimasto intatto sul valico per più di venti secoli con una estensione di m 58, sempre sorretto dal suo peso. Si collega con un massiccio contrafforte in cotto ornato di bugnati ben visibile dallo stradone provinciale dove la Dora Baltea inizia la grande curva della infida gola che lambisce la base del monte del forte di Bard. Questo contrafforte che si vorrebbe spoglio dalla virulente vegetazione, si presenta elegantemente architettato. E parte residua del monumentale muraglione di sostegno della via delle Gallie e di protezione dal fiume che si prolunga a grandi blocchi squadri di gneis micaceo, oltre il ponte medioevale per Hone Bard.

In questo punto un ottimo disegno di E. Aubert (1) mette in evidenza l'imponenza della costruzione che pare sorgere dalla Dora B. Il muro ciclopico che si vede in primo piano, è fortemente inclinato (scarpata) per sostenere il carico della via delle Gallie ed anche l'enor-

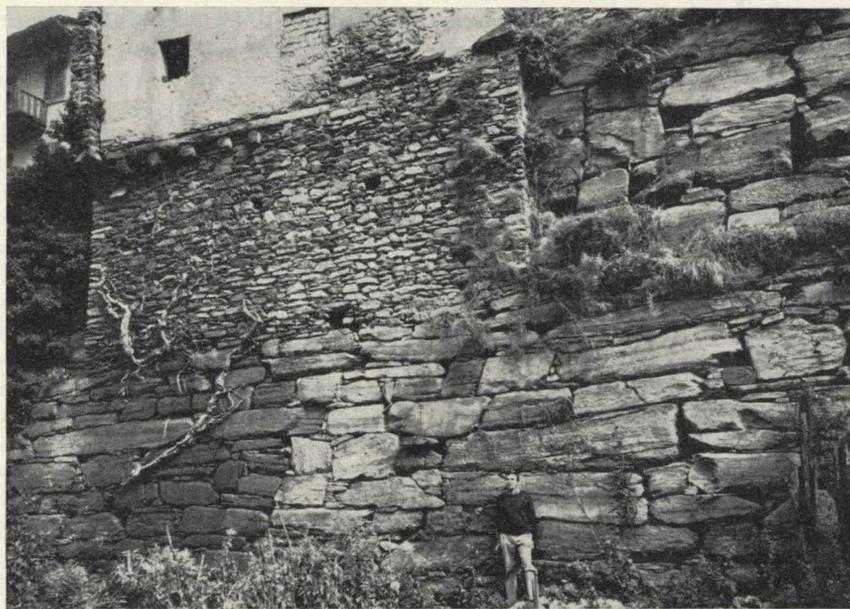
me pressione delle acque in curva. Il parapetto fa parte del muro, si direbbe assai alto, sormontato da una colonna militare (per la prima volta collocate dai fratelli Gracco).

Con la nuova provinciale, questa insigne opera della tecnica Romana è stata demolita (1886 e seguenti), rimangono solo le vestigia del ponte Albard (2) e qualche arco in cotto a grande raggio inclusi nei fabbricati del borgo di Jaquemed e che certamente servivano per proteggere le solite taverne con stallaggio, ed il cambio delle mute.

L'utilità del muro secco, cioè privo di calce, era quella di sostenere il terrapieno della Via Romana ricavata da un lato scosceso e roccioso del monte Albard laterale. Il fondo stradale, come risulta da scavi, oltre ai poliedri ora coperti, è formato da strati di ciottoli di fiume, più adatti in montagna per lasciare filtrare le acque onde eliminare pericolose enfiamenti del sottosuolo. La via è larga m 5,20 regolamentari. Osservando bene questa fotografia, vediamo che il muro ha un'altezza di m 16 circa formato di rocce ben connesse fondate su un enorme spallone inclinato sito nel profondo del pauroso burrone (detto anche orrido), recinto dal lato opposto dal dirupato monte del Forte.

(1) È una buona stampa dell'epoca stata pubblicata sulla Guida di Ratti e Casanova edita nel 1876 poi rinnovata nel 1888.

(2) Leggere su Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Aprile 1967.



Qui il burrone è stato in parte colmato di terra per coltivare un giardino, rimanendo in vista il muro a secco per circa m 9 di altezza sui 16 totali. La fondazione che vedesi in alto a sinistra, è di un caseggiato che cavalca la strada avente al centro un sottopassaggio carrario in funzione di porta. In origine era un fortilizio fatto erigere nel tardo sec. XIII da Ugone II, signore di Bard. La tipica struttura e le mensoline nonchè la tradizione lo confermano. È noto che questa posizione chiave del valico fosse redditizia perchè, coi suoi armigeri, ricattava i mercanti ed i viandanti obbligati a passarvi per entrare nella Valle dei Salassi o per scendere a Donnas. Nel secolo XVII il fortilizio venne trasformato in abitazione civile, mantenendo il passaggio centrale che presenta segni di bombardamenti. Per ottenere dei riferimenti di struttura del muro, l'ing. Cappa Bava, che gentilmente mi accompagnò nella gita, si è prestato a esporre la sua persona alta 2 m, della cortesia ne siamo grati. Dal parapetto della strada, lo sguardo domina una località che provoca meraviglia e paura. Di fronte vedesi il tormentato dirupo con il forte che le luci di riflesso lo ravvicinano e lo rendono brillante sullo sfondo del cielo. In basso vi è lo stretto e profondo burrone folto di piante selvatiche e cumuli di massi calcarei, accavalcati irregolari, precipitati dal monte. Detto burrone, non è percorso dalle acque siccome deviate anticamente a monte, per non invadere e danneggiare il borgo di Bard. Finisce sistemato sotto un ponte della strada nazionale costruita nel 1886, finita poco dopo.

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO