

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE . ANNO XXIX . N. 7-8 . LUGLIO-AGOSTO 1975

## SOMMARIO

### RASSEGNA TECNICA

U. ROSSETTI - <i>La Tavola Rotonda sul nuovo Regolamento della Legge 1086</i> . . . . .	pag.	71
CONGRESSI . . . . .	»	71
M. CICALA - <i>Una nuova figura di Pubblico Ufficiale: l'Ingegnere collaudatore delle opere in cemento armato ed a struttura metallica</i> . . . . .	»	72
P. SCARZELLA - <i>Aspetti dell'arte mineraria romana e interpretazione del singolare paesaggio dell'« Aurifodina » della Bessa</i> . . . . .	»	74
G. BONGIOVANNI, M. CLERICO, P.M. CALDERALE - <i>Studio biomeccanico e progetto di un nuovo simulatore per giunto d'anca</i> . . . . .	»	84

### RECENSIONI

R. ZORZI - <i>R. Roscelli: Edili senza lavoro, operai senza casa</i> . . . . .	»	92
R. GABETTI - <i>L. Patetta: L'architettura dell'ecllettismo: fonti, teorie, modelli 1750-1900</i> . . . . .	»	94

*Direttore:* Roberto Gabetti.

*Comitato d'onore:* Gaudenzio Bono, Mario Brunetti, Mario Catella, Cesare Codegone, Federico Filippi, Rolando Rigamonti, Rinaldo Sartori, Paolo Verzone, Vittorio Zignoli.

*Comitato di redazione:* Giuseppe Boffa, Paolo Bondi, Guido Bonicelli, Aldo Brizio, Vincenzo Ferro, Oreste Gentile, Mario Oreglia, Ugo Rossetti.

*Segretario di redazione:* Dante Buelli.

*Redazione, segreteria, amministrazione:* Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, via Giolitti, 1 - Torino.

Periodico inviato gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III/70

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA

# Banco di Sicilia

Istituto di credito di diritto pubblico  
Presidenza e Amministrazione Centrale  
in Palermo

Patrimonio L. 92.775.175.916

Sedi e Succursali in:

Acireale, Agrigento, Alcamo, Ancona, Bologna, Caltagirone,  
Caltanissetta, Catania, Enna, Firenze, Gela, Genova, Lentini,  
Marsala, Messina, Mestre, Milano, Palermo, Pordenone, Ragusa,  
Roma, S. Agata Militello, Sciacca, Siracusa, Termini Imerese,  
Torino, Trapani, Trieste, Venezia, Vittoria

## 244 Agenzie

Uffici di Rappresentanza in:

Bruxelles, Copenaghen, Francoforte sul Meno, Londra, New York,  
Parigi, Zurigo

Tutti i servizi di banca, borsa e cambio

**IMPIANTI TERMICI**

**RADIAZIONE**

**CONDIZIONAMENTO**

**VENTILAZIONE**

**IDRAULICI SANITARI**

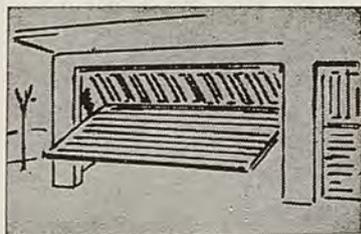


# G. SARTORIO e f.

S. p. A.

10139 - TORINO - VIA BARDONECCHIA, 5

TELEF. 37.78.37  
(3 linee con ric. autom.)



SERRANDE DI SICUREZZA

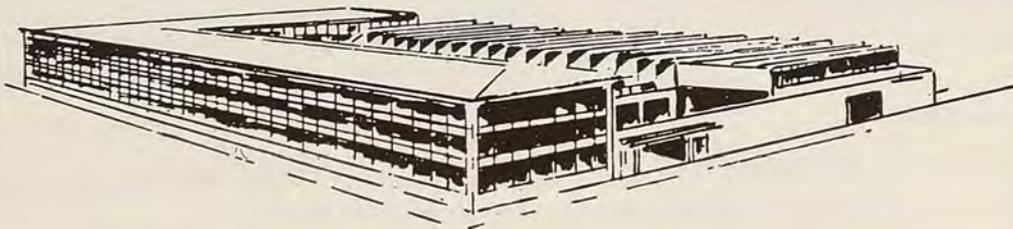
**BENEDETTO PASTORE**

S.p.A.

Capitale Sociale L. 425.000.000

**ESPORTAZIONE**

TUTTI I TIPI DI CHIUSURE DI  
SICUREZZA, AVVOLGIBILI  
"CORAZZATA" RIDUCIBILI,  
RIPIEGABILI, SCORREVOLI  
A BILICO PER ABITAZIONI, NE-  
GOZI, GARAGES, STABILIMENTI



SEDE E STABIL.: 10152 TORINO - C. NOVARA, 112 - TEL. 233.933 (5 linee)



# RASSEGNA TECNICA

*La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella « Rassegna Tecnica », in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche non soci, invitati. La pubblicazione, implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.*

## La Tavola Rotonda sul nuovo Regolamento della Legge 1086

Mercoledì 16 aprile si è tenuta, presso la Sede Sociale con grande partecipazione di ingegneri ed architetti la tavola rotonda sul nuovo Regolamento della Legge 1086 sulle costruzioni in cemento armato e precompresso ed in struttura metallica.

Dopo il saluto del Presidente Gabetti, la discussione è stata avviata dal delegato regionale dell'AICAP (Associazione Italiana Cemento Armato e Precompresso) Rossetti, ricordando che la riunione è stata promossa in collaborazione tra la Società e l'AICAP, collaborazione che sarà sviluppata in futuro. Hanno quindi preso la parola i relatori.

Il prof. Levi ha illustrato le linee generali del Regolamento e le tendenze attuali negli altri Paesi, sottolineando le difficoltà di redazione di un efficiente ed aggiornato sistema di norme, che deve comunque essere integrato da manuali e da commentari.

Il prof. Marro ha esaminato analiticamente vari aspetti del Regolamento del C.A. e del C.A.P., illustrandone le varianti rispetto alla precedente edizione con alcune osservazioni sulla formulazione dei criteri di calcolo a rottura e sull'omissione di norme sullo stato limite a taglio.

Il prof. Goffi ha trattato particolarmente le questioni riguardanti i solai, i prefabbricati, i laterizi, svolgendo paragoni tra norme dei successivi regolamenti e mettendo in luce che le norme attuali penalizzano particolarmente i solai di maggiore altezza, peraltro più efficienti per rigidità ed isolamento.

Il prof. Nascé ha svolto l'analisi delle nuove norme per le costruzioni metalliche, ricordando che la notevole riduzione di mole implica il continuo ricorso alle norme CNR UNI 10011 o ad altre fonti,

mettendo in luce talune inesattezze e formulando varie osservazioni. Ha concluso illustrando i lavori della Convenzione Europea della Costruzione metallica, che pubblicherà quest'anno manuali di Norme concordate nell'ambito europeo dopo anni di studi.

Il prof. Cicala ha trattato gli aspetti giuridici della Legge; in calce diamo il testo del suo intervento.

Il prof. Rossetti, prima di aprire la discussione, ha ricordato come sui Bollettini dell'AICAP e dell'Ordine degli Ingegneri di Torino egli ha suscitato un dibattito sul problema della collaudabilità delle costruzioni qualora esse risultino non conformi (per carenze di documentazione sulle prove dei materiali, impossibilità di effettuare prove di carico, varianti rispetto al progetto, ecc.) alle Norme di Legge e Regolamento, e ritiene utile discutere anzitutto questo aspetto, collegato all'intervento del prof. Cicala.

Nella discussione intervengono nell'ordine i Soci Luboz, Migliasso, l'avv. Lageard, Goffi Edoardo, Levi, Tarabbo, Thaon di Revel, Chiorino, Marro, Cicala, Maina che illustrano quesiti, propongono soluzioni ed interpretazioni delle Norme, prospettano suggerimenti di future varianti.

Al termine della riunione viene costituita una commissione che, analogamente a quanto già fatto due anni or sono, raccoglierà suggerimenti, critiche e proposte di variante da inoltrare al Ministero dei Lavori Pubblici in vista del futuro aggiornamento della normativa.

Ugo Rossetti

## CONGRESSI

**dicembre 1975 - gennaio 1976 - Milano**

Corso su Sistemi di Strumentazione Automatizzata.  
Organizzazione: Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica.  
Informazioni: Ufficio Programma Istruzione Permanente, Politecnico, Piazza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 MILANO.

**dicembre 1975 - gennaio 1976 - Milano**

Corso su Applicazioni Tecniche ed Industriali della Radiazione Ionizzante.  
Organizzazione: CESNEF.  
Informazioni: Ufficio Programma Istruzione Permanente, Politecnico, Piazza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 MILANO.

**7-11 febbraio 1976 - Milano**

2<sup>a</sup> INTEL - Esposizione Internazionale Elettrotecnica.  
Organizzazione: ANIE.  
Informazioni: INTEL S.p.A., Via Luciano Manara, 1 - 20122 MILANO.

**22-24 marzo 1976 - Roma**

23<sup>o</sup> Congresso Scientifico Internazionale per l'Elettronica. Sistemi di comunicazione a fibre ottiche - Robotica.  
Informazioni: Segreteria del Congresso per l'Elettronica presso Rassegna Internazionale Elettronica Nucleare ed Aerospaziale, Via Crescenzo, 9 - 00193 ROMA.

**30-31 marzo 1976 - Londra**

Conference on Small Electrical Machines.  
Organizzazione: Power Division of IEE, IEEEE, Institute of Mathematics and its Applications, Institute of Physics, Institution of Electronic and Radio Engineers (IERE).  
Informazioni: IEE Conference Department, Savoy Place, LONDON WC2R OBL.

**5-9 aprile 1976 - Birmingham**

HEVAC '76 - International Heating, Ventilating and Air Conditioning Exhibition.  
Organizzazione ed informazioni: Industrial and Trade Fairs Holdings Ltd.  
Segreteria: Radcliffe House, Blenheim Court, SOLIBULL, West Midlands B91 2BG (Inghilterra).

# Una nuova figura di Pubblico Ufficiale: l'Ingegnere collaudatore delle opere in cemento armato ed a struttura metallica

1 - L'applicazione concreta ed il rispetto delle disposizioni contenute nella legge 5 novembre 1971 n. 1086 (sulla disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato e a struttura metallica) nonché delle norme tecniche previste dall'art. 21 della legge stessa è affidata alle categorie professionali degli ingegneri e degli architetti.

E questo non solo nel senso, ovvio, che ingegneri ed architetti debbono rispettare queste disposizioni nello svolgimento della loro attività, ma anche sotto un diverso più pregnante profilo. Accade, cioè, che non sia previsto alcun confronto preventivo, o da svolgersi nel corso dell'opera, o immediatamente dopo la sua conclusione, ed affidato ad uffici statali, o comunali, sul rispetto delle «norme tecniche» applicabili a queste costruzioni edilizie (1).

L'ufficio del genio civile si limita cioè a ricevere la denuncia dei lavori (con gli allegati progetti e relazioni illustrative) nonché la relazione a struttura ultimata del direttore dei lavori, e non esercita su questi documenti che un controllo meramente estrinseco e formale (2).

A sua volta, il sindaco, a mezzo dei funzionari e degli agenti comunali verifica soltanto che i lavori siano diretti e progettati da un professionista competente (art. 13) e che siano stati regolarmente tenuti i rapporti con il genio civile (art. 14) e i documenti previsti dalla legge (art. 15) (3).

(1) Pur nel silenzio della legge, sembra che la normativa in esame vada applicata solo alle opere di «ingegneria civile», in tal senso sono le norme tecniche e i lavori preparatori. Cfr. VANNACCI, *I tecnici del settore costruzioni in acciaio*, in *L'esercizio delle professioni tecniche alla luce della nuova normativa sulle costruzioni con particolare riguardo all'edilizia industrializzata* (atti del convegno tenutosi a Bologna il 15 ottobre 1972 nell'ambito dell'VIII SAIE), pag. 9.

Per conto mio, osserverei anche come il collaudo possa venir, in ogni caso, affidato ad architetti, cioè a professionisti la cui competenza si estende solo nell'ambito delle «opere di edilizia civile» (art. 52 R.D. 23 ottobre 1925 n. 2537).

(2) Sembra il Genio Civile possa, almeno controllare che il progetto sia stato redatto da un professionista a ciò abilitato. Cfr. BALLERINI, *Vigilanza sugli adempimenti prescritti dalla legge 5 novembre 1971 n. 1086 e considerazioni sotto l'aspetto penale*, in *L'esercizio cit.*, pag. 18. In un senso assai limitativo sembra sia la prassi seguita dagli uffici; cfr. MONACELLI, *I controlli*, *ibidem*, pag. 14. Circa le competenze dei geometri cfr. PREDIERI, *Sulle competenze dei geometri per la progettazione di opere in cemento armato e struttura metallica*, *ibidem*, pag. 22.

Su tutta la materia si veda il mio *L'ingegnere direttore dei lavori e la legge sulle opere in conglomerato cementizio ed a struttura metallica*, in *Riv. giur. ed.*, 1974, II, pag. 128.

(3) Cfr. BALLERINI, *op. cit.*, pag. 19.

Neppure potranno intervenire con compiti di controllo i funzionari della Polizia Giudiziaria perché la progettazione od esecuzione di lavori in difformità con le norme tecniche non integra, di per sé, illecito penale (4); la loro violazione potrà soltanto costituire il presupposto per l'applicazione dei reati di crollo di costruzione e rovina di edifici (artt. 434 e 676 c.p.).

Spetta dunque al direttore dei lavori esercitare un controllo del costruttore, anche quando questi gli abbia affidato l'incarico, mantenendo aggiornati i documenti del cantiere ed elaborando una fedele «relazione a struttura ultimata». Egli ha, infatti, la veste di esercente un servizio di pubblica necessità (art. 359 c.p.), ed ove attesti «falsamente come avvenuti fatti» non conformi al vero commetterà il reato di cui all'art. 481 c.p. (falsità ideologica in certificati).

2 - Il momento di maggior rilievo per il controllo delle opere previste dalla legge n. 1086 è, senza dubbio, il «collaudo statico» regolato dall'art. 7.

Questo importante atto di verifica non è, come già ricordato, devoluto a pubblici dipendenti, ma a un libero professionista «ingegnere o architetto iscritto all'albo da almeno 10 anni». Viene dunque spontaneo domandarsi quale qualifica giuridica assuma questo collaudatore; e, a mio avviso deve riconoscersi che egli è, a tutti gli effetti, un pubblico ufficiale (5).

Ed, invero, l'art. 357 c.p. prevede espressamente che non tutti i pubblici ufficiali siano anche pubblici dipendenti laddove qualifica come pubblico ufficiale «ogni persona che esercita, anche temporaneamente, gratuitamente o con retribuzione, volontariamente o per obbligo, una pubblica funzione... amministrativa».

Ora, le attività di verifica e di controllo della condotta dei privati rientrano fra le tipiche pub-

(4) Può essere interessante osservare che, tre anni dopo, emanando la legge 2 febbraio 1974 n. 64 (*provvedimenti per l'edilizia con particolare riguardo alle zone sismiche*) il legislatore ha seguito criteri del tutto diversi, prevedendo che la violazione delle norme tecniche costituisce reato e articolando pregnanti controlli tecnici. Cfr. il mio *L'attività dell'ingegnere edile di fronte alla legge 2 febbraio 1974 n. 64*, in *Atti rass. tecnica*, 1974, XI-XII.

(5) In questo senso MONACELLI, *op. cit.*, pag. 15.

bliche funzioni amministrative <sup>(6)</sup> e tale deve essere classificato anche il compito di procedere a collaudo ai sensi della legge n. 1086 del 1971.

Il collaudatore esegue, cioè, una verifica circa la sicurezza dell'edificio e il positivo risultato della valutazione da lui svolta (integrata dal certificato di avvenuto deposito presso l'ufficio del genio civile) consente al privato di « utilizzare la costruzione » <sup>(7)</sup>. Le conseguenze di una mancanza del collaudo sono, d'altronde, schiettamente pubblicistiche: l'utilizzazione di una costruzione non collaudata costituisce reato (art. 17) ed in assenza del collaudo non possono essere rilasciate le licenze d'uso e di abitabilità (art. 8).

La legge ha poi voluto assicurare l'autonomia del collaudatore dal costruttore, specie nella fase di designazione. Inoltre, il nominativo del collaudatore deve essere comunicato all'ufficio del genio civile (art. 7) in modo da impedirne la sostituzione; ed il collaudatore se non adempie sollecitamente il suo ufficio commette un reato (art. 16).

3 - Le conseguenze di quanto finora esposto sono intuitive: al collaudatore compete la particolare tutela concessa al pubblico ufficiale (le ingiurie a lui rivolte integreranno gli estremi dell'oltraggio a pubblico ufficiale) e, per converso, sul collaudatore graveranno le particolari responsabilità del pubblico ufficiale.

In particolare, colui il quale, in violazione anche dell'art. 7 della legge n. 1086 del 1971, assume il collaudo di un'opera cui sia cointeressato commetterà il reato di interesse privato in atti di ufficio (art. 324 c.p.).

Di notevole significato mi sembra poi ancora ricordare che il collaudatore che attesti come eseguite operazioni da lui non compiute commetterà il grave delitto di falso ideologico in atto pubblico (art. 479 c.p.); mentre nelle ipotesi meno gravi potrà soccorrere l'art. 480 c.p.

Son tutte fattispecie che difficilmente possono emergere o comunque giungere a conoscenza della Procura della Repubblica, almeno se la costruzione

<sup>(6)</sup> PANNAIN, *I delitti dei pubblici ufficiali contro la pubblica amministrazione*, Napoli, 1966, pag. 33.

<sup>(7)</sup> Al contrario di quanto accadeva nel R.D. 16 novembre 1939 n. 2229 (art. 4 comma 8) oggi il pubblico ufficio si limita a recepire l'opera del professionista senza sottoporla ad alcun controllo intrinseco. Si noti che per sostenere, forse con eccessiva benevolenza, con l'ufficiale sanitario quando attesta che un elettore non è in grado di esprimere il voto alle elezioni senza l'assistenza di un accompagnatore, non è pubblico ufficiale, la giurisprudenza ha fatto ricorso alla argomentazione che detto medico si limita a formulare un parere, ma la decisione spetta al Presidente del seggio elettorale. Cfr. Pret. Assisi 30 ottobre 1962, in *Riv. pen.* 1964, II, pag. 465.

si regge in piedi; se invece l'edificio dovesse, in tutto o in parte rovinare, è estremamente probabile che infrazioni simili diventino palesi nel corso dell'istruttoria, civile o penale, che di solito segue ai crolli.

4 - La legge n. 1086 ha, un poco ottimisticamente, regolato espressamente solo l'ipotesi in cui il collaudo abbia esito felice e non quella in cui il collaudatore ritenga di non poter avallare la costruzione che gli è stata sottoposta <sup>(8)</sup>.

In questo caso, a mio avviso, il collaudatore (mancato deposito del collaudo) dovrà consegnare all'ufficio del genio civile una dichiarazione di rifiuto del collaudo.

E questo sia per non incorrere nelle sanzioni previste dall'art. 16 della legge per l'ipotesi in cui non si provveda al deposito del collaudo, sia perché non sarebbe ammissibile che un iter amministrativo rimanesse aperto *sine die* senza concludersi in un atto formale suscettibile di impugnazione.

È da rilevare però che il collaudo riguarda soltanto l'aspetto statico dell'edificio; il fatto cioè che il direttore dei lavori non abbia provveduto a rispettare le varie incombenze formali e sostanziali che su di lui gravano potrà solo rendere più difficili e lunghe le operazioni di collaudo ma di per sé non comporta l'impossibilità che il collaudo dia esito positivo.

Quando, però, il collaudo venga rifiutato, si tratta di una decisione piuttosto grave perché la legge non prevede alcuna forma di revisione di questa operazione <sup>(9)</sup>; essa potrà dunque esser ripetuta solo dopo che il costruttore abbia provveduto a sostanziali rimaneggiamenti tali da condurre sostanzialmente a formulare una nuova valutazione di un'opera « nuova ».

Inoltre, la particolare posizione dell'ingegnere collaudatore, non legato da alcun rapporto organico con la Pubblica Amministrazione, esclude che contro il diniego di collaudo sia possibile esperire ricorso gerarchico; unico rimedio contro tale rifiuto sarà dunque l'impugnazione avanti al Tribunale Amministrativo Regionale, impugnazione che potrà, per altro, esser coltivata solo su ragioni di legittimità e non anche per vizi di merito.

Mario Cicala

<sup>(8)</sup> Sul punto cfr. le osservazioni del ROSSETTI, in *Notiziario AICAP*, 1974, n. 12.

<sup>(9)</sup> Invece la licenza d'uso prevista dal R.D. n. 2229 del 1939 era revocabile (cfr. Cons. Giust. Amm. reg. Sicilia 19 gennaio 1962, in *Foro it.*, 1962, III, col. 208). Si noti che la legge 2 febbraio 1974 n. 64 al suo art. 28 nomina questa licenza ormai abolita.

# Aspetti dell'arte mineraria romana e interpretazione del singolare paesaggio dell'«Aurifodina» della Bessa

*PAOLO SCARZELLA, interpretando i resti della miniera d'oro gallo-romana e romana della Bessa, sia alla stregua delle descrizioni delle tecniche antiche di coltivazione riportate dai classici, sia alla stregua delle descrizioni delle tecniche medioevali e delle tecniche recenti in zone coloniali impieganti ancora prevalentemente il lavoro manuale, ha potuto rilevare o porre in nuova luce aspetti dell'Arte Mineraria romana.*

1. In due riprese sono stati comunicati alla Società Piemontese di Archeologia e di Belle Arti i risultati delle ricerche condotte dal Padre dell'Autore e dall'Autore nelle miniere d'oro gallo-romane e romane della Bessa.

Nella seduta scientifica del 25 gennaio 1969 sono stati illustrati gli elementi caratteristici che costituiscono il vasto complesso minerario: le reti di strade e di canali, gli accumuli di materiali di rigetto, le abitazioni, i villaggi, gli edifici con destinazioni speciali, i luoghi di culto.

Nella seduta scientifica del 18 dicembre 1969 sono state illustrate in particolare le incisioni (di coppelle e di altra natura) rinvenute su una trentina di «massi erratici» (massi trasportati dal ghiacciaio) esistenti nell'area di circa 400 ettari sfruttata dai lavaggi minerari.

Ora, essendo state ulteriormente approfondite le ricerche sotto l'aspetto tecnico-minerario, vengono presentati ulteriori contributi diretti: *a)* a spiegare la genesi della caratteristica singolare configurazione del complesso dei resti della miniera (configurazione che si coglie in modo particolarmente efficace nelle vedute aeree); *b)* ad integrare le attuali conoscenze in un'importante branca dell'arte mineraria romana alla luce delle interpretazioni suddette di uno degli esempi più importanti di campi di lavaggio aurifero rimasti in condizioni idonee per essere studiati.

Nel lasso di tempo intercorso dall'ultima comunicazione alla Società suddetta, le ricerche hanno permesso di individuare numerosi nuovi importanti reperti (opere idrauliche, edifici di conformazione singolare, luoghi di culto con incisioni, fondazioni di abitazioni con resti di stoviglie e di attrezzi, ecc.). Nel presente scritto non se ne farà cenno, e ci si limita a considerare il particolare argomento enunciato; si rimanda per le descrizioni dei nuovi reperti suddetti ai due volumi pubblicati nel frattempo per iniziativa dell'editore-stampatore biellese S. M. Rosso: *Il mistero della Bessa* (Biella, 1969) e *I Vittivuli e l'oro della Bessa* (Biella, 1973).

2. La persistenza ad approfondire per anni le ricerche nella Bessa va in breve giustificata.

2.1. Anzitutto è giustificata dall'affetto per una cosa bella e rara.

Il campo di lavaggio, con le sue dimensioni veramente rilevanti (7 km di lunghezza per 600 m di larghezza in media), tuttora per buona parte desertico e sterile alle coltivazioni, dà luogo ad un paesaggio di singolare bellezza.

Tra i desolati cumuli di ciotoli scartati o «rigettati» dai lavaggi si sono faticosamente fatte strada nei secoli associazioni vegetali pioniere rare e singolari, ed ancora in tale ambiente soggiornano animali selvatici e sostano di passo volatili di svariate specie.

La zona, minacciata da ogni lato dall'edilizia incontrollata e dalle cave di ghiaia, è stata recentemente compresa nell'ambito del progettato Parco Naturale Regionale della Serra che si spera possa presto essere concretizzato: la Bessa e la Serra, poste al confine tra le due arce altamente industrializzate del Biellese e del Canavese continuerebbero così a costituire un prezioso polmone di riserva naturale, tradizionale ambiente di escursioni di appassionati Biellesi ed Eporediesi.

2.2. In secondo luogo vi è la calamitante curiosità per una cosa che è affascinante perché oltre che bella è misteriosa: un singolare paesaggio artificiale difficile da interpretare, prodotto dalla fatica di migliaia di persone avvicendatesi nel corso di più secoli.

Come si è detto, le recenti ricerche sono state in particolare indirizzate a ricostruire sin nei dettagli come si fossero svolte le diverse fasi di lavoro, onde mettere a punto le chiavi logiche idonee per interpretare quanto si riscontra. Possedendo tali chiavi interpretative l'immagine di quanto fisicamente si coglie percorrendo la miniera si anima e suscita la configurazione mentale delle vicende naturali ed umane che l'hanno generato, con la fragrante presenza degli uomini al lavoro, distribuiti per esempio sui fronti di scavo secondo certi abachi riscontrati in ogni tempo di rendimento ottimale: una persona ogni 10 mq di fronte, con una resa che poteva variare da 0,6 a 1,2 mc al giorno, a cui corrispondeva un fabbisogno d'acqua di lavaggio di 0,5 a 1,0 litri al secondo per uomo...

Le ricerche sono state dirette da una parte a raccogliere e sistemare quanto è stato detto dagli autori che si sono occupati di tale particolare settore dell'arte mineraria, dalla classicità sino

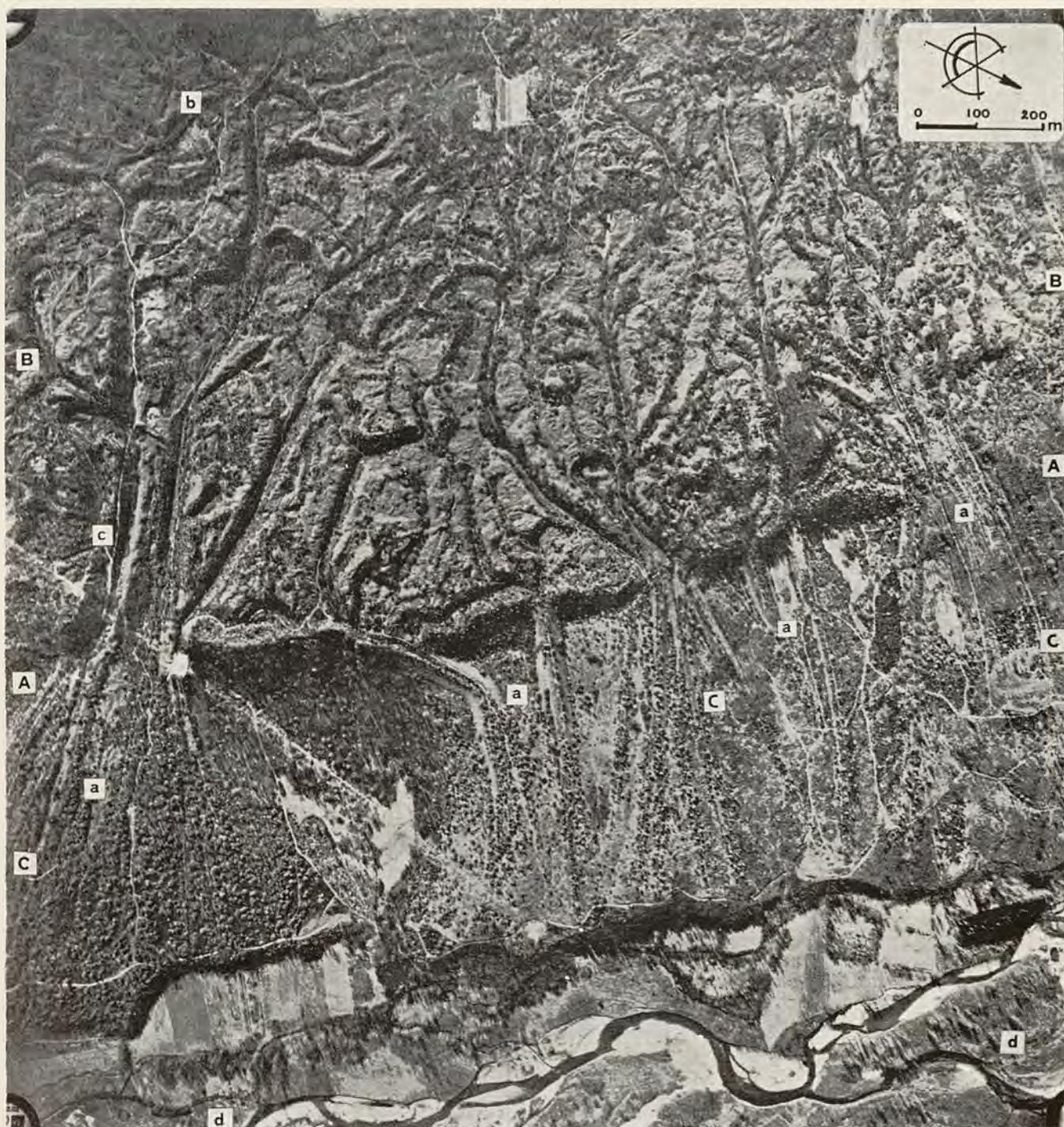


Fig. 1 - Fotografia aerea della porzione centrale della Bessa: AA, terrazzo naturale separante la parte superiore (BB in alto nella figura) caratterizzata dai cumuli di sassi di scarto, dalla parte inferiore detta « Riva del Ger » caratterizzata dal ricoprimento di materiali di lavaggio (CC); a,a,a, terrapieni di raccordo, dove erano ubicati parte dei lavaggi; b, serbatoio e canale (c); d,d, torrente Elvo.

all'alba di questo secolo; dall'altra parte si è verificato ed integrato tutto ciò con quanto si è potuto cogliere sul posto e in particolare con le vicende che è stato possibile localmente ipotizzare alla luce di tali informazioni.

È stato utile studiare oltre che gli autori coevi e più antichi anche gli autori recenti che hanno descritto i procedimenti di lavaggio delle alluvioni aurifere utilizzando in prevalenza gli strumenti tradizionali e il lavoro dell'uomo, procedimenti che venivano ancora intensamente utiliz-

zati all'inizio di questo secolo in paesi sottosviluppati del Nuovo Mondo <sup>(1)</sup> e <sup>(2)</sup> e in distretti coloniali <sup>(3)</sup>.

Tali descrizioni recenti sono utili in quanto particolarmente ricche di dati numerici (rendi-

<sup>(1)</sup> E. B. WILSON, *Hydraulic and placer mining*, New York, 1898.

<sup>(2)</sup> W. BOERICKE, *Prospecting and operating small gold placers*, N. York, 1933.

<sup>(3)</sup> R. MONTI e R. ANTHOINE, *Manuel d'exploitation des gisements aurifères au Congo Belge*, Liège, 1927.

menti, fabbisogni, ecc.) che sembra possibile estrapolare, entro certi limiti, agli sfruttamenti minerari più antichi sino al caso della Bessa <sup>(4)</sup>.

### 3. Fasi del lavoro minerario.

Il lavoro di estrazione dell'oro dagli alluvioni auriferi, all'epoca romana, come tuttora, può essere schematizzato in tre fasi distinte:

a) operazioni preliminari (di adduzione dell'acqua di lavaggio, di scavo del materiale da la-

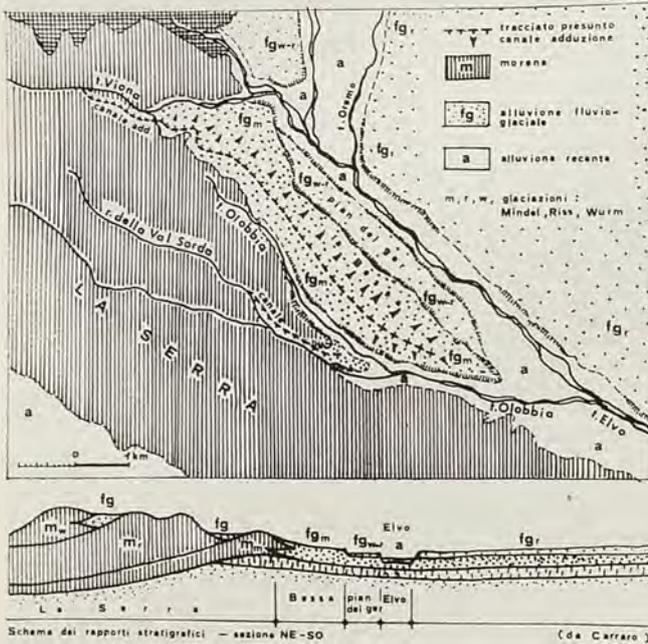


Fig. 2 - Localizzazione dei giacimenti auriferi sfruttati nella Bessa, ai margini della formazione morenica della Serra. Le frecce indicano le direzioni dei lavaggi.

vare, di accatastamento dei trovanti e del pietrame troppo pesante per esser conveniente lavarlo, di trasporto del materiale scavato ai lavaggi);

b) operazioni di lavaggio;

c) operazioni successive (di sgombero del materiale lavato, di spostamento e di mantenimento in efficienza delle attrezzature di lavaggio).

### 4. Operazioni di lavaggio: le attrezzature e le loro esigenze tecniche.

4.1. Le operazioni di lavaggio costituiscono la fase più delicata e culminante del ciclo di lavoro. Le condizioni necessarie per poterle svolgere nel modo migliore influenzano (se non determinano)

<sup>(4)</sup> Un particolare ringraziamento va al prof. Mancini del Politecnico di Torino che ha prestato generoso aiuto nella ricerca bibliografica e nell'interpretazione dei reperti.



Fig. 3 - Tecnica medioevale di lavaggio a mezzo di un panno. (Da Agricola).

caso per caso l'organizzazione globale del lavoro nelle miniere e in conseguenza determinano la configurazione caratteristica che ciascuna miniera assumerà nel tempo. Per tali ragioni conviene parlarne subito.

Le operazioni di lavaggio sono dirette a separare l'oro dagli altri corpi o sostanze (sabbia, ghiaia, ciotoli, argilla) costituenti l'alluvione aurifero.

L'oro si trova in tali alluvioni, come è noto, allo stato puro sotto forma di minute scaglie o foglioline.

Le attrezzature usate per separare l'oro sono



Fig. 4 - Tecnica medioevale di lavaggio a mezzo di un canale con risalti. Tale tecnica è tuttora la più usata. (Da Agricola).

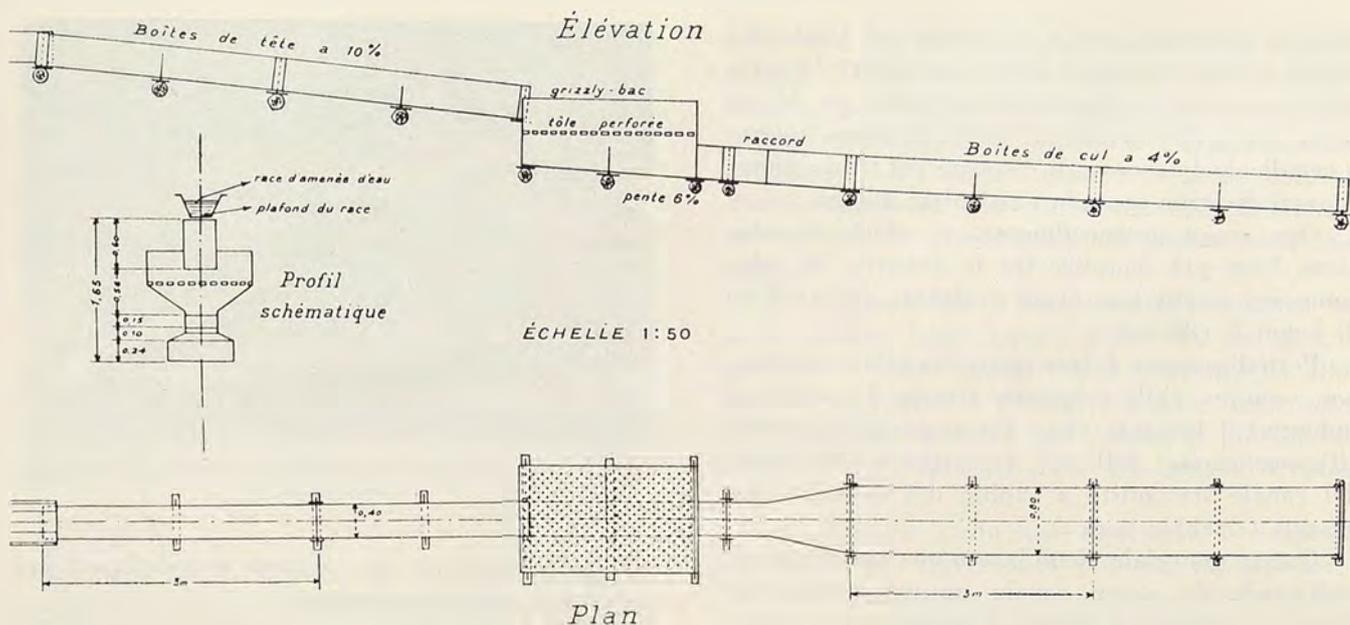


Fig. 5 - Tavola di lavaggio (« sluice ») usata nelle miniere di Kilo in Congo Belga nel 1920. (Da Monti e Anthoine).

sostanzialmente immutate dall'epoca romana all'epoca attuale. Si basano tutte sul principio che, mescolato l'alluvione nella corrente d'acqua di un canale, l'oro più pesante (peso specifico 19) raggiunge il fondo del canale e tende a depositarsi prima dei corpi costituiti da altre sostanze che sono nettamente più leggere: minerali metallici (peso specifico da 2 a 7), minerali lapidei (peso specifico da 2 a 3).

Le attrezzature di lavaggio consistono essenzialmente in un canale <sup>(5)</sup> di adeguate dimensioni (a seconda dei vari tipi, con sezione da 40 × 40 cm a 80 × 40 cm e con lunghezza da 6 a 18 m), di adeguata pendenza (dal 15 al 4 %, costante o decrescente nel corso del canale) e con adeguata portata d'acqua (in pratica una corrente alta almeno 4 ÷ 8 cm).

Il fondo del canale è organizzato in modo da presentare delle discontinuità superficiali o dei risalti atti a fermare le sostanze più pesanti, e in particolare l'oro, che vi si tendono a depositare dalla corrente.

Le differenti attrezzature di lavaggio descritte dai diversi Autori che hanno trattato l'argomento (dai più antichi ai contemporanei) si differenziano soprattutto su questo aspetto particolare. Plinio <sup>(6)</sup> (23-79 d. C.) riferisce che il fondo dei canali di lavaggio (« agogae ») era reso scabroso da rami di « ulex » arbusto spinoso « simile al rosmarino »; tali rami venivano poi fatti seccare e quindi bruciati per separare l'oro dalle ceneri.

<sup>(5)</sup> Detto da Agricola « area », ed ora comunemente « tavola » o « sluice ».

<sup>(6)</sup> C. PLINIO SECONDO, *Naturalis historia*, libro XXXIII, cap. 4, § 21.

Agricola <sup>(7)</sup> (1494-1555) presenta, con acuto senso critico, le numerose soluzioni da lui conosciute, dalla antica soluzione, che avrebbero adottato i Colchi, di disporre nel fondo di una corrente d'acqua una pelle di capra su cui l'oro depositandosi avrebbe dato luogo al mitico « vello d'oro » scoperto dagli Argonauti, alla soluzione dei rami di « ulex » descritta da Plinio, ad altre soluzioni usate dai suoi contemporanei: di disporre sul fondo del canale tessuti o panni con superficie resa scabrosa con diversi accorgimenti (confezionando il tessuto con crini di cavallo, o intessendo

<sup>(7)</sup> G. BAUER (AGRICOLA), *De Re Metallica*, 1<sup>a</sup> edizione, Basilea, 1556, libro 7<sup>o</sup>.

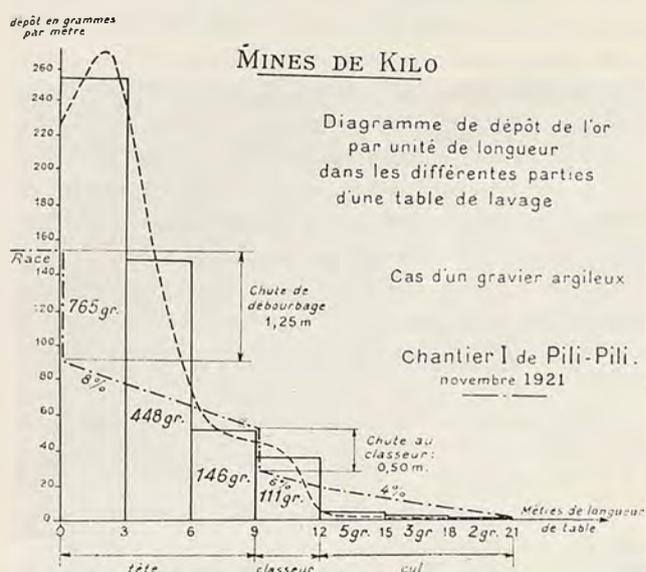


Fig. 6 - Diagrammi di rendimento di una tavola di lavaggio in funzione della sua lunghezza. (Da Monti e Anthoine).

nodi in superficie, ecc.), di fissare sul fondo del canale piccoli ostacoli o risalti (costituiti da tavole trasversali o diagonali in legno, da fili di ferro, ecc.), di ricavare sul fondo in legno fossette o canali diagonali, di disporre sul fondo pietre o pezzi di legno secondo particolari disegni.

Ora, quasi universalmente, si adotta la soluzione forse più semplice tra le descritte, la soluzione dei risalti trasversali costituiti da tavolette di legno (« riffles »).

Periodicamente (circa una volta alla settimana, per esempio, nella soluzione attuale dei « riffles » suddetta) il lavaggio viene interrotto e si procede all'asportazione dell'oro depositatosi sul fondo del canale frammisto a sabbie dei minerali più pesanti (« sabbia nera »).

Questo materiale viene lavato una seconda volta utilizzando lo stesso canale oppure utilizzando l'antica tecnica del piatto, l'arnese caratteristico dei cercatori solitari d'oro lungo gli alvei dei fiumi e dei torrenti <sup>(8)</sup>, personaggi caratteristici che si trovavano ancora nell'ultimo dopoguerra lungo i corsi d'acqua pedemontani.

Ulteriori secondarie differenziazioni fra i tipi di attrezzature di lavaggio prospettate dai diversi autori sono costituite da elementi accessori:

a) vasche di mescolamento poste in testa al canale per facilitare la miscelazione del materiale, specie se argilloso, con la corrente d'acqua;

b) vasche grigliate (« grizzly bacs ») per facilitare l'asportazione dalla corrente delle pietre delle maggiori dimensioni che tendono a depositarsi sul fondo con velocità analoga a quella delle particelle d'oro di minori dimensioni (a causa degli alti valori del coefficiente di forma e del rapporto tra volume e superficie di tali grosse pietre nei confronti delle particelle d'oro) <sup>(9)</sup>.

Le vasche grigliate accessorie possono essere poste sia in testa al canale (come in esempi recenti americani riportati dal Wilson <sup>(10)</sup> o come in esempi medioevali riportati da Agricola), sia a metà canale (come in esempi riportati dall'opera citata di Monti e Anthoine).

Le attrezzature di lavaggio sono in grado di funzionare ugualmente bene anche senza i « grizzly bacs » (che non sono menzionati da Plinio).

In tal caso è però necessario provvedere manualmente (per esempio a mezzo « di rastrelli » o « di forconi » - Agricola) ad asportare le pie-

<sup>(8)</sup> Il piatto da lavaggio ha assunto diverse denominazioni: « laux » (Agricola), « pan » (USA e Canada), « batea » (Messico), ecc.

<sup>(9)</sup> Dalla teoria si ha infatti che la velocità di deposito delle diverse particelle nella corrente vale  $V = \sqrt{c \cdot D \cdot (d - 1)}$ , dove « c » è un coefficiente di forma, « D » la dimensione massima dell'elemento o particella, « d » la sua densità.

<sup>(10)</sup> E. B. WILSON, *op. cit.*

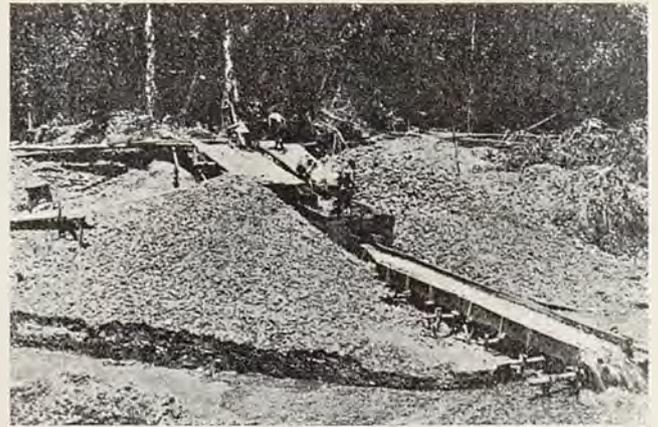


Fig. 7 - Tavola di lavaggio con caricamento manuale in funzione nel Congo Belga.

tre più voluminose che tendono a depositarsi nel corso del canale ostruendolo.

D'altra parte non è conveniente scartare dal lavaggio tale pietrame di grande pezzatura in quanto una notevole percentuale dell'oro presente nell'alluvione risulta localizzata proprio in aderenza alle pietre e alle ghiaie.

Man mano che le operazioni di lavaggio procedono, il materiale più grosso (il pietrame formato nei « grizzly bacs » o fermatosi nella corrente ed estratto a mano) viene accumulato ai fianchi del canale di lavaggio, mentre il materiale più fine che ha percorso l'intero canale trascinato dalla corrente (pietrame di minore pezzatura, ghiaia e sabbia) tende ad accumularsi in prossimità dello sbocco.

4.2. Perché le operazioni di lavaggio testé descritte possano svolgersi con continuità occorre fare in modo che siano verificate le seguenti condizioni.

a) Anzitutto è necessario avere a disposizione una sufficiente portata d'acqua e un sufficiente dislivello o « caduta » dall'inizio del canale di lavaggio al suo sbocco. Tale dislivello può variare

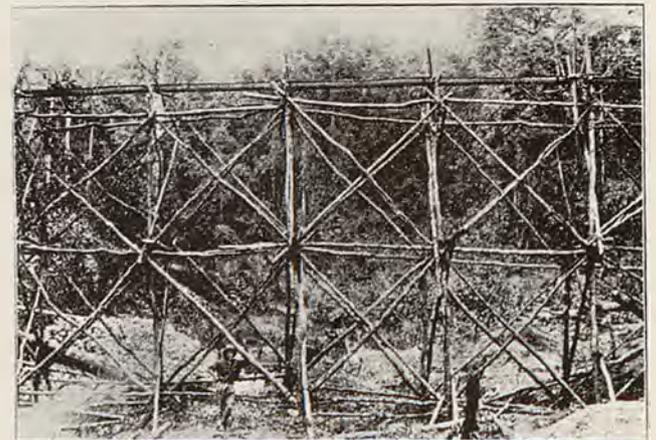


Fig. 8 - Traliccio in legno sostenente un canale di adduzione (Congo Belga).

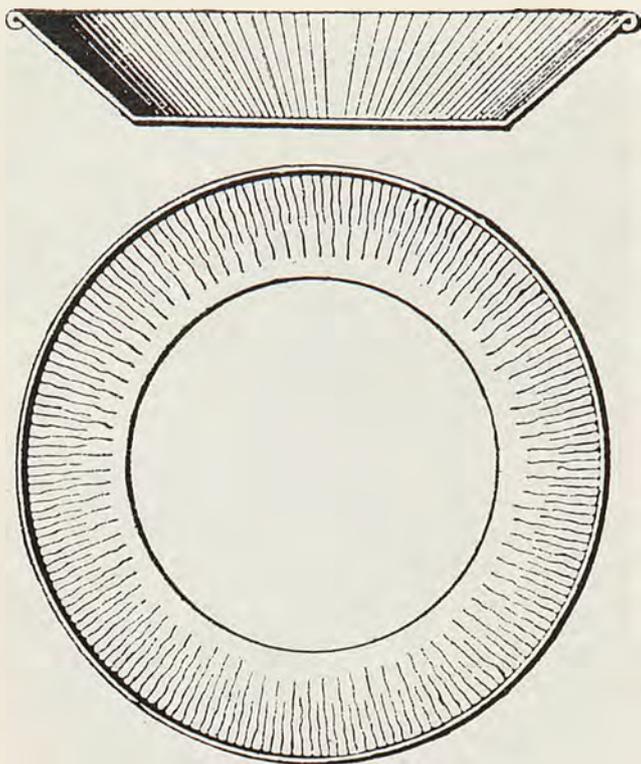


Fig. 9 - Piatto (di diametro 40 cm circa) per il lavaggio manuale delle sabbie precedentemente arricchite (Stati Uniti).

da 1,5 a 5 m a seconda del tipo di attrezzatura usata e dall'accuratezza che si vuole ottenere nei lavaggi (vale a dire a seconda della minore o maggiore percentuale dell'oro esistente che si vuole potere estrarre), ed ancora a seconda della natura del materiale da lavare e del suo tenore in argilla o ferretto.

b) Inoltre occorre organizzare lo scavo ed il trasporto del materiale ai lavaggi in modo che questo possa arrivare con flusso costante e commisurato alla portata d'acqua disponibile; in ogni caso occorre disporre di un volume d'acqua pari a 7-12 volte il volume di materiale da lavare e ciò in funzione del minore o maggiore tenore di argilla.

Ne viene che, dopo la mano d'opera, il fattore industriale più raro e prezioso per l'esercizio di tale tipo di miniera è costituito dall'acqua corrente.

c) È necessario inoltre provvedere ad allontanare in qualche modo il materiale lavato che si accumula sui fianchi (pietrame grosso) e allo sbocco del canale (pietrame più minuto, ghiaia e sabbia) e che tende a formare una sorta di diga tutto intorno alla zona di lavaggio ostacolando il proseguimento delle operazioni.

##### 5. Individuazione e interpretazione delle zone di lavaggio.

5.1. Come è stato premesso, date le caratteristiche naturali locali (di costituzione geologica, di

conformazione orografica, di risorse idriche disponibili), il complesso delle suddette condizioni necessarie per svolgere le operazioni di lavaggio hanno profondamente orientato l'organizzazione complessiva del lavoro minerario nella Bessa e hanno conseguentemente determinato la fisionomia che la miniera avrebbe assunto gradatamente nel tempo.

Il «placer» che è stato sfruttato avrebbe un relativamente basso tenore d'oro (in media 0,16 grammi al metro cubo) <sup>(11)</sup>. È costituito da alluvione fluvio-glaciale <sup>(12)</sup>, proveniente dagli adiacenti cordoni morenici più esterni e più antichi dell'anfiteatro (portati dalla glaciazione di Mindel).

In superficie l'alluvione sfruttabile è ricoperto da uno strato ferretizzato più difficilmente lavabile (di spessore da 1 a 3 m a seconda dei punti) che in parte dovette essere asportato.

In talune zone si è preferito raggiungere lo strato inferiore (non ferretizzato e agevolmente lavabile) mediante pozzi e gallerie dei quali è stato scoperto e segnalato un certo numero di esempi <sup>(13)</sup>.

Il placer utilizzato si sviluppa sulla superficie di un altopiano in pendenza (dal 2 al 4 %) delimitato tutt'attorno da un terrazzo di erosione fluviale alto da 20 a 40 metri scavato dai torrenti Viona, Elvo, Olobbia e Rio di Val Sorda durante periodi interglaciali Mindel-Riss e Riss-Wurm.

<sup>(11)</sup> A. SABELLA, *Antiche alluvioni aurifere*, in « Illustrazione Biellese », febbraio 1939.

<sup>(12)</sup> Foglio *Biella* dalla « *Carta Geologica d'Italia* ». Nuovo rilevamento della zona a cura di F. CARRARO, edito nel 1966.

<sup>(13)</sup> N. DI ROBILANT, *Essai sur deux minières des anciens romains*, in « *Atti Accademia delle Scienze* », Torino, 1786, pag. 268 e seg.; vedere inoltre i due volumi citati da noi pubblicati nel 1969 e nel 1973.



Fig. 10 - Canale di deflusso dai lavaggi nel Pian del Ger. Il canale interrato è venuto alla luce durante scavi di prelievo di ghiaia.

Tale terrazzo o scoscendimento perimetrale fu sfruttato per ubicarvi una buona parte delle attrezzature di lavaggio del materiale estratto dall'altopiano: in tal modo si aveva la possibilità di liberare via via l'area circostante le attrezzature dal materiale lavato, scaricandolo direttamente nel piano sottostante.

Più precisamente, come si è visto, il pietrame di maggiore pezzatura (che tendeva a fermarsi sul canale) veniva tolto e scaricato sul fianco delle attrezzature di lavaggio, mentre il pietrame più piccolo, la ghiaia e le sabbie uscite dal canale di lavaggio venivano fatte proseguire verso il piano sottostante trascinate dalle stesse acque entro rozzi canali fiancheggiati da muri di pietrame. Un numero notevole di tali canali sono venuti alla luce negli scavi realizzati da imprese di estrazione di ghiaia e sabbia nella zona pianeggiante inferiore suddetta compresa tra la terrazza e l'alveo del torrente Elvo (fig. 10).

Tale procedura di lavoro avrebbe dato luogo alle caratteristiche strutture a «terrapieno» di varia foggia ma a pendenza costante (dal 4 al 5 %) che ricordano la zona pianeggiante inferiore (detta « pian del ger ») con l'altopiano dal quale venne estratto il materiale aurifero (figg. 1, 11, 12).

I fianchi dei terrapieni sono costituiti dal pietrame grosso buttato ai lati del canale di lavaggio mentre la base pianeggiante dei terrapieni, per

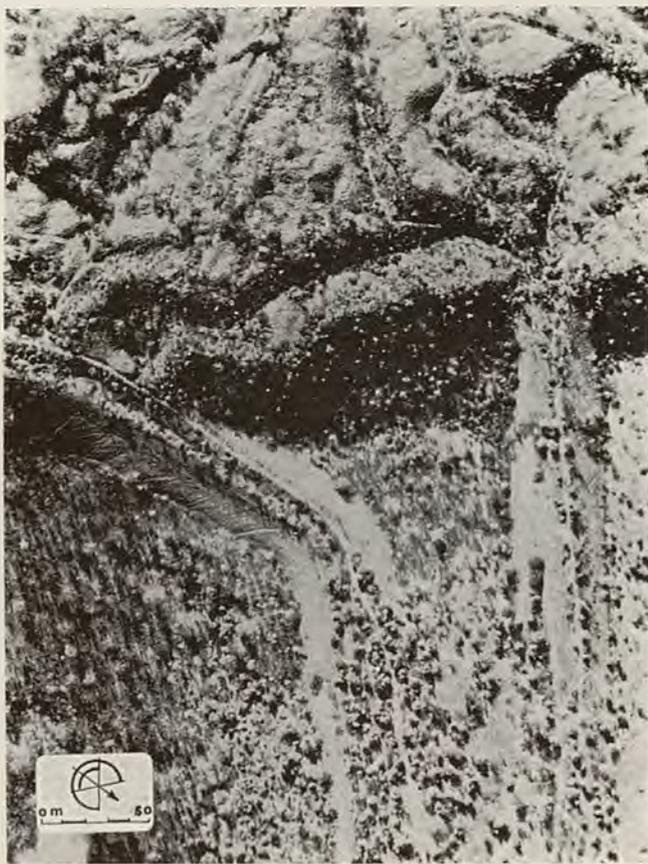


Fig. 11 - Terrapieni di raccordo costituiti dall'accumulo del materiale lavato nella Bessa (fotografia aerea).



Fig. 12 - Terrapieni di lavaggio ad andamento radiale, nella Bessa.

uno spessore variabile che può raggiungere i 15 m, è costituita dal pietrame più piccolo, dalle ghiaie e dalle sabbie uscite frontalmente dai lavaggi e ivi addotte dai canali di scarico suddetti.

Tali strutture e dimensioni risultano evidenti nei tagli del terreno operati dalle recenti cave.

Man mano che le operazioni di lavaggio procedevano, l'attrezzatura doveva essere lentamente spostata verso valle per poter mantenere la notevole pendenza necessaria al canale di lavaggio (variabile dal 15 al 4 %) e per liberare i fianchi ed il fronte dell'attrezzatura dai rigetti accumulatisi (fig. 13).

Questo procedimento delle operazioni spiegherebbe, come si è detto, la genesi dei singoli terrapieni distribuiti lungo la terrazza perimetrale dell'altopiano.

Tuttavia, oltre un certo limite, non doveva essere più conveniente procedere, per l'eccessiva lunghezza del trasporto del materiale da lavare. Conveniva dirottare sul fianco il canale di alimentazione, iniziando i lavaggi in una nuova direzione radiocentrica rispetto alla precedente.

Con questo procedimento si può spiegare la genesi delle caratteristiche strutture a più terrapieni radiocentrici (sino a 4 o 5), come pure le genesi di altre strutture di raccordo a conoide, costituito da terrapieni radiocentrici ravvicinati o quasi continui a mo' di ventaglio.

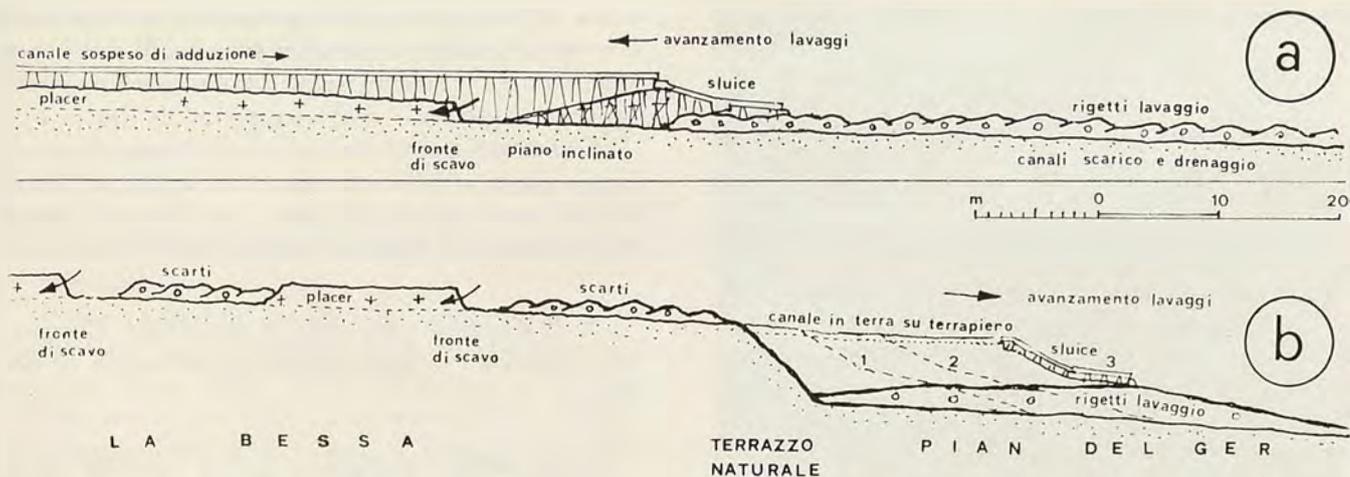


Fig. 13 - Sezioni schematiche illustranti l'andamento dei lavori di lavaggio in un cantiere moderno (Congo Belga p. es.) (a) e l'andamento presunto in un cantiere romano della Bessa (b).

5.2. Altre stazioni di lavaggio erano disposte nell'altopiano dove veniva scavato il materiale da lavare. Sembra che queste fossero ubicate prevalentemente nelle così dette «bunde» (caratteristici avvallamenti generati in parte dall'erosione naturale) che solcano l'altopiano nella direzione delle linee di pendenza.

Tali stazioni sono individuabili attraverso la presenza di cordunate di pietrame lavato di grossa pezzatura che si sviluppano lungo l'avvallamento, dove doveva scorrere il canale.

Inoltre tali stazioni erano ubicate in punti dove la pendenza naturale del terreno era tale (4-6 %) da consentire alle acque già usate per il lavaggio di trascinare via il materiale meno grosso a mezzo di canali di scarico oltre il limite delle terrazze perimetrali, scaricandolo nel pianoro sottostante con la formazione di caratteristici conoidi a superficie continua.

In ogni caso chi organizzò i cantieri sembra abbia fatto costantemente in modo da evitare che il materiale fino e di media pezzatura si accumulasse sull'altopiano ostacolando eventuali successive operazioni di lavaggio.

Non è da escludere che vi fosse una disposizione regolamentare o legale in proposito, essendo le miniere di proprietà dello Stato e da questo tutelate in vari modi come dimostrano le precise disposizioni tecniche per miniere iberiche riportate nelle «Tavole di Aljustrel», rinvenute nel 1876 e nel 1906 <sup>(14)</sup>.

In ogni caso le miniere erano fonte di ricchezza per l'erario a cui spettava una notevole percentuale del metallo estratto dai cantieri appaltati a «pubblicani».

5.3. In complesso il tipo descritto di organizzazione del campo di lavaggio si differenzia dal

<sup>(14)</sup> F. SQUARZINA, *Miniere e diritto minerario dei Romani*, in «Industria mineraria», novembre 1952.

tipo che oggi sarebbe adottato nelle stesse condizioni naturali (fig. 13).

Il lavoro si svolgerebbe ora tutto nella zona dove viene estratto il materiale tendendo a rendere minimi i tragitti di trasporto di materiale da lavare e lavato.

Il «placer» verrebbe affrontato incominciando dal basso e procedendo parallelamente alle linee di pendenza.

I lavaggi verrebbero disposti immediatamente a ridosso della linea di scavo e verrebbero frequentemente spostati in avanti di conserva con l'avanzamento dello scavo; il materiale lavato sarebbe lasciato prevalentemente sul posto.

Per attuare questa soluzione sarebbe però necessario portare l'acqua di lavaggio ad una quota di 3-5 m al di sopra del piano di scavo a mezzo di canali sollevati da terra (costituiti da tavole di legno o altro) spostati periodicamente e sostenuti da incavallature di legname.

La non convenienza ad adottare una tale soluzione, pur possibile (Plinio stesso parla espressamente di canali di lavaggio sostenuti da impalcature, «per praerupta suspenduntur canales», N.H., XXXIII, 4, 21) fu probabilmente determinata dalla difficoltà e dal costo relativamente alto di realizzazione delle tavole di legno necessarie per costituire l'invaso dei canali sospesi.

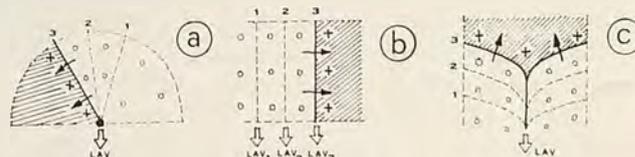


Fig. 14 - Tipi di avanzamento degli scavi nella Bessa: radiale (a), laterale (b), pseudo-frontale (c).

Si ricorda che la ruota idraulica, con le sue diverse utilizzazioni in segherie, mulini, magli, ecc. si sarebbe diffusa solo nel Medio Evo.

6. Individuazione ed interpretazione delle zone di scavo.

Le modalità delle operazioni di scavo e di trasporto del materiale da lavare determinarono in gran parte il caratteristico disegno dell'altopiano. Non tutto il materiale ricavato veniva avviato ai lavaggi; le pietre al di sopra di un certo peso o di un certo volume non venivano lavate ed erano accumulate alle spalle degli addetti agli scavi.

Tali cumuli di pietre scartate caratterizzano le zone di scavo dell'altopiano e si differenziano a prima vista dagli altrettanto caratteristici cumuli di pietra di minor pezzatura che caratterizzano i fianchi delle zone di lavaggio.

I fronti di scavo venivano tracciati e fatti avanzare in modo tale da sfruttare razionalmente tutta l'area di «placer» messa a disposizione del cantiere e delimitata dalle aree di sfruttamento di altri cantieri oppure da aree già sfruttate.

Si possono riscontrare tipi di avanzamento a schema radiale, pseudo-frontale, laterale, come pure le più varie combinazioni di questi schemi, dettate volta per volta dall'opportunità del caso.

Con la guida di queste semplici chiavi logiche non è difficile ricostruire sul posto l'andamento dei lavori e lo sviluppo nel tempo del singolo cantiere: è consigliabile appoggiarsi ad una fotografia

aerea (15) e iniziare le operazioni individuando le zone di lavaggio e gli ultimi fronti di scavo, poi abbandonati, caratterizzati dalla presenza del «placer» tagliato.

L'andamento del lavoro era ovviamente centrifugo a partire dalla stazione di lavaggio, e procedeva in modo da non coprire con il grosso pietrame scartato il «placer» ancora da utilizzare.

7. Congiunte sulla rete di adduzione d'acqua; individuazione e interpretazione di opere idrauliche.

7.1. L'acqua necessaria per i lavaggi nella Bessa è stata derivata dai torrenti che vi scorrono adiacenti: il Viona (principalmente), il Rio della Val Sorda, e l'Olobbia.

La stessa scelta delle alluvioni della Bessa tra gli altri terreni alluvionali fluvio-glaciali esistenti nella zona, che avrebbero analoga natura geologica e analoghi tenori d'oro (16) (la Baraggia di Candelo, la Baraggia del Brianco tra Salussola e

(15) Una «strisciata aerofotogrammetrica» comprendente gran parte della zona è stata pubblicata nei due nostri volumi già citati del 1969 e del 1973.

(16) Cfr.: SABELLA, op. cit.

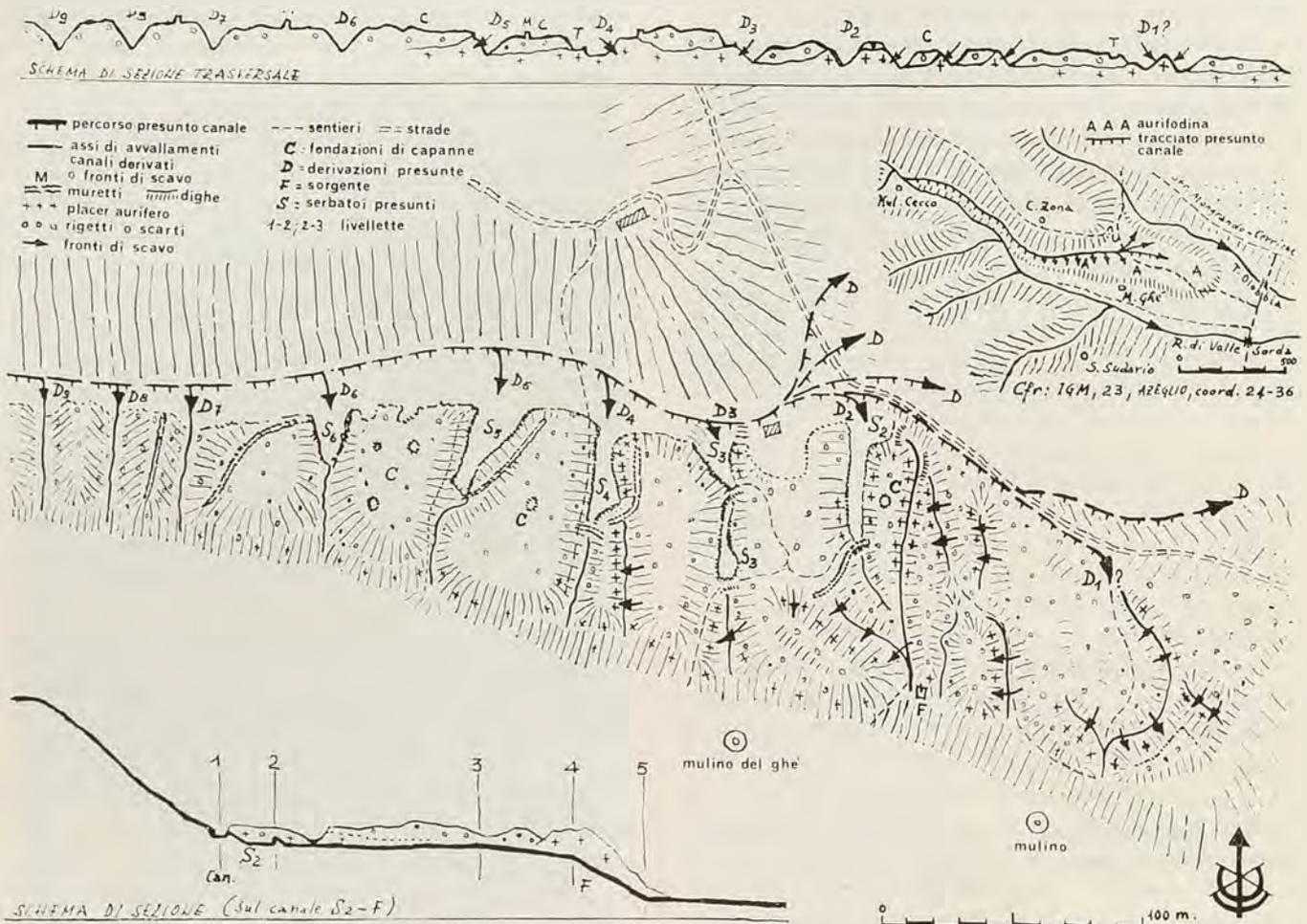


Fig. 15 - Schema dei lavaggi nella val Sorda, a monte del Mulino del Ghé.

Santhià), è stata probabilmente determinata dalla possibilità o dalla maggior convenienza di portarvi l'acqua necessaria.

I canali di adduzione alle «aurifodinae» erano realizzati (come ricorda Plinio) prevalentemente in terra, con ricorso ad eventuali opere d'arte in muratura o in legno dove necessarie, come per l'attraversamento dei costoni e degli avvallamenti.

Come ordine di grandezza dimensionale si ricorda come un solo canale in terra derivato dal torrente Viona largo 2 m e profondo 1 m con pendenza minima dell'1 % avrebbe potuto fornire la portata d'acqua necessaria al lavaggio del prodotto di scavo di circa 5000 operai. (La «Lex Censoria Victunulorum in Vercellensi agro», limitò come è noto a 5000 unità il contingente massimo degli addetti, Plinio, XXXIII, 4, 21).

Non è stato possibile sinora identificare resti sicuri di questi canali al di fuori delle zone di scavo, a causa delle coltivazioni che ivi hanno alterato la morfologia originaria del terreno.

Tuttavia sembra possibile identificare con discreta approssimazione le fasce di terreno dove questi dovevano logicamente passare e cioè con adeguata pendenza e tutto a monte dell'area sfruttata dai lavaggi (chiaramente individuabile in base ai cumuli di pietrame).

A tratti sembra possibile identificare tali tracciati con tratti di attuali strade o con ripiani del terreno di conformazione allungata e di adeguata pendenza.

Sarebbe auspicabile realizzare in futuro, in questi luoghi, degli scavi di assaggio.

In base alle considerazioni fatte sembra possibile localizzare sin d'ora con discreta attendibilità rispettivamente le prese del canale derivato dal Viona (di gran lunga il principale) a nord di Bornasco, e le prese del canale derivato dal Rio della Val Sorda, nei pressi del mulino Cecco o poco più a monte. I corsi d'acqua che sono stati utilizzati hanno ora un chiaro regime torrentizio con magre invernali ed estive.

Sembra di conseguenza plausibile un'ipotesi parallela a quella avanzata da C. Marco<sup>(17)</sup>: che gli imprenditori dei lavaggi sfruttanti l'acqua del Viona abbiano realizzato sulla montagna al di sopra di Croce-Serra dei canali di gronda per deviare nel bacino del Viona le acque della conca adiacente, a monte di Andrate e Nomaglio; l'opera avrebbe alimentato le discordie tra Salassi (insediati in Val d'Aosta e nel Canavese oltre la Serra) e Vittimuli citate da Strabone. Per altro un antico canale di irrigazione derivato da tali corsi d'acqua è tuttora in funzione sulla spalla arrotondata che separa le due Valli.

(17) Cfr.: C. MARCO, *La Bessa*, in riv. «Aosta», 1932.

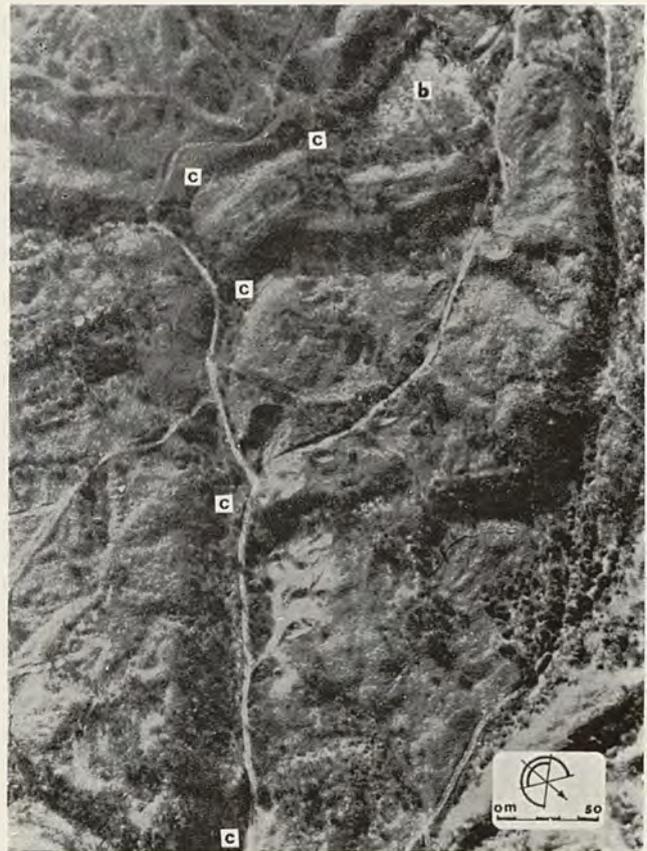


Fig. 16 - Serbatoio (b) e canale (c,c) di alimentazione dei lavaggi nella Bessa (cfr. anche la foto aerea generale).

7.2. L'acqua dei canali d'adduzione doveva essere distribuita ad una serie di serbatoi in terra posti a monte delle zone di lavaggio. Tali serbatoi assolvevano a due funzioni distinte: a) di accumulare l'acqua nelle ore notturne; b) di fare decantare le impurità («urium», Plinio) trascinate dalle acque dei canali.

Sono rimaste diverse tracce di tali serbatoi sia nella zona di lavaggio principale (a est della strada Mongrando-Cerrione) alimentata dalle acque del Viona, sia nella zona secondaria alimentata dal Rio di Val Sorda.

Purtroppo la maggioranza dei serbatoi sono ora scomparsi come i canali (di cui si è detto) che vi adducevano l'acqua, essendo anche questi realizzati in prevalenza nella zona a monte delle aree di scavo e di lavaggio, in terreni rimodellati dalle colonizzazioni agricole successive.

Particolarmente bene conservato è il serbatoio alimentante i lavaggi lungo la così detta «Bunda di' Canei» e forse anche altri lavaggi più a valle.

È localizzato sulla dorsale dell'altipiano e misura in pianta 1200 metri quadrati (fig. 16).

Supponendo una profondità (ora difficilmente determinabile) di 2 metri, il bacino era in grado di accumulare 2,4 milioni di litri pari al fabbisogno giornaliero d'acqua per lavare la produzione di scavo di circa 65 uomini al lavoro per 10 ore al giorno.

PAOLO SCARZELLA

# Studio biomeccanico e progetto di un nuovo simulatore per giunto d'anca

GUIDO BONGIOVANNI e MARGHERITA CLERICO con PASQUALE MARIO CALDERALE, dopo aver esaminato sinteticamente i problemi meccanici delle artroprotesi, con particolare riferimento ai dispositivi atti a misurare i parametri fondamentali che influenzano la sollecitazione delle protesi stesse, riferiscono su un simulatore di nuova concezione che consente di provare l'intero complesso osso-componente femorale-componente acetabolare della protesi d'anca.

## 1. Introduzione

In questi ultimi anni la sostituzione del giunto d'anca mediante protesi è effettuata sempre più frequentemente, seppure prevalentemente solo in soggetti di età superiore ai 60 anni, essendo tuttora da risolvere molti problemi ad essa connessi, fra i quali principalmente le modalità e la durata del collegamento con l'osso e gli effetti indotti dall'innesto, in particolare l'azione delle particelle che si producono per usura, corrosione e degradazione. Il desiderio di sostituire tale giunto anche in persone di età meno avanzata, senza per questo procurare ad esse effetti secondari, ha stimolato in tutto il mondo una gran quantità di ricerche, coinvolgendo l'opera di chirurghi ortopedici, biologi e ingegneri.

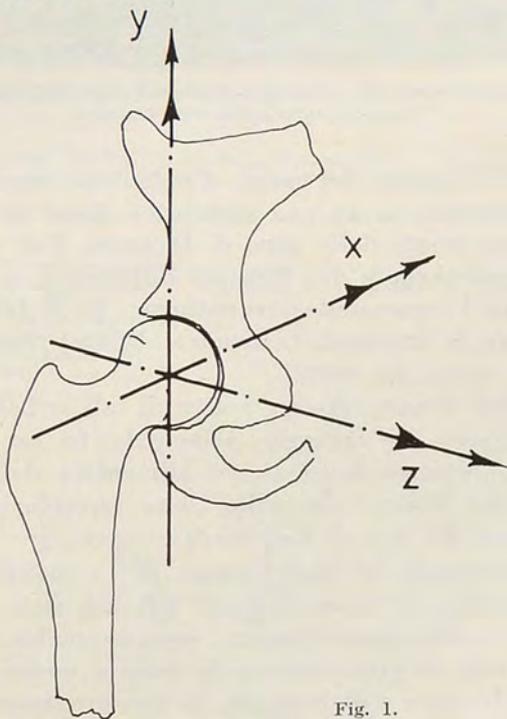


Fig. 1.

Questi studi e numerose intuizioni più o meno felici hanno consentito di realizzare moltissimi modelli di protesi, sulla cui validità mancano giudizi concordanti. In alcuni centri di ricerca sono attive le indagini, sia teoriche, sia sperimentali, per trovare gli elementi obiettivi che conducono al disegno ottimale di una protesi d'anca; tra le indagini sperimentali, le più interessanti sono quelle condotte su simulatori, che riproducono, più o meno fedelmente, il moto relativo e gli sforzi che si scambiano testa femorale e cotile.

I simulatori finora costruiti avevano lo scopo di rilevare l'usura dei due componenti la protesi.

I simulatori più perfezionati possono essere usati, oltre che in fase di studio, anche per il collaudo ed il controllo statistico di qualità di un prodotto che, come le artroprotesi, richiede un margine di incertezza estremamente ridotto.

In questa sede si propone un simulatore che si prefigge scopi più generali, in quanto consente di provare, oltre alla sola protesi, l'intero complesso osso-componente femorale-componente acetabolare della protesi e che può quindi fornire non soltanto dati sull'usura dei materiali, ma anche informazioni sulla qualità del collegamento osso-protesi. Inoltre, rispetto agli altri tipi già esistenti, presenta i vantaggi di realizzare tra testa femorale e cotile tutti i moti relativi che possono aversi durante la deambulazione e di poter applicare tra gli elementi della protesi del giunto d'anca una forza avente una direzione qualsiasi.

Anche se risulta chiaro che un osso vivo si comporterà in modo differente da un osso secco, è indubbio che prove di simulazione effettuate su un complesso del tipo suddetto possono fornire indicazioni non rilevabili attraverso altre vie.

Si ricorda infatti [1] che il tratto quasi rettilineo del diagramma sforzo deformazione dell'osso (deformazione elastica) è all'incirca coincidente, sia per l'osso umido, sia per quello secco; quindi se si pensa di non entrare in campo elastoplastico (come dovrebbe accadere se le sollecitazioni rimangono quelle fisiologiche), le conclusioni attendibili, sperimentando su osso secco, hanno certamente una loro validità, seppure non si consideri l'influenza dell'ambiente biologico e delle capacità di autoricostruzione di danneggiamenti dell'osso conseguenti a sollecitazioni patologiche.

Per lo studio di questo nuovo simulatore è stato necessario analizzare i moti e le forze che sollecitano l'articolazione d'anca durante la deambulazione, esaminando e valutando criticamente i dati esistenti nella letteratura sull'argomento. Per poter ottenere direttamente alcuni valori di confronto dei principali parametri in gioco nella deambulazione è stata infine progettata e costruita una pedana dinamometrica, costituita essenzialmente da un dinamometro a due componenti, la quale presenta soprattutto caratteristiche di semplicità costruttiva e quindi di economia.

Prima di descrivere il nuovo simulatore, vengono esaminate e confrontate le principali macchine sinora costruite per provare la protesi d'anca.

## 2. Schematizzazione dei carichi durante il moto relativo delle parti dell'articolazione dell'anca

Lo studio dell'intensità e delle direzioni delle forze che agiscono sulle articolazioni del corpo uma-

no può essere affrontato schematicamente supponendo che gli arti siano costituiti da segmenti rigidi collegati fra loro mediante coppie cinematiche con numero diverso di gradi di libertà.

L'anca può essere assimilata ad un giunto sferico che collega il femore al bacino; la testa femorale è l'elemento sferico interno e la cavità acetabolare è la sede con cui si accoppia tale elemento.

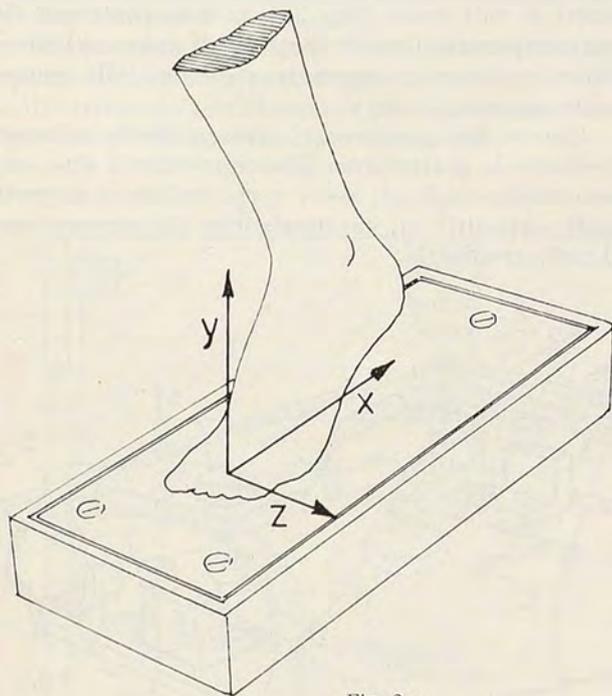


Fig. 2 a.

Lo studio del moto relativo tra elemento sferico e sede viene effettuato facendo riferimento ad una terna ortogonale di assi cartesiani solidale al bacino, con origine coincidente con il centro dell'elemento stesso (fig. 1). Durante la deambulazione, il moto del femore determina la rotazione dell'elemento sferico rispetto alla relativa sede attorno ad un asse passante per il centro della coppia. Tale rotazione può essere vista come somma di tre rotazioni attorno ai tre assi coordinati  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , cui corrispondono rispettivamente i moti di abduzione-adduzione (nel piano frontale  $y$ ,  $z$ ) di rotazione interna ed esterna (nel piano trasversale  $x$ ,  $z$ ) e di estensione-flessione (nel piano sagittale  $x$ ,  $y$ ). Essendo quest'ultimo moto quello prevalente nella deambulazione, il rapporto tra l'angolo di estensione-flessione e gli altri due oscilla tra 3.5 e 10 circa, a seconda dell'attività svolta [2]; in uno studio di prima approssimazione gli altri due moti possono essere trascurati. Si dovrà anzitutto studiare l'aspetto cinematico del passo per conoscere la geometria che gli arti inferiori assumono durante le varie fasi del movimento. Dalla conoscenza della posizione dell'articolazione si può risalire alle forze e ai momenti che esse si scambiano, una volta note le forze che si producono nei vari segmenti dai quali si suppone costituito il corpo, sia per l'azione delle masse, sia per le azioni esercitate dai muscoli.

Le forze in gioco durante il moto relativo del giunto d'anca ed, in particolare, quelle agenti sulle articolazioni non sono determinabili facilmente;

esse possono essere studiate secondo tre vie delle quali una teorica, un'altra sperimentale e la terza teorico-sperimentale.

La trattazione teorica viene affrontata partendo dalla rappresentazione schematica del corpo umano (segmenti rigidi collegati da coppie cinematiche); si suppone che su ciascun segmento siano applicate, oltre al peso della parte di corpo che tale segmento rappresenta (applicato nel baricentro del segmento), le forze generate dai muscoli, che evidentemente hanno linee d'azione e punti di applicazione ben definiti.

Il numero di muscoli, che controllano il moto di ciascun segmento di arto, è molto elevato (22 nel caso del femore); ed inoltre la maggior parte delle linee d'azione delle forze relative formano fra di loro angoli molto piccoli; pertanto nella trattazione rigo-

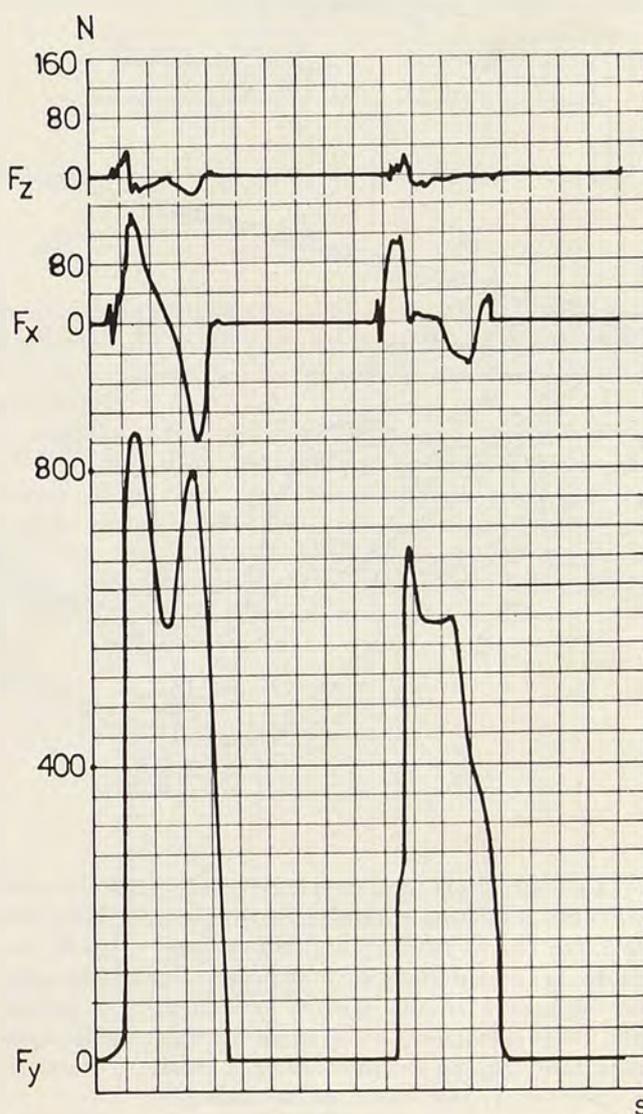


Fig. 2 b.

rosa si perviene a sistemi iperstatici, i quali possono essere risolti introducendo opportune ipotesi circa la ripartizione del carico sui vari muscoli. In generale la trattazione viene semplificata tenendo in conto solo alcune risultanti corrispondenti a più forze muscolari, ad esempio 1, 2, 3 o 4 risultati nel caso del femore (J. Inmann et alii [3], Williams e N. L. Svenssan [4], R. D. McLeish e J. Charnley [5]).

Oltre al peso del corpo, in una trattazione più rigorosa, si mettono in conto le forze e le coppie d'inerzia agenti sui vari segmenti (determinate in prove preliminari, ad esempio mediante accelerometri fissati in posizioni opportune del corpo).

Trattazioni di questo tipo non portano a risultati coincidenti; ad esempio, nel caso della risultante delle forze applicate al giunto d'anca, nei limiti del passo lento (in modo da trascurare gli effetti dinamici) si sono trovati valori massimi variabili da 2 a 6 volte il peso del corpo, avendo considerato l'azione di 1, 3 o 4 forze muscolari risultanti e diverse posizioni del baricentro del corpo [6].

La determinazione sperimentale delle forze agenti sulle articolazioni si può effettuare, con ovvie difficoltà, applicando celle di carico all'interno delle articolazioni stesse o utilizzando protesi strumentate, costruite appositamente [6].

logica. A questo scopo sono state costruite piattaforme a sei componenti, molto complesse e costose, in grado di determinare le forze ed i momenti scambiati fra piede e piattaforma secondo una terna ortogonale cartesiana di riferimento, solidale alla piattaforma e con origine in un punto del piano di appoggio piede-piattaforma (fig. 2a) in ciascun istante del ciclo del passo.

A titolo di esempio vengono riportati gli andamenti di tali forze (fig. 2b); si può osservare che due componenti (quelle secondo gli assi  $y$  e  $x$ ) hanno valore nettamente superiore a quello della componente secondo l'asse  $y$ .

Queste due componenti possono essere misurate mediante la piattaforma dinamometrica a due componenti (secondo gli assi  $y$  e  $x$ ), studiata e costruita dagli scriventi con caratteristiche di estrema semplicità strutturale.

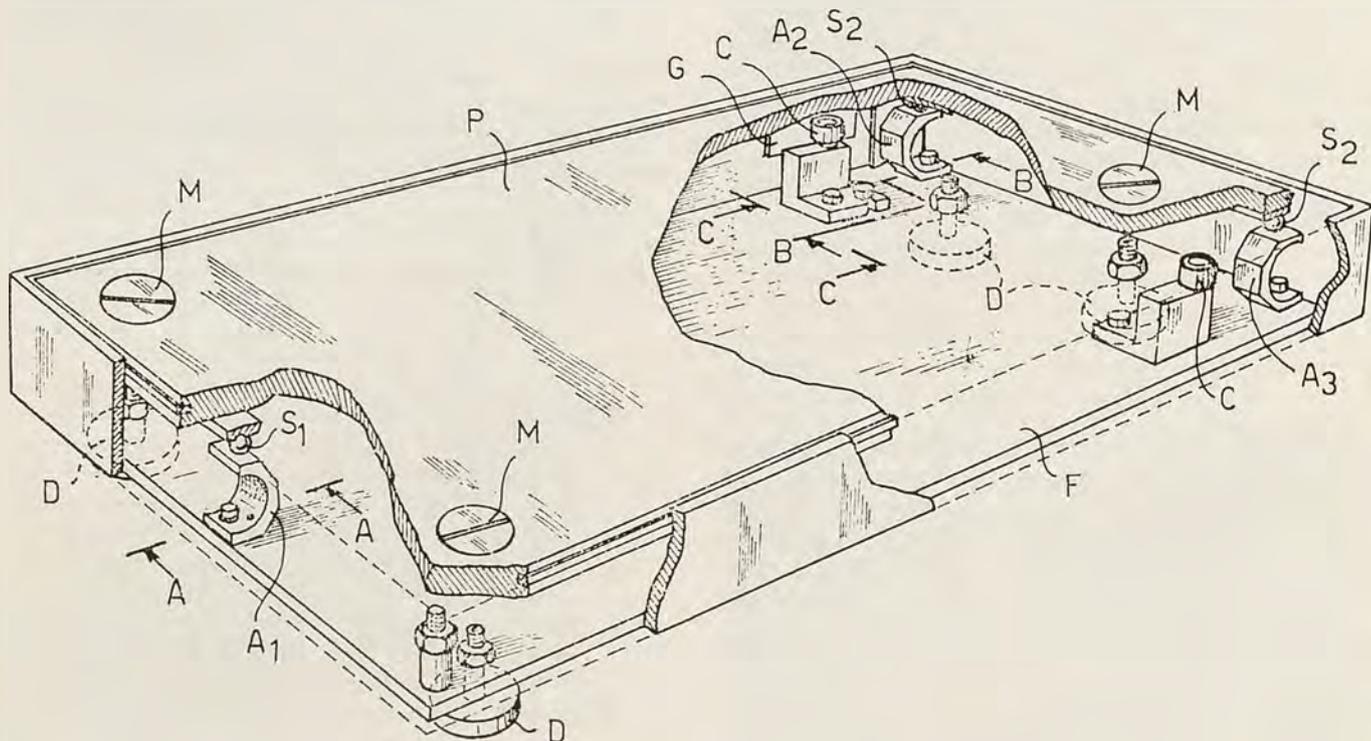


Fig. 3.

La trattazione teorico-sperimentale parte dal rilevamento mediante piattaforme dinamometriche delle forze che si trasmettono tra terreno e piede durante la deambulazione; attraverso una trattazione analoga a quella teorica precedente, si giunge alla determinazione delle forze applicate sulle articolazioni. Anche in questo caso i risultati ottenuti, a vari autori non sono in accordo [6].

### 3. Piattaforma dinamometrica per lo studio delle forze trasmesse tra piede e terreno durante la deambulazione

Allo stato attuale delle cose vengono utilizzate piattaforme dinamometriche, non soltanto per fornire dati utili alla determinazione delle forze applicate alle articolazioni, ma anche per studiare le caratteristiche della deambulazione normale e pato-

Tale piattaforma è visibile in prospettiva nella fig. 3, parzialmente in sezione nelle figg. 4, 5 e 6 e nella fotografia di fig. 7. Essa è sostanzialmente un sistema isostatico a tre appoggi; ciascun appoggio,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , costituito da una trave a forma di semianello ottagonale, è fissato rigidamente alla parete di fondo di una scatola a sezione rettangolare nelle posizioni visibili nella fig. 3.

Il collegamento tra piattaforma vera e propria  $P$  e appoggi viene realizzato mediante tre sfere, una delle quali (indicata con  $S_1$ ) è alloggiata in due sedi di forma corrispondente ricavate rispettivamente nella piattaforma e nell'appoggio; le altre due sfere (indicate con  $S_2$ ), alloggiare anch'esse in corrispondenti sedi degli appoggi, sono direttamente a contatto con le superfici piane della piattaforma  $P$ . Tutte e tre le sfere sono in grado di trasmettere ai dinamometri di appoggio le componenti verticali ( $y$ ) della

forza generata durante il passo, mentre la componente tangenziale della forza stessa nella direzione della deambulazione ( $x$ ) viene trasmessa unicamente al dinamometro collegato rigidamente alla sfera  $S_1$ . Per impedire la rotazione della piattaforma  $P$  attorno ad un asse normale ad essa, passante per il centro della sfera  $S_1$ , sono previsti due cuscinetti a rotolamento  $C$  a contatto con piastrine  $G$  solidali alla piattaforma, che possono rotolare attorno ad un perno solidale alla parete di fondo  $F$ .

Per ottenere la perfetta orizzontalità della piattaforma dinamometrica sono previsti piedini  $D$  regolabili attraverso fori ricavati nella piattaforma vera e propria  $P$  e chiusi da tappi filettati  $M$ .

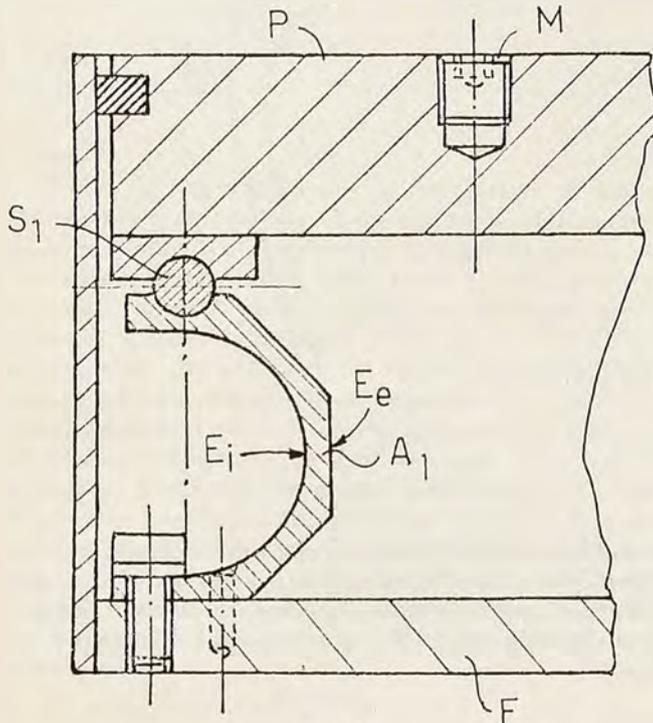


Fig. 4.

Sui dinamometri sono stati applicati degli estensimetri, nelle posizioni  $E_i$ ,  $E_e$  delle figg. 4 e 5, al fine di ottenere la componente verticale della forza dalle somme dei tre segnali generati, mediante circuiti a ponte convenzionali; sul dinamometro  $A_1$  sono stati applicati ulteriori estensimetri al fine di misurare la componente tangenziale della forza nella direzione della deambulazione.

#### 4. Macchine e simulatori per lo studio delle protesi del giunto d'anca

Le protesi del giunto d'anca sono costituite da una testa sferica sporgente da un collare collegato a sua volta ad uno stelo da inserirsi nel femore. La testa sferica alloggia in una corrispondente sede a forma di calotta che viene fissata al bacino (fig. 8). Il componente tibiale della protesi è sempre costruito in lega cobalto-cromo-molibdeno, mentre la coppa acetabolare può essere realizzata o nella stessa lega o più frequentemente in polietilene ad alta densità.

Le macchine note per lo studio del comporta-

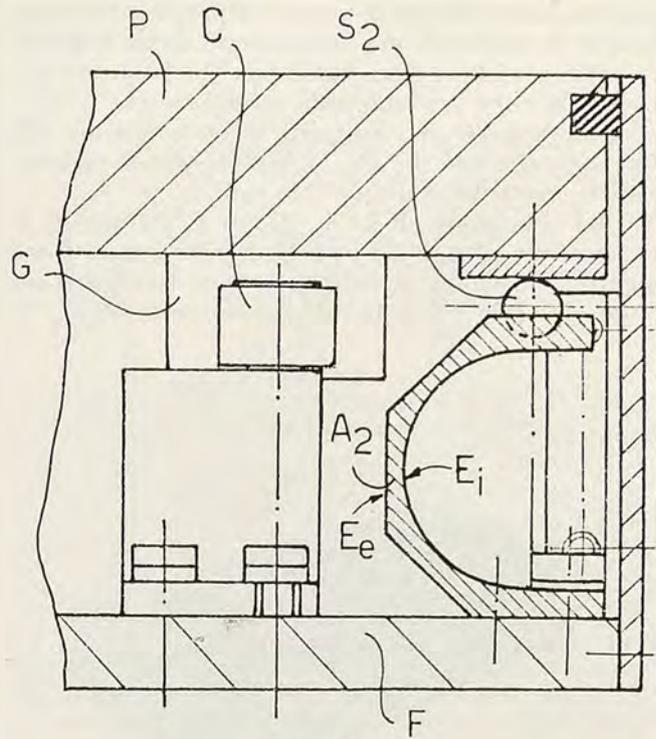


Fig. 5.

mento delle protesi sono o macchine di usura di tipo normale sulle quali vengono montati provini dei materiali utilizzati per le protesi o simulatori veri e propri.

La macchina più nota del primo tipo è quella i cui elementi in prova sono un disco girevole attorno ad un asse verticale sul quale appoggia un perno caricato mediante un sistema di pesi (pin disc fig. 9). Le prove possono essere effettuate a secco o in presenza di particolari liquidi organici, come lubrificanti. Con le macchine di questo tipo

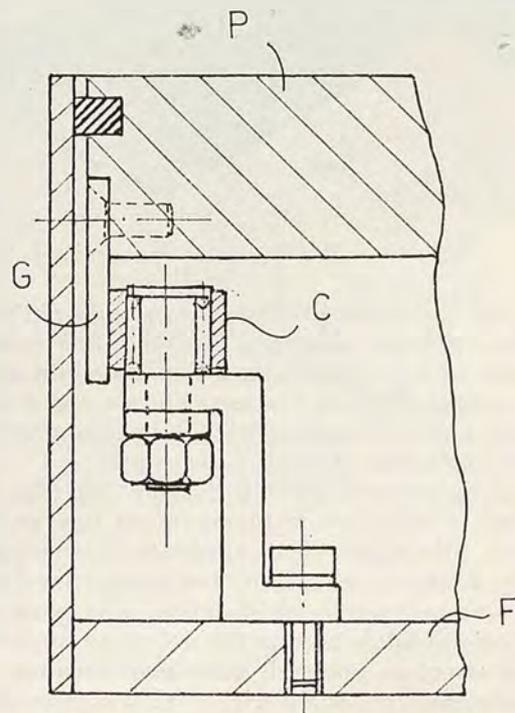


Fig. 6.

possono essere effettuate prove comparative tra varie coppie di materiali, ma non possono essere valutate le influenze che i vari parametri (ciclo di carico, tipo di moto) esercitano sulla protesi stessa.

I simulatori sono costruiti secondo schemi differenti; nelle figg. 10, 11, 12 si riportano le caratteristiche costruttive dei tre più noti.

Nel simulatore di J. T. Scales [7] (fig. 10) il componente tibiale della protesi, viene tenuto fisso, mentre alla coppa acetabolare viene impartito un moto circolare nel piano di flessione-estensione. Il

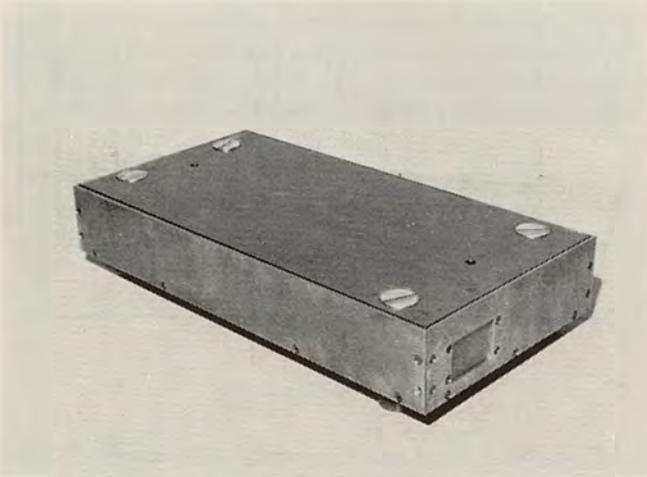


Fig. 7 a.

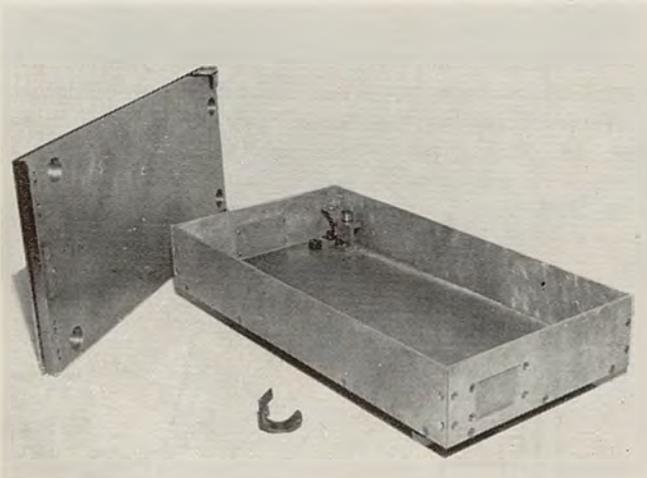


Fig. 7 b.

carico, con direzione prefissata e costante nel tempo, viene applicato alla testa mediante una camma che agisce su un sistema elastico. È possibile misurare la coppia d'attrito tra testa sferica e sede mediante un anello dinamometrico collegato al dispositivo che comanda il moto della coppa.

Nel simulatore di J. Duff-Barclay [8] (fig. 11) l'acetabolo è collegato rigidamente ad una piastra oscillante, alla quale viene applicato il carico con direzione prefissata e costante nel tempo, mediante un sistema pneumatico od idraulico. Alla parte del giunto, cui è solidale la testa sferica, viene impartito un moto circolare piano di flessione-estensione. La coppia d'attrito tra testa sferica e relativa sede viene misurata attraverso la piastra oscillante.

Nel simulatore di D. Dowson, P. S. Walker et alii [9] (fig. 12), alla coppa acetabolare viene impartito, mediante un anello oscillante, una rotazione nel piano sagittale, mentre allo stelo viene impartita una rotazione nel piano trasversale. Alla testa viene applicata una forza ortogonale al piano sagittale, mentre sull'acetabolo agisce una forza orto-

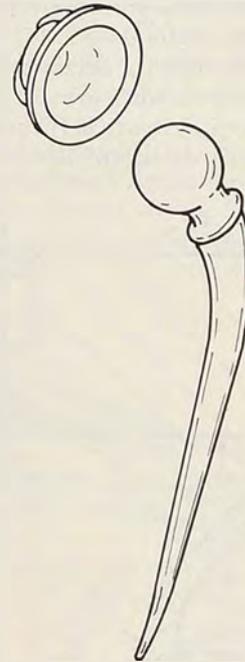


Fig. 8.

gonale al piano trasverso, quindi ortogonale alla precedente. Le forze suddette sono generate mediante cilindri idraulici comandati da una centralina che è in grado di impartire cicli di carico prefissati.

#### 4. Descrizione del nuovo simulatore

Il simulatore su cui si riferisce nel presente lavoro, concepito e progettato dagli scriventi, consente di effettuare prove sull'intero complesso femore-

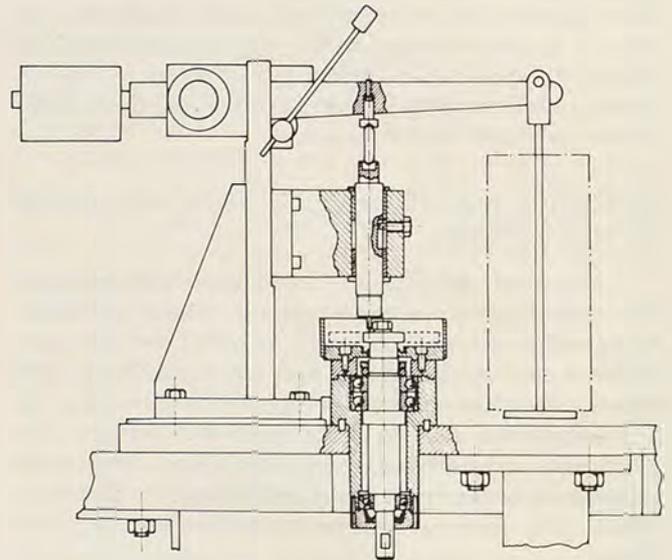


Fig. 9.

giunto d'anca e quindi valutare, non solo le caratteristiche della protesi, come avveniva nei simulatori anteriori, ma anche la qualità del collegamento osso-protesi. Inoltre, si possono realizzare con esso tutti i moti relativi tra testa femorale e cotile che si hanno durante la deambulazione e si può applicare tra gli elementi della protesi una forza avente una direzione qualsiasi.

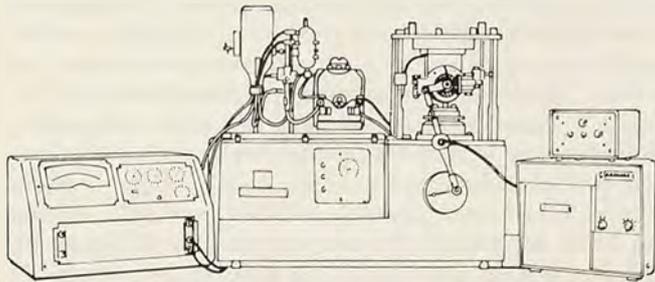


Fig. 10.

Nella fig. 13 è illustrato in prospettiva il simulatore; nella descrizione che segue si fa riferimento ad una terna di assi cartesiani ortogonali ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) con origine nel centro della testa  $S$  della protesi e, come indicato nella fig. 13, con le stesse direzioni di quelle della terna della fig. 1. All'estremità distale del femore  $F$  si impartisce sostanzialmente un moto sferico, con centro nel centro della testa, mentre il cotile  $C$  viene fatto rotare attorno all'asse  $y$  e ad esso viene applicata una forza avente direzione prefissata, ottenuta come somma di tre componenti secondo gli assi  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . È prevista la possibilità, sia di orientare il cotile rispetto alla testa, sia di misurare la coppia d'attrito tra testa e cotile durante il moto relativo tra i due elementi. A) Dispositivi per realizzare il moto relativo tra testa e cotile.

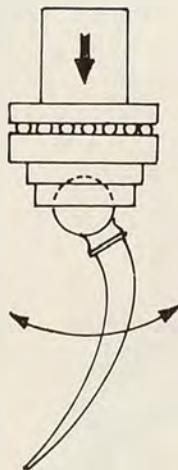


Fig. 11.

Il cotile, che può essere anche inserito stabilmente nella corrispondente cavità acetabolare, viene fissato, eventualmente con la parte d'osso in cui è ricavata tale cavità, su una piastra, a sua volta fissata ad una piattaforma 1. Questa piattaforma può essere spostata micrometricamente (si vedano le viste laterali di fig. 14 e 15, di cui la seconda parzialmente sezionata, e la vista in pianta di fig. 16),

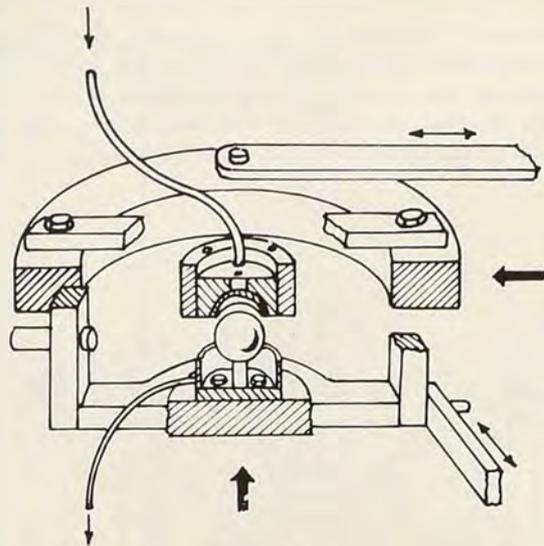


Fig. 12.

per effettuare un corretto posizionamento del giunto, nelle direzioni degli assi  $x$ ,  $y$  e  $z$ ; in particolare lo spostamento nella direzione dell'asse  $y$  viene realizzato registrando la bussola filettata 2 (fig. 15) in cui è alloggiata una coppia di cuscinetti atti a consentire la rotazione della piattaforma 1 rispetto ad un telaio 3. Questo può essere posizionato (mediante collegamento filettato e spina) con un prefissato assetto angolare rispetto ad un altro telaio 4, al fine di orientare, nel modo voluto, il cotile rispetto alla testa. Una forcilla 5 (fig. 13), oscillante attorno all'asse  $z$ , è portata da un'altra forcilla 6, oscillante attorno all'asse  $x$  e sostenuta dall'incastellatura della

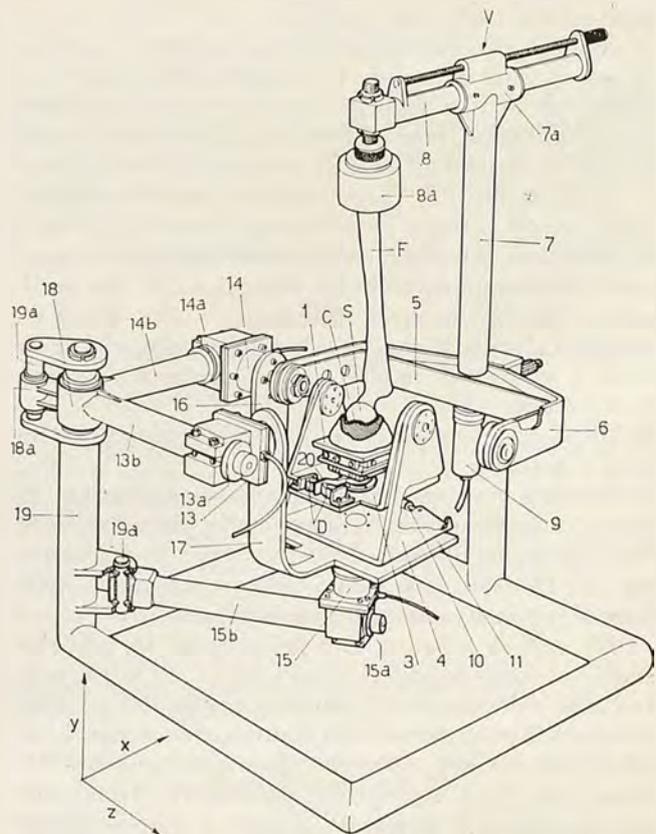


Fig. 13.

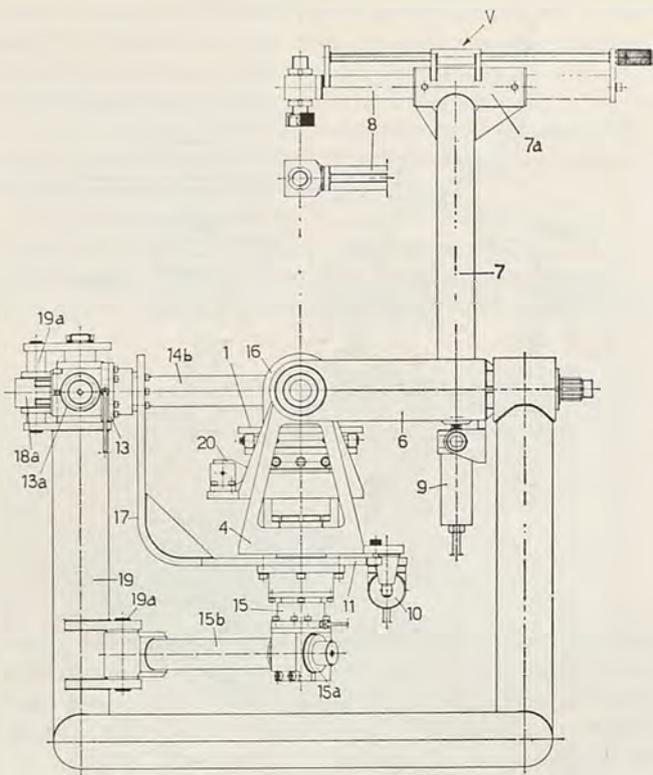


Fig. 14.

macchina. Alla prima forcella è solidale un braccio verticale 7 che porta una trave 8, cui viene collegata, mediante elemento di fissaggio 8a, l'estremità distale del femore. La trave 8, scorrevole su un supporto 7a del braccio 7, può essere spostata nella direzione dell'asse  $x$  mediante una coppia vite-madre vite  $V$ , azionabile con una manopola di estremità solidale alla vite stessa.

Il moto di oscillazione della forcella 5 attorno all'asse  $z$ , comandato da un cilindro idraulico 9 disposto tra le due forcelle, simula quello di abduzione-adduzione, mentre il moto di oscillazione della forcella 6 attorno all'asse  $x$ , comandato da un gruppo biella-manovella (per semplicità non rappresentato), simula il moto di flessione-estensione. Il moto di rotazione interno-esterno viene simulato impartendo, mediante un cilindro idraulico 10, una oscillazione relativa, attorno all'asse  $y$ , tra il telaio 4 ed una piattaforma 11 su cui tale telaio è girevole (tale moto è realizzato mediante il complesso di cuscinetti 12 [fig. 15]).

**B) Dispositivi per generare la forza  $F$  trasmessa tra testa e cotile.**

Il telaio 4 (e quindi tutte le parti sopportate da questo) è sostenuto unicamente dalla piattaforma 11 che è collegata isostaticamente a tre cilindri idraulici 13, 14 e 15, generatori delle componenti della forza  $F$ , rispettivamente secondo gli assi  $x$ ,  $z$  e  $y$ .

Gli steli di azionamento dei cilindri 13 e 14 agiscono su corrispondenti bracci ad L, 17 e 16, solidali alla piattaforma 11, mentre quello del cilindro 15 agisce direttamente sulla piattaforma stessa. L'involucro di ciascun cilindro è fissato ad una bussola (13a, 14a, 15a) scorrevole assialmente (mediante interposizione di cuscinetti a sfere per spostamenti longitudinali) su un corrispondente braccio di sop-

porto 13b, 14b, 15b). I primi due bracci hanno la direzione degli assi  $z$  e  $x$ , sono solidali uno all'altro e ad una coppia di bussole 18 e 18a che possono scorrere verticalmente, la prima su una colonna 19 e la seconda su un perno 19a, sostenuto da una coppia di piastrine solidali alla colonna stessa; il braccio 15b è invece incernierato, mediante il perno 19a, ad una forcella del braccio 19 in modo da poter oscillare in un piano parallelo al piano  $x$ ,  $z$ .

È evidente che, con la disposizione descritta, la forza generata da ciascun cilindro idraulico viene applicata unicamente al complesso osso-protesi in prova. Infatti la componente secondo l'asse  $y$  della forza  $F$  (generata dal cilindro 15) non può essere assorbita da bracci 13b e 14b degli altri due cilindri poiché tali bracci, sotto l'effetto della componente della forza, scorrono solidalmente sulla colonna 19 e sul perno 19a nella direzione dell'asse  $y$ ; la componente secondo l'asse  $x$  (o  $z$ ) della forza  $F$  non viene assorbita dal braccio 14b (o 13b) e 15b degli altri due cilindri, poiché sotto l'effetto di tale componente la bussola 14a (13a) scorre sul relativo braccio ed il braccio 15b ruota attorno all'asse del perno 19a mentre la relativa bussola 16a scorre sul braccio stesso.

**C) Dispositivo per il fissaggio ed il posizionamento del complesso osso-protesi e per la misura della coppia d'attrito.**

Come risulta evidente dalla descrizione della macchina, per un corretto funzionamento è necessario che il centro della testa sferica  $S$  coincida con la intersezione degli assi di oscillazione  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

Seppure si possa ottenere la condizione suddetta con spostamenti micrometrici della piattaforma 1 secondo i tre assi, effettuati prima di ogni prova, qualora questa non fosse rigorosamente realizzata,

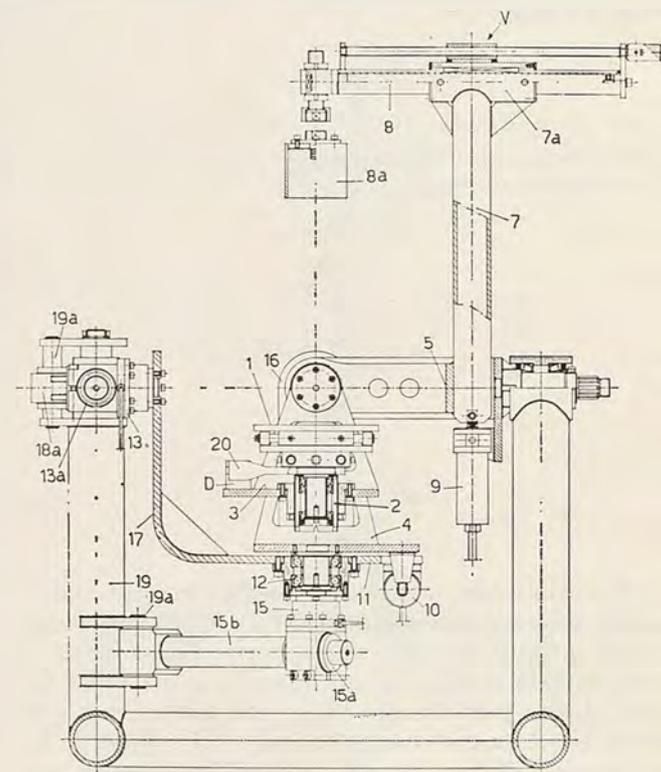


Fig. 15.

non nascerebbe alcun sovraccarico sul complesso osso-protesi, poiché il sistema di carico consente, come verrà spiegato in seguito, piccoli spostamenti della piattaforma 11 senza apprezzabili variazioni delle forze generate dai cilindri 13, 14 e 15.

L'estremità distale del femore viene fissata alla trave 8 mediante l'elemento di fissaggio 8a in cui viene annegata, usando una resina opportuna; agendo sulla manopola della copia vite-madrevite *V*, l'elemento di fissaggio viene portato in una posizione voluta cui corrisponde un definito assetto angolare tra femore e cotile.

La misura della coppia d'attrito tra testa e cotile può essere effettuata mediante dinamometri *D* (per esempio a forma di anello) portati dal telaio 3, sui quali appoggia un braccio 20 solidale alla piattaforma 1.

**D) Dispositivi di azionamento e di controllo.**

Si è supposto che il moto di oscillazione della forcella 6 attorno all'asse *x* sia generato da un cinematismo biella-manovella (con possibilità di variare l'ampiezza di oscillazione), azionato da un gruppo motore-variante di velocità. I moti di oscillazione attorno agli assi *y* e *z*, rispettivamente del telaio 4 e della forcella 5, sono generati dai cilindri idraulici 10 e 9, controllati da camme azionate dal motore principale; è previsto che il fluido motore azioni tali cilindri solo in un senso, il moto in senso opposto essendo ottenuto mediante un sistema a molle.

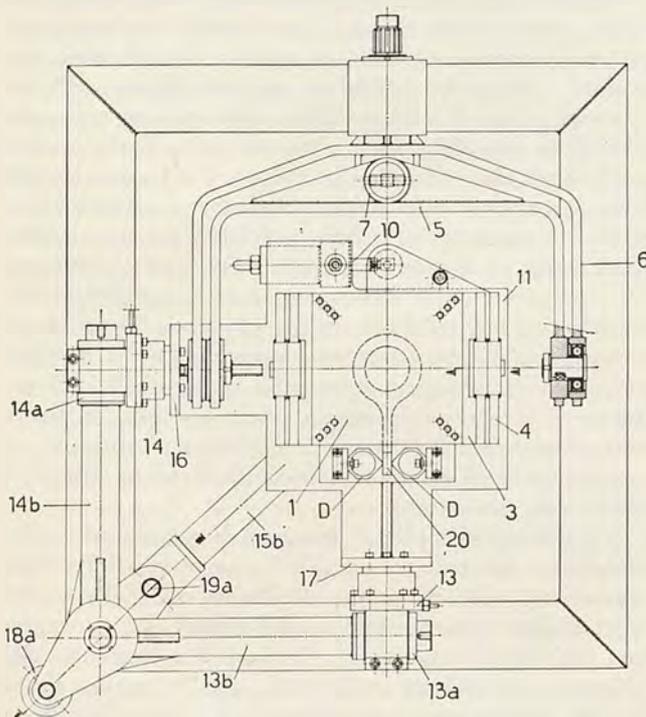


Fig. 16.

Ciascun cilindro del sistema di carico (13, 14 e 15) è in comunicazione idraulica con la camera di un altro cilindro *C* (schema di fig. 17) riempita di fluido e sul cui pistone viene fatta agire la forza generata dalla deformazione di una molla *M*; questa viene compressa da una camma *E* solidale ad un albero comandato dal motore principale. Il diametro del cilindro *C* è ben maggiore di quello del cor-

rispondente cilindro del sistema di carico e quindi un prefissato spostamento del pistone di quest'ultimo cilindro (prodotto da un corrispondente spostamento della piattaforma 11) determina unicamente uno spostamento molto piccolo del pistone del cilindro *C*, cui corrisponde una variazione trascura-

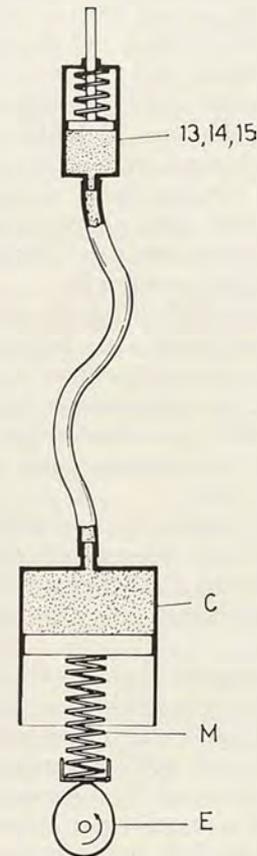


Fig. 17.

bile della freccia della relativa molla e quindi della forza da essa generata. Scegliendo un opportuno profilo della camma è possibile realizzare un prefissato ciclo di carico in fase con il moto relativo tra testa sferica e cotile.

G. Bongiovanni - M. Clerico - P. M. Calderale

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] CURREY J. D. (1970) - *The mechanical properties of bone*, Clin. Orthop. 73, 210.
- [2] SMIDT G. L. (1973) - *Biomechanical analysis of knee flexion and extension*, J. Biomech., 6, 73.
- [3] INMANN et ALII (1947) - *Functional aspects of the abductor muscles of the hip*, J. Bone Jt. Surg., 29.
- [4] WILLIAMS J. F., SVENSSON N. L. (1968) - *A force analysis of the hip joint*, Biomed. Engng., 8, 365.
- [5] MC LEISH R. D., CHARNEY J. (1970) - *Abduction forces in the onelegged stance*, J. Biomech., 3, 191.
- [6] LORENZI G. L., CALDERALE P. M. (1974) - *Problemi meccanici delle artroprotesi*, Relazione al LIX Congresso S.I.O.T., Cagliari, 30 settembre.
- [7] SCALES J. T., KELLY P., GODDARD D. (1969) - *Friction torques studies of total joint replacements; the use of a simulator*, Ann. Rheum. Dis., 28, 30.
- [8] DUFF - BARCLAY J., SPILMAN D. T. (1966) - *Total human joint prostheses. A laboratory study of friction and wear*, Proc. Inst. Mech. Engng., 181, 90.
- [9] DOWSON D., WALKER P. S., LONGFIELD M. D., WRIGHT V. (1970) - *A joint simulating machine for loadbearing joints*, Med. Biol. Engng., 8, 37.

# RECENSIONI

RICCARDO ROSCELLI

Edili senza lavoro, operai senza casa

EINAUDI - Torino 1975

Elemento comune a gran parte degli studi sul ruolo assunto dal settore edilizio nel processo di sviluppo economico italiano nel dopoguerra è la separazione tra l'analisi del prodotto edilizio e quella sull'organizzazione della produzione.

A fianco di denunce di fabbisogni, di interpretazioni delle relazioni cicliche tra edilizia ed economia, di analisi congiunturali, di valutazioni del numero di vani realizzati, si trova, sulla struttura di impresa, poco altro che i dati statistici dell'ISTAT e delle Camere di commercio.

L'attribuzione all'edilizia di caratteristiche come « volano occupazionale » o « settore anticiclico », di possibili « usi anticongiunturali », tutti verificati o verificabili nell'interpretazione dei dati, viene così spesso scissa dall'approfondimento dei fattori che pure sono stati determinanti nel mantenere per il settore questi ruoli.

Così anche l'analisi dell'organizzazione del lavoro in edilizia è stata subordinata al legame di dipendenza nei confronti di altri comparti produttivi, salvo diventare problema primario oggi, in piena crisi occupazionale.

La separazione tra l'analisi del prodotto (la casa) e dell'organizzazione produttiva (organizzazione del lavoro) dell'edilizia non è rimasta del resto solamente a livello teorico; politicamente si è tramutata in linea rivendicativa sul fabbisogno, separata dall'indicazione degli strumenti per attuarla, che non possono essere riducibili unicamente all'eliminazione della rendita fondiaria.

Carenza nelle rivendicazioni che ha riscontro anche nelle proposte di programmazione economica, intese come istanze (non come volontà politiche), mai attuate, di razionalizzazione del sistema.

Già nel « Programma economico italiano a lungo termine 1948-49, 1952-53 », presentato dal governo italiano all'OECE nell'ottobre del 1948, si parla di edilizia più in termini di numero di vani da costruire, facendo cioè riferimento ad una quantificazione del fabbisogno — determinato allora in massima parte dalle distruzioni belliche — che non in termini di miliardi da investire, cioè considerando l'aspetto più prettamente economico del settore.

Modo di considerare l'edilizia che si ritrova in tutte le successive proposte di programmazione — anche queste, come quello, mai realizzate — e che, anziché fornire obiettivi da raggiungere e concrete modalità per farlo, ha invece distolto il dibattito politico, oltreché culturale, dalla focalizzazione delle caratteristiche del settore — processi interni di valorizzazione, organizzazione del lavoro, ecc. — che impedivano il soddisfacimento di quello stesso fabbisogno.

Fino dal 1949, peraltro, l'azione pubblica nei confronti dell'edilizia si sviluppò essenzialmente per piani di intervento settoriali, con caratteristiche eminentemente anticongiunturali. Il piano Ina-Casa-

Fanfani nel 1949 (legge 28 febbraio 1949 n. 43), l'istituzione della GesCal nel 1963 (legge 14 febbraio 1963 n. 60), il piano Aldisio (legge 10 agosto 1950 n. 715, che istituiva un fondo per l'incremento edilizio (FIE) destinato a sollecitare l'attività privata), il piano Romita (legge 10 agosto 1954 n. 640), la legge 30 dicembre 1949 n. 408, la cosiddetta legge Tupini, si limitarono ad introdurre pochi elementi nuovi, rispetto alle norme del Testo Unico del 1938, come il metodo dei contributi in annualità, contrapposto al metodo dell'intervento in conto capitale caratteristico del T.U.

Il carattere straordinario, o anticongiunturale, e comunque settoriale, tipico degli interventi legislativi in materia di edilizia, spiega la difficoltà e i limiti di una verifica degli aspetti via via assunti dal problema delle abitazioni nel dopoguerra, compiuta col metro delle proposte programmatiche di sviluppo riguardanti l'economia nel suo complesso.

La legislazione, e gli interventi realmente effettuati, si pongono al di fuori dei quadri previsionali di una programmazione che è comunque sempre restata sulla carta. D'altra parte, proprio il non aver saputo, o voluto, collocare l'edilizia all'interno del processo complessivo di sviluppo a cui è necessariamente legata, individuandone l'insieme delle relazioni, ha costituito una delle cause fondamentali che hanno determinato l'aggravarsi degli aspetti assunti dal problema nel dopoguerra.

Se il piano del Lavoro proposto dalla CGIL nel 1950, comprendeva tra i suoi punti fondamentali un programma edilizio di costruzione di case popolari e di edifici pubblici, nel cosiddetto « Piano Vanoni » del dicembre 1954 « per quanto riguarda l'edilizia per abitazioni, l'azione dello Stato è mossa fino ad un certo livello da gravi esigenze sociali che occorre in ogni modo soddisfare; oltre tale livello il programma edilizio può invece essere concepito come un eventuale stimolo ulteriore al processo di espansione della domanda. In altri termini gli investimenti nell'edilizia, in quanto non danno luogo come gli altri investimenti a nuove capacità produttive, ma si risolvono solo nella disponibilità di un bene di consumo, possono avere — per la parte che risponde ad esigenze sociali meno urgenti — un carattere di maggiore elasticità rispetto agli altri settori di intervento ».

Quello di stimolo al processo di espansione della domanda costituisce una delle caratteristiche fondamentali che vengono attribuite all'edilizia per abitazioni, conferendole, a differenza del programma del 1948, un ruolo di elemento regolare del processo di sviluppo: appare, per la prima volta in un documento governativo, la considerazione dell'edilizia come fattore anticiclico, e come tale disponibile per un uso essenzialmente anticongiunturale.

Fattori — l'ammontare quantitativo del fabbisogno, il possibile uso anticiclico, l'occupazione operaia — che si ritrovano in varia misura in tutte le successive proposte di programmazione, dagli « Elementi per la politica economica del quadriennio 1955-58, presentato all'OECE nel marzo del 1955 sempre a firma di Vanoni, alla Nota aggiuntiva » di

La Malfa del maggio '62, al « Rapporto » di Pasquale Saraceno del marzo '64, dove a caute richieste di ristrutturazione produttiva per l'edilizia si accompagna l'introduzione della problematica urbanistica, come elemento capace di dare una risposta efficace alle contraddizioni e agli squilibri del territorio e dell'abitazione.

Proposte falsamente innovatrici perché ancora una volta slegate dalla volontà e dagli strumenti politici per attuarle. Basti pensare alle vicende della proposta di legge urbanistica di Fiorentino Sullo e alla somma di interessi che si coalizzarono per farla cadere, e che oggi si ripropongono, sia pure in termini diversi, con la scadenza della 765.

La stessa illusione — sia politica che culturale — che agendo unicamente sul piano urbanistico, e a meno di una azione politica e sindacale in grado di contestare puntualmente i processi di valorizzazione dell'edilizia in tutte le sue componenti, si potesse risolvere il problema dell'abitazione da una parte e correggere le distorsioni di un certo sviluppo economico dall'altra, era del resto coerente col tipo di dibattito, proseguito per tutto il dopoguerra, su quella che doveva essere la natura del bene casa. Al di là delle diverse e comprensibili conseguenze su possibili politiche di investimento, il considerare la casa come bene capitale piuttosto che come bene di consumo durevole, come sostenuto già dall'Einaudi, e poi dal Talamona e dal Della Porta, distoglieva da analisi capaci di vedere l'abitazione come il prodotto di un settore economico con proprie caratteristiche di valorizzazione, come una merce. E conseguentemente lasciava spazio per ipotesi di « razionalizzazione » urbanistica, dove la rendita fondiaria ed edilizia veniva vista come un deprecabile inconveniente fonte di accumulazioni parassitarie, ma non come componente inestricabile del processo di sviluppo economico complessivo, e pertanto eliminabile con interventi di tipo tecnocratico compatibili col sistema economico.

L'aggravarsi del problema del fabbisogno di abitazioni — come conseguenza non ultima di un meccanismo di sviluppo che per perpetuarsi aveva determinato lo spostamento di grandi masse di forza-lavoro dal Sud al Nord — il sorgere, pur contraddittorio, di forme di lotta per la casa nei grandi agglomerati urbani, la volta economica dalla fine degli anni '60, hanno riproposto, sul piano politico più che su quello teorico, l'analisi del settore dell'edilizia, prima ancora che la crisi economica più recente ne focalizzasse l'importanza come possibile settore traente per l'intera economia.

Il periodo temporale preso in esame da « Edili senza lavoro, operai senza casa » per l'analisi intesa a « riesaminare l'uso economico e produttivo del settore edilizio, in maniera diversa dai tradizionali schemi d'interpretazione » parte proprio dalla fine degli anni '60, per due ordini di considerazioni. Da una parte le mutate caratteristiche che si riscontrano nel ciclo economico a partire dal '68-69, che inducono una differenziazione anche nel funzionamento e nell'uso del settore, attraverso una parziale diversificazione dei fattori di rendita, non più solo fondiaria ma gradualmente trasformata

in finanziaria. D'altro canto l'individuazione di un periodo non solo utilizzabile per l'analisi storica ma praticabile politicamente e sindacalmente.

Obiettivo che spiega non solo la delimitazione temporale — da cui va esclusa solamente l'analisi della contrattazione sindacale, che parte dai primi anni del dopoguerra — ma anche l'aver circoscritto complessivamente il campo focalizzando alcuni problemi fondamentali: « La scelta di circoscrivere il campo — lo sviluppo edilizio in Torino e Piemonte; l'analisi della sola 865; le vertenze sindacali del settore; le più recenti esperienze tecnologiche e di cooperazione — vuole essere soprattutto una iniziale proposta di lavoro.

Le differenze di funzione che vengono attribuite all'edilizia, al Nord e al Sud, tra regione e regione e, spesso, fra paese e paese, la dispersione territoriale del ciclo, le diverse condizioni abitative, e, in sostanza, il permanente squilibrio nel quale funziona la produzione e il ciclo economico dell'industria delle costruzioni, devono essere oggetto di esami specifici.

Il movimento sindacale si trova oggi a fare una scelta in questa direzione, con la costruzione di vertenze specifiche, a livello di Regione, di Provincia, di Comune e di zona e la contemporanea individuazione di precise controparti ».

Se l'argomento preso in esame dal libro ha dei precisi riferimenti e si sviluppa, sulla base di una esperienza di lavoro maturata all'interno del dibattito sindacale e politico degli ultimi anni, non deve tuttavia apparire fuori luogo un riferimento ad una altra realtà, in rapida evoluzione, quale è quella dell'università, e della Facoltà di Architettura in particolare.

Il superamento di ipotesi didattiche e di ricerca ancora formali, già messe in discussione — in termini spesso contraddittori e legati, talvolta, a posizioni ideologiche più che politiche — dalla contestazione studentesca del '69-70, ha ricevuto ulteriori stimoli da una situazione di crisi degli studi universitari che ha origine in precise situazioni strutturali.

« Lo sbocco professionale si è andato definendo negli anni nei termini di una sottooccupazione, e poi di una disoccupazione del laureato in architettura, coinvolgendo questa, e le altre facoltà universitarie, in quella condizione comune, di rappresentare per i giovani una zona di parcheggio, nell'attesa di un lavoro, per tutti i provenienti dalla scuola superiore » (R. GABETTI, in *Atti del seminario*, 11-12 dicembre 1974, pag. 32).

Ipotesi di superamento del problema che facesse riferimento a soluzioni tutte interne a vecchi temi di formazione professionale per il tecnico, o l'intellettuale, architetto, rivendicando una qualificazione progettuale e produttiva separata, scissa dalla concreta organizzazione del lavoro in edilizia, risulterebbero, oltreché frustranti e corporative, anche inutili.

Senza creare, su presunti sbocchi occupazionali, facili illusioni, che del resto la crisi attuale si incarica di ridimensionare a tutti i livelli, operai e tecnici, è però a livello dei problemi emergenti come real-

tà sociali ed economiche, oltreché politiche, che vanno ricercati indirizzi, se non di soluzione, almeno di lavoro. « Nella misura in cui la base di conoscenze tecnico-scientifiche progredisce — se aderente a problemi reali della società, per i quali sono mobilitate le forze sociali, sindacali e politiche e movimenti di massa — essa stessa indica e impone l'approntamento di strutture capaci di applicarla. L'accrescimento della base tecnico-scientifica avvicina la possibilità di affrontare i problemi; e affrontare e risolvere i problemi significa creare nuove occasioni di applicazione della forza-lavoro (G. RIVALTA, in *Atti...*, pag. 211).

L'esclusione di modelli di riqualificazione tecnico professionali rigidamente disciplinari, e l'aggancio ai problemi sociali emergenti, due elementi che costituiscono punti nodali per l'attività didattica e scientifica all'interno della facoltà, trovano nell'elaborazione di « Edili senza lavoro, operai senza casa » concreti elementi per l'approfondimento teorico e l'analisi sul reale.

*Dal punto di vista degli sbocchi professionali.* Di nuovo a meno di facili illusioni, l'individuazione di presunti ruoli per l'architetto, sia esso progettista, disegnatore, calcolatore, direttore dei lavori, è però impensabile e improponibile a meno della conoscenza e dell'analisi dell'organizzazione del lavoro in cantiere, dell'uso fatto in passato del settore edilizio, che ha contribuito a definire l'attuale struttura produttiva, contraddittoria con le esigenze d'uso richieste per il « prodotto » del settore, per la « merce » casa.

*Dal punto di vista dei problemi sociali emergenti.* La stessa contraddizione insita nel processo di valorizzazione dell'edilizia — tra il valore di scambio incorporato nel bene casa e la richiesta che si tramuti in valore d'uso — causa non ultima (al di là di motivazioni più generali) della crisi occupazionale operaia e tecnica del settore edile, sta anche alla base del permanere, in tutto l'arco del dopoguerra, di un endemico fabbisogno di abitazioni.

Il confronto tra i dati statistici relativi ai vani realizzati e alla popolazione residente nell'arco di tutto il dopoguerra — numero di vani finiti sempre superiore al numero degli abitanti — sta a dimostrare come non sia soltanto dal problema del fabbisogno che si deve partire per individuare strumenti atti a rendere l'abitazione un servizio sociale fruibile per tutti.

Il problema del fabbisogno nelle sue varie forme, che oggi sono più quelle del recupero del patrimonio esistente che non della realizzazione di nuovi fabbricati, si pone invece, assieme al problema degli sbocchi professionali, come punto di partenza per un confronto ed un lavoro coordinato tra facoltà ed enti locali preposti alla gestione dei problemi urbani. Obiettivo a cui « Edili senza lavoro, operai senza casa » offre una serie di strumenti da non sottovalutare.

Roberto Zorzi

LUCIANO PATETTA

**L'architettura dell'eclettismo:  
fonti, teorie, modelli 1750-1900**

GABRIELE MAZZOTTA EDITORE - Milano 1975

Con Luciano Patetta, la pubblicistica architettonica del periodo eclettico, ha ormai il suo « connoisseur »: specie rara generalmente in Italia, rara ancora di più nei diversi campi della storia dell'architettura. Il competente si rileva attraverso una formazione filologica ineccepibile (che si riscontra in questo volume, edito da Gabriele Mazzotta).

La vicenda storica ha inizio con il « pittoresco », concetto che poco tempo fa Andreina Griseri discuteva nella prima parte del suo (e in altra parte mio) libro per Giulio Einaudi: già qui si riscontrano le prime difficoltà: uno storicismo ingenuo, una serie di contributi originari, si ritrovano già nella seconda metà del Settecento: altri verranno poi lungo tutto l'Ottocento, quasi prototipi non sempre rielaborati e rimeditati.

Per chi si occupa della scuola, dell'insegnamento universitario dell'architettura, emerge un primo dato di rilievo: il fenomeno del pittoresco è fuori da ogni scuola, ma è però subito oggetto di stampa (il libro sostituisce ormai la scuola). Quando su Word si scrive « Tutto è cinese o gotico », si tratta della nota di un cronista, non dell'avviso di un accademico.

Il gusto muta nella stessa esperienza quotidiana del mondo borghese, che gode di ville e di giardini, secondo modi aggiornati e sofisticatissimi. L'accademia riappare col neogreco, meno fantasioso e più severo nell'alveo di una tradizione antica ed autentica; ma il movimento è ormai, nelle sue radici scolastiche, divergente dalle esigenze dirette e specifiche della nuova classe di utenti.

La cultura architettonica passa per le mani dei protagonisti competenti, sul filo di una ricerca esterna ai problemi, che sono alla base della prima trasformazione manifatturiera; con la guida non di programmi precisi, ma di una disponibilità aperta, che collega i protagonisti e le iniziative edilizie, in modo diretto e senza mediazioni precostituite.

L'incertezza delle scelte è nel fondo, in un secolo così contraddittorio.

Nel libro di Patetta, anche sul Piemonte c'è molto: forse una maggiore fedeltà alla trattazione esclusivamente bibliografica del tema avrebbe evitato qualche citazione che rischia di essere imprecisa.

L'eclettismo passa in questo libro, attraverso ad un setaccio di citazioni e di iconografia estremamente fitta; si sente ora l'esigenza di molti altri lavori, che procedono dalla realtà estesa che provengono dai luoghi, dalle fenomenologie realizzate, varie, diverse, fittissime, su un territorio culturalmente non omogeneo, come quello italiano.

Non è un caso quindi, che queste difficoltà riguardino essenzialmente il Piemonte.

Roberto Gabetti