

copri con

**Onduline**®

**scopri che risparmi**



**IN VENDITA NEI PRINCIPALI MAGAZZINI**

**Onduline** ITALIA SPA

55011 ALTOPASCIO (Lucca) Via Sibolla Tel. (0583) 25611/2/3/4/5 r.a. Telex 500228 ITOFIC - I

# Galliano HABITAT

divisione **FORNITURE PER AZIENDE**



**Galliano HABITAT, divisione FORNITURE,** realizza soluzioni pronte per comunità, dalla scuola, all'ufficio, alla grande azienda; arredamenti sempre garantiti dalla qualità e dall'assistenza **Galliano HABITAT.**

24.000 metri cubi di magazzino, gestiti da elaboratore, costituiscono una struttura avanzata che sta alla base di un servizio preciso e puntuale.

**Galliano HABITAT** ha realizzato arredamenti e forniture complete per:

Banca Subalpina - P.za Solferino  
Istituto Bancario San Paolo  
Cassa di Risparmio  
Findata  
Medio Credito Piemontese

Alpitour  
Pianelli & Traversa  
Pininfarina  
Fiat TTG  
Fiat Mirafiori  
PRO IND  
Telefonia Cascine Vica  
UTET  
SAI  
TORO ASSICURAZIONI  
Centrale Enel di Entracque (Cn)

Sede regionale di Pellanza  
Uffici regionali decentrati  
Assessorato Urbanistica  
Centri di Incontro Comune di Torino

Residence S. Carlo  
Hotel Imperiale - S. Remo  
BIT - C.so Unità d'Italia

Hotel Gilly - Torre Pellice  
Hotel Royal

Colonia marina Comune di Torino - Noli  
Centro per anziani - Paesana  
Centri di incontro Comune di Torino  
Villa Olimpia - Verbania  
Centro di incontro Comune di Nichelino

Scuola materna - Nichelino  
Scuola media - Caselle  
Scuola elementare - None

**Galliano  
HABITAT**

Direzione e Showroom:  
10060 NONE (To) Via Sestriere 33 Tel. (011) 9864468-9863143

SOCIETÀ  
DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI  
IN TORINO

ATTI E RASSEGNA TECNICA

Anno 115

XXXVI - 9

SETTEMBRE 1982

N U O V A   S E R I E

**SOMMARIO:**

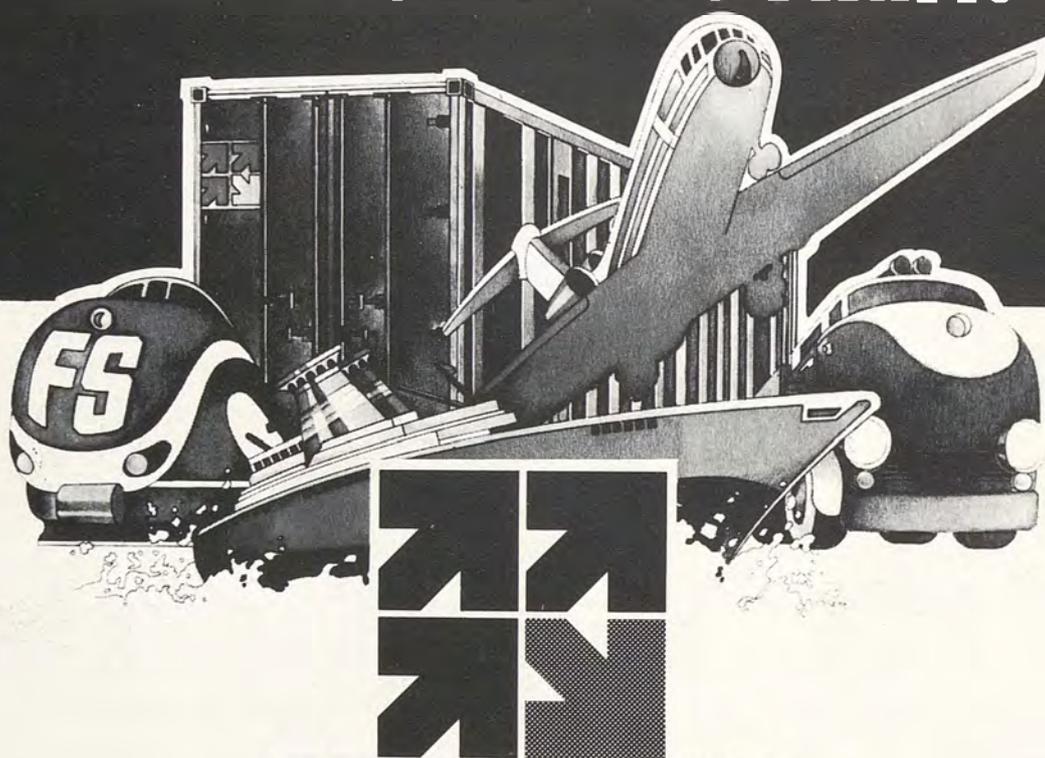
**ATTI DELLA SOCIETÀ**

*Verbale dell'assemblea ordinaria dei soci del 19 maggio 1982 — Relazione del Presidente all'assemblea ordinaria dei soci del 19 maggio 1982 — Relazione del Collegio dei Revisori dei Conti (28 aprile 1982) — Relazione del Vice Direttore della Rivista «Atti e Rassegna Tecnica» — Pubblicazioni sociali — Relazione sul viaggio di Studio in Olanda — Conferenza sul tema: «Corso Marche: Nuova arteria cittadina» — Conferenza sul tema: «I grandi lavori di ingegneria civile nel mondo» — Conferenza sul tema: «Il nodo ferroviario di Torino: Quadruplicamento dei binari» — Convegno sul tema: «Il problema della casa nelle aree metropolitane» — Convegno: «Sui Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta: Un problema di Pianificazione — Centenario della morte di Carlo Alberto Castigliano.*

**RASSEGNA TECNICA**

*MASSIMO ACTIS DATO, ANNA MARIA ERCULES, ARMANDO MONTE - Un metodo statistico per la valutazione dell'involucro esterno ottimale di un edificio — T. VIOLA, M. T. NAVALE - Nuove ricerche sulle volute dei capitelli jonici della Grecia classica.*

**Tutti vi promettono  
una rendita sicura,  
vantaggiosa, comoda.  
Solo noi vi offriamo  
una rendita in dollari.**



**FRAGIFIN**  
DIVISIONE CONTAINERS

CONSULTATECI PRESSO I SEGUENTI INDIRIZZI:

RA. CO

Via Chiappero, 23 (grattacielo) 10064 PINEROLO - Tel. (0121) 77.255

MINIWEEK

Via Saliceto, 5 10137 TORINO - Tel. (011) 355.331 / 399.289

STUDIO 4

Via Vigone, 34 10064 PINEROLO - Tel. (0121) 21.081

Via Fonte Blancio, 16 - 10060 LUSERNA ALTA

Tel. (0121) 909.583

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE . ANNO XXXVI . NUMERO 9 . SETTEMBRE 1982

## SOMMARIO

### ATTI DELLA SOCIETÀ

|  |          |
|--|----------|
| <i>Verbale dell'assemblea ordinaria dei soci del 19 maggio 1982</i>                                | pag. 477 |
| <i>Relazione del Presidente all'assemblea ordinaria dei soci del 19 maggio 1982</i>                | » 478    |
| <i>Relazione del Collegio dei Revisori dei Conti (28 aprile 1982)</i>                              | » 479    |
| <i>Relazione del Vice Direttore della Rivista « Atti e Rassegna Tecnica »</i>                      | » 481    |
| <i>Pubblicazioni sociali</i>   | » 482    |
| <i>Relazione sul viaggio di Studio in Olanda</i>   | » 483    |
| <i>Conferenza sul tema: « Corso Marche: Nuova arteria cittadina »</i>                              | » 483    |
| <i>Conferenza sul tema: « I grandi lavori di ingegneria civile nel mondo »</i>                     | » 483    |
| <i>Conferenza sul tema: « Il nodo ferroviario di Torino: Quadruplicamento dei binari »</i>         | » 483    |
| <i>Convegno sul tema: « Il problema della casa nelle aree metropolitane »</i>                      | » 483    |
| <i>Convegno: « Sui Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta: Un problema di Pianificazione »</i> | » 483    |
| <i>Centenario della morte di Carlo Alberto Castigliano</i>   | » 484    |

### RASSEGNA TECNICA

|  |          |
|--|----------|
| MASSIMO ACTIS DATO, ANNA MARIA ERCULES, ARMANDO MONTE - <i>Un metodo statistico per la valutazione dell'involucro esterno ottimale di un edificio.</i> | pag. 485 |
| T. VIOLA, M. T. NAVALE - <i>Nuove ricerche sulle volute dei capitelli jonici della Grecia classica.</i>  | » 489    |

*Direttore:* Mario Federico Roggero.

*Vice Direttore:* Roberto Gabetti.

*Comitato di redazione:* Matteo Andriano, Bruno Astori, Guido Barba Navaretti, Claudio Decker, Marco Filippi, Cristiana Lombardi Sertorio, Vera Comoli Mandracci, Francesco Sibilla.

*Redattore capo:* Elena Tamagno.

*Comitato di amministrazione:* Francesco Barrera, Giuseppe Fulcheri, Mario Federico Roggero.

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

ISSN 0004-7287

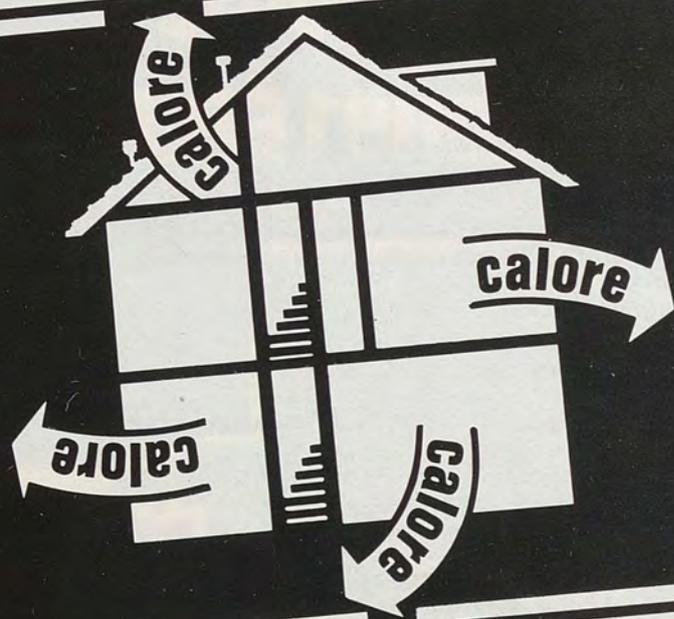
Periodico inviato gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA |

# ISOLANTI TERMICI



# altea



**il calore  
costa  
risparmiare  
isolando**

- **Polistirolo estruso**
- **Polistirolo espanso**
- **Polistirolo espanso stampato per termocompressione**
- **Fibre minerali:** feltri e pannelli in lana di vetro. Feltri e pannelli in lana di roccia.
- **Poliuretani liquidi** da applicare a spruzzo.
- **Poliuretani** in lastre prodotte in continuo.
- **Argilla espansa**
- **Cartongesso** in lastre semplici
- **Cartongesso** in lastre accoppiate con polistirolo espanso ed estruso.
- **Pannelli sandwich** con corteccia in acciaio o in alluminio con anima isolante in poliuretano o in polistirolo estruso.
- **Sughero autoespanso**

---

STUDI E CONSULENZE SULL'ISOLAMENTO TERMICO SECONDO LA "LEGGE 373"

---

10129 TORINO - Corso Mediterraneo, 94 - Tel. (011) 596877/599125 - Telex 212051

## Verbale dell'assemblea ordinaria dei soci del 19 maggio 1982

Il giorno 19 maggio 1982, presso la Sede Sociale, alle ore 18,15 il Vice Presidente Ing. Barba Navaretti in rappresentanza del Presidente Prof. Arch. M. F. Roggero assente per indisposizione dichiara aperta la annuale Assemblea Ordinaria dei Soci, riunita in 2<sup>a</sup> convocazione e porge ai convenuti il saluto del Presidente. Dà quindi lettura dell'Ordine del Giorno:

1. Approvazione del verbale della precedente Assemblea.
2. Relazione del Presidente sull'attività svolta.
3. Conto Consuntivo 1981 e relazione dei Revisori dei Conti.
4. Bilancio Preventivo 1982.
5. Quota Sociale.
6. Programma di attività della Società e della rivista « Atti e Rassegna Tecnica ».
7. Ammissione nuovi Soci.
8. Elezione dei Revisori dei Conti per l'anno 1982.
9. Varie ed eventuali.

Tale Ordine del Giorno viene adottato.

Il Vice Presidente dopo un saluto cordiale agli intervenuti ringrazia vivamente i Soci presenti per aver così espresso e testimoniato l'attaccamento e l'interesse alla vita della Società con la personale presenza a questo doveroso appuntamento annuale.

Quindi sottopone all'approvazione dell'Assemblea il verbale dell'Assemblea precedente del 29 aprile 1981, dato per letto in quanto già pubblicato sulla rivista sociale, che viene approvato all'unanimità.

Dà quindi lettura della Relazione del Presidente sulla attività svolta nel corso dell'anno (vedi pag. 478) ed integra la relazione stessa informando sulla Tavola Rotonda: « Design Automobilistico » e « La Mostra Svizzera ».

Il Tesoriere Ing. Fulcheri illustra il Conto Consuntivo 1981 (vedi pag. 480).

L'Arch. Lusso, a nome del Collegio dei Revisori dei Conti, legge la « relazione » con la quale il Conto Consuntivo viene pienamente convalidato, e fa rilevare come la situazione patrimoniale abbia raggiunto l'auspicato equilibrio e permetta di guardare con sufficiente tranquillità anche al prossimo anno 1982 (vedi pag. 479).

Il Tesoriere Fulcheri, illustra poi il Bilancio Preventivo 1982 (vedi pag. 480).

Il Tesoriere in uno con il Vice Presidente mettono in rilievo che per il corrente anno la quota associativa è rimasta invariata mentre per il 1983 dovrebbe venire aumentata a L. 30.000 per i Soci effettivi e per i neo-laureati a L. 18.000.

Il Vice Presidente apre quindi la discussione sulla relazione del Presidente, sul Conto Consuntivo 1981 e sul Bilancio Preventivo 1982.

Prendono la parola, particolarmente sulla opportunità di una campagna Soci e sulla stampa di un maggior numero di copie della rivista « Atti e Rassegna Tecnica », l'Arch. Tamagno, l'arch. Barrera, l'arch. Dolza, l'arch. Lusso, l'ing. Prunotto, l'arch. Viola e l'ing. Zabert.

Quindi l'arch. Tamagno illustra l'attività della « Mostra Svizzera ».

L'ing. Fulcheri ricorda agli architetti Tamagno e Barrera che nel prossimo ottobre il Politecnico inaugurerà un'aula in onore del Prof. Zignoli ed in tale occasione la Società potrà distribuire 50 copie rilegate del numero di « Atti e Rassegna Tecnica » sul Prof. Zignoli. Naturalmente a questa manifestazione saranno invitati tutti i nostri Soci.

L'arch. Lusso domanda ora se sia in progetto un viaggio su argomento specifico tipo quello svoltosi in Olanda nello scorso anno.

L'ing. Barba Navaretti informa che si è già parlato di Parigi per visitare Beaubourg, il nuovo aeroporto, opere di architettura in relazione alla Mostra: « 10 anni di architettura francese », ecc.

L'ing. Zabert desidera essere informato se avviene ancora un cambio di riviste con l'Estero e se le riviste che la Società riceve e che annualmente vengono trasmesse al Politecnico sono utilizzate e come, in quanto egli reputa questo materiale un vero patrimonio.

L'arch. Tamagno risponde che sono state suddivise tra la biblioteca della Facoltà di Architettura e la biblioteca centrale del Politecnico. Anzi è in allestimento un catalogo riportante l'elenco completo del materiale disponibile presso le citate biblioteche in modo che i Soci potranno essere edotti nonché accedere alla consultazione.

L'ing. Fulcheri informa che onde aggiornare la nostra biblioteca si è provveduto al completamento della Enciclopedia Treccani.

Nessuno richiedendo più la parola, il Vice Presidente mette singolarmente ai voti la relazione del Presidente, il Conto Consuntivo 1981, il Bilancio Preventivo 1982 e la proposta di aumento delle quote associative.

L'Assemblea approva il tutto all'unanimità.

L'Assemblea passa quindi alla Elezione dei Revisori dei Conti per l'anno 1982. Vengono confermati: l'ing. Guido Bonicelli, l'arch. Massimo Lusso, l'ing. Ferdinando Prunotto.

L'Assemblea termina i suoi lavori alle ore 19,30.

# Relazione del Presidente all'assemblea ordinaria dei soci del 19 maggio 1982

Cari Consoci,

ho raccolto nel modo più sintetico quanto ha formato oggetto di attività per la « Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino » durante il 1981 e i primi mesi del 1982; e riferisco quindi rapidamente, lasciando al dibattito che seguirà ogni puntualizzazione in merito ai singoli eventi che sono stati numerosi, importanti e — mi pare — coronati da buon successo.

Premetto che dalla data del 29 aprile 1981, in cui si svolse l'annuale Assemblea dei Soci, si sono tenute otto riunioni del Consiglio Direttivo e del Comitato di Redazione della rivista « Atti e Rassegna Tecnica » della quale, ad oggi sono usciti 12 numeri del 1981 e 1 numero del 1982 (XXXV e XXXVI della nuova serie).

Sono stati tenuti presso la nostra sede le conferenze e gli incontri qui di seguito elencati:

1) In collaborazione con l'Associazione Elettrotecnica Italiana e con il Collegio degli Ingegneri Ferroviari Italiani - Sezione di Torino, il 7 maggio 1981, conferenza dell'ing. A. LIVERANI su: « *La sicurezza della circolazione ferroviaria - Attualità e prospettive* ».

2) In collaborazione con gli Istituti di Scienza e Tecnica delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria ed architettura del Politecnico di Torino e del British Council, il 6 e il 7 maggio 1981 la conferenza del prof. Z. S. MAKOWSKI sul tema: « *Sviluppi e tendenze delle moderne strutture spaziali* ».

3) In collaborazione con la CISIA - Centro Italiano Sviluppo Impieghi Acciaio di Milano e con l'adesione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino e dell'Ordine degli Architetti della Provincia di Torino, incontro sul tema: « *La prevenzione antincendio nelle strutture metalliche* » in data 15 giugno 1981.

4) Il 17 dicembre 1981, incontro tra i Soci per illustrare con una serie di diapositive, quanto è stato oggetto tecnico-culturale del viaggio in Olanda.

5) Il 18 febbraio 1982, conferenza dell'Assessore alla Pianificazione Urbanistica R. RADICIONI e dell'Assessore ai Trasporti e Viabilità G. ROLANDO sul tema: « *Corso Marche - Nuova arteria cittadina* ».

6) Il 24 marzo 1982, l'ing. Enrico RECCHI ha tenuto presso la nostra sede una conferenza, accompagnata da audiovisivi, su: « *Il lavoro italiano nel mondo* ».

7) E finalmente il 6 maggio 1982, conferenza di G. CERUTTI, Assessore Regionale alla Viabilità e Trasporti; di R. RADICIONI, Assessore Comunale alla Pianificazione Urbanistica; di G. ROLANDO, Assessore Comunale ai Trasporti e Viabilità; di G. BALLATORE, Direttore Compartmentale delle Ferrovie dello Stato, sul tema: « *Il nodo ferroviario di Torino: quadruplicamento dei binari* ».

8) In collaborazione con il Centro Studi Urbanistici dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino il 19 settembre 1981 si è tenuta una Tavola Rotonda sul tema: « *Urbanistica e politica edilizia nelle aree metropolitane di Torino e Lione* » a Palazzo Lascaris, gentilmente concesso dalla Regione Piemonte.

9) In collaborazione con l'Istituto Italiano dei Castelli — Sezione Piemonte e Valle d'Aosta —, il 23 maggio 1981 si è effettuata una visita a « *I Ricetti del Piemonte* » sotto la guida del prof. arch. Micaela VIGLINO DAVICO.

10) Dal 18 al 22 giugno 1981 si è effettuato un Viaggio di Studio in Olanda per esaminare le realizzazioni di edilizia popolare e residenziale nonché il prosciugamento delle acque.

11) In data 30 giugno venne divulgato il programma del Convegno sui « *Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta - Un problema di pianificazione* » organizzato in collaborazione con l'Associazione Mineraria Subalpina.

12) Il 30 ottobre 1981 ha avuto luogo a Torino Esposizioni la 1ª Giornata del Convegno sui « *Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta - Tecnica ed economia dei trafori* ».

13) Sempre in collaborazione con l'Associazione Mineraria Subalpina, il 31 ottobre 1981 si è effettuata una visita tecnica al Traforo Autostradale del Frejus.

14) Nel mese di luglio 1981 venne divulgato il programma relativo al 10° Ciclo di Conferenze dedicato ai Problemi di Meccanica delle terre e di Ingegneria delle fondazioni « *Metodi per il miglioramento dei terreni* » che si è tenuto a Torino il 17 - 18 e 19 novembre 1981, organizzato in collaborazione con l'Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino.

15) Mentre a Cuneo il 23 aprile 1982, si è svolta la seconda giornata del Convegno sui Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta, dedicata ai collegamenti con la Francia e seguita da un breve viaggio in ferrovia, da Cuneo a Nizza, nel giorno successivo, con la partecipazione anche di Autorità francesi.

Da queste brevi indicazioni emergono anzitutto alcuni fatti:

1) Ciò che era stato programmato e già indicato nell'Assemblea del 1981 come in progetto, è stato — sia pur con qualche difficoltà nel rispetto dei tempi — realizzato in modo che ritengo soddisfacente.

2) Il coinvolgimento di altri Enti, dal consiglio espresso all'atto del proprio insediamento come fondamentale esigenza di politica culturale della nostra Società per un proprio rilancio nel territorio piemontese, grazie anche alla disponibilità ed all'opera paziente di alcuni Soci in modo precipuo, ha dato risultati insperati a tempi assai brevi.

Ciò ci conforta a proseguire per tale via fino alla scadenza del nostro mandato, che avverrà con il prossimo anno, auspicando che venga proseguito anche da chi verrà chiamato dalla volontà dei Soci a sostituirci.

È per tale motivo che abbiamo inteso, all'inizio dell'anno 1982, inviare un programma di massima per le attività da svolgere nello stesso anno, alcune delle quali sono già state condotte a termine, altre — come le « giornate dei trafori » — proseguiranno, altre saranno effettuate con la regolarità sperimentata l'anno scorso e altre ancora saranno messe ulteriormente in cantiere, con il Vostro aiuto, la Vostra collaborazione ed i Vostri suggerimenti.

Non credo di commettere un peccato di presunzione nel riconoscere alla nostra comune fatica di questo anno un carattere di particolare efficienza o, almeno, di successo lusinghiero, forse superiore ai nostri meriti collettivi. Anche perché singole personalità, all'interno della Società, hanno con abnegazione dedicato tempo ed intelligenza alla riuscita delle varie manifestazioni.

Permettetemi di citare fra tutti, a tale proposito, (e mi scuso per eventuali deprecabili involontarie dimenticanze) gli amici Barba Navaretti, Brezzi, Genero, Sibilla, Michaela Viglino Davico, Gabetti e — primo fra tutti, in ogni circostanza — Giuseppe Fulcheri. Eppoi anche perché Autorità politiche, Dirigenti di Enti statali, Responsabili di Ateneo e di Associazioni consorelle hanno largamente condiviso i nostri obiettivi, collaborando di persona e con aiuti alla loro realizzazione. A tutti vada, per mio tramite, il ringraziamento più vivo della nostra Società.

Desidero infine riportare a conclusione la situazione associativa che al 31-12-1980 risultava la seguente:

Soci al 31-12-1980: 601 compresi i morosi  
Soci rimasti morosi: 12  
Soci dimissionari nel 1981: 12  
Soci deceduti nel 1981: 6  
Nuovi soci nel 1981: 23

Soci al 31-12-1981: 594 compresi 42 morosi che si pensa di recuperare nel 1982.

I nominativi dei 23 nuovi Soci che sono lieto di presentare ufficialmente all'Assemblea sono quelli di: ANDRIANO Ing. Matteo, ASTORI Ing. Bruno, BERTOTTO Rosso Arch. Milena, BIANCO Ing. Gennaro, BURI

Arch. Luigi, CANTINO Ing. Pietro, CARPIGNANO Arch. Laura, CORINO Arch. Valerio, CORSI Ing. Arch. Fabio, CRACCHI Arch. Mario, ELLESE Arch. Mario, FERRERO Arch. Massimo, IMPELLIZZERI Arch. Biagio Claudio, LANZA Ing. Guglielmo, MANTOVANI GIACOSA Arch. Silvia, MARCHETTI Arch. Giuseppe, MARCHIONATTI Arch. Antonio, MARCHISIO Ing. Massimo, NOLÈ Arch. Vita, ROSA Arch. Carlo, SALOMONE Arch. Antonio, SARTI Arch. Giulia, TURINI Arch. Oreste, mentre richiamo alla memoria ed al ricordo affettuoso dei presenti e di tutti i Soci i nostri Amici scomparsi nell'anno 1981, rivolgendo alle Loro famiglie l'espressione della più sincera partecipazione al Loro dolore: CALIGARIS Ing. Silvio, CATTANEA Ing. Almerio, GIORDANA Ing. Carlo, RUELLA Arch. Sergio, SARTORI Prof. Ing. Rinaldo, ZIGNOLI Prof. Ing. Vittorio.

Occorre dare la parola al Tesoriere perché voglia illustrare la situazione economica, presentando il Bilancio Preventivo 1982; al Collegio dei Revisori dei Conti per la loro relazione; nonché al prof. Gabetti, vice-Direttore di « *Atti e Rassegna Tecnica* », per ogni chiarimento utile sull'andamento della nostra rivista.

Su questa infatti negli ultimi anni è stato concentrato da parte del Consiglio e del Comitato di Redazione un notevole sforzo editoriale che ritengo aver dato risultati particolarmente soddisfacenti, grazie soprattutto al lavoro sapiente di R. Gabetti, E. Tamagno e F. Barrera.

Ma non voglio concludere questa mia relazione senza rivolgere uno speciale ringraziamento agli amici componenti il Consiglio Direttivo della Società, il Comitato di Redazione della Rivista, il Comitato di Amministrazione della stessa, nonché a tutti i Soci che, in vario modo ed a vario titolo, hanno offerto con tanta disponibilità la propria opera a vantaggio della istituzione: in particolare un ringraziamento vivissimo va al nostro Tesoriere ed ai Revisori dei Conti che hanno vigilato con cura e predisposto la documentazione di quanto garantisce la continuità e il controllo finanziario sulla attività sociale; nonché alla signorina Anna Marchisotti, vero pilastro organizzativo ed indefettibile presenza efficace per la nostra sede.

*Il Presidente*

MARIO FEDERICO ROGGERO

## Relazione del Collegio dei Revisori dei Conti (28 aprile 1982)

I Sottoscritti componenti del Collegio dei Revisori dei Conti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, in data 28 aprile 1982 conformemente alle disposizioni dell'Art. 13 dello Statuto della Società stessa, riuniti nella Sede Sociale, hanno preso in esame i conti di cassa del 1981, il Conto di Competenza 1981, ed i relativi documenti attinenti alla gestione stessa, nonché il Bilancio Preventivo 1982.

Sono state eseguite collegialmente le verifiche alle scritture contabili, ai corrispondenti documenti giustificativi, ed è stata accertata la perfetta regolarità e conformità della gestione. È stato accertato inoltre che

i valori ed i fondi della Società corrispondono alle annotazioni risultanti dai libretti e conti dell'Istituto Bancario S. Paolo di Torino-Sede Centrale ed il Conto Corrente Postale intestati a: Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

Anche le somme liquidate al 31 dicembre 1981 corrispondono alle registrazioni contabili.

Considerata l'attuale situazione generale del paese e particolarmente degli Enti culturali, è da ritenere valida la gestione della Rivista, sia sotto l'aspetto economico, ivi compreso l'apporto della pubblicità, e sia soprattutto per il suo contributo culturale non limitato

ai soli Soci, ma rivolto anche all'esterno, secondo le linee programmatiche della nostra Società.

Il Collegio dei Revisori dei Conti, considerando il bilancio dell'attività compiuta, fa rilevare come la situazione patrimoniale abbia non solo raggiunto l'auspicato equilibrio ma sia passata da L. 1.101.882 al 31 dicembre 1980 a L. 12.619.798 al 31 dicembre 1981 il che ci permette di guardare con sufficiente tranquillità anche al prossimo anno 1982.

Pertanto il Collegio plaude all'operato del Consiglio Direttivo e propone l'approvazione del Bilancio nei termini in cui è stato presentato.

Il Collegio dei Revisori dei Conti

Ing. Guido BONICELLI  
Arch. Massimo LUSO  
Ing. Ferdinando PRUNOTTO

## RENDICONTO ECONOMICO 1981

### ENTRATE

|                         |           |                   |
|-------------------------|-----------|-------------------|
| Quote Soci Effettivi    | L.        | 14.365.000        |
| Quote Soci Neolaureati  | »         | 330.000           |
| Abbonamenti             | »         | 358.688           |
| Abbonamenti Sostenitori | »         | 503.000           |
| Vendita A.R.T.          | »         | 15.182.061        |
| Inserzionisti 1981      | »         | 22.877.250        |
| Contributi              | »         | 2.600.000         |
| Varie                   | »         | 563.813           |
| Interessi               | »         | 1.571.890         |
| <b>TOTALE ENTRATE</b>   | <b>L.</b> | <b>58.351.702</b> |

### USCITE

|  |    |            |
|--|----|------------|
| Costo Rivista 1981   | L. | 35.066.464 |
| Provvigioni 1981   | »  | 11.961.900 |
| Affitto e Spese Sede   | »  | 4.438.250  |
| Manifestazioni (Lione)   | »  | 1.034.300  |
| Varie (Cancelleria e Stampati -<br>Postali - Telefoniche - Segreteria e varie) | »  | 8.562.860  |

**TOTALE USCITE** L. 61.063.774

Risultato — L. 2.712.072

**TOTALE A PAREGGIO** L. 58.351.702

## FONDO PATRIMONIALE AL 31.12.1981

Fondo Patrimoniale al 31-12-1980 L. 1.101.882

Risultato NEGATIVO di competenza 1980:

|   |    |            |
|---|----|------------|
| — Debiti pagati in più<br>di cui circa 50.000.000<br>per n. 11/12 Piano<br>Regolatore | L. | 52.555.512 |
| — Crediti Realizzati<br>in più  | L. | 71.785.500 |
|   |    | 19.229.988 |

— Debito 1980  
da pagare nel  
1982 Spese di  
Redazione — L. 5.000.000

L. 14.229.988  
Risultato di competenza — L. 2.712.072

Fondo Patrimoniale al 31-12-1981 L. 12.619.798

Previsione Movimento 1980  
da realizzare nel 1982 L. 5.000.000

Previsione Movimenti  
di competenza 1981  
da realizzare nel 1982:

— Entrate L. 14.913.250  
— Uscite L. 35.810.435

L. 20.897.185

Quote di competenza 1982 L. 75.000

**FONDO CASSA al 31-12-1981** L. 38.591.983

di cui:

Cassa 467.025  
C.C. Postale 652.149  
S. Paolo 37.472.809

## BILANCIO PREVENTIVO 1982

### ENTRATE

|   |           |                   |
|---|-----------|-------------------|
| — Quote Soci Effettivi<br>(600 x 25.000)  | L.        | 15.000.000        |
| — Quote Soci Neolaureati<br>(15 x 15.000) | L.        | 225.000           |
| — Abbonamenti Sostenitori<br>(6 x 75.000) | L.        | 450.000           |
| — Abbonamenti A.R.T.                      | L.        | 360.000           |
| — Inserzionisti                           | L.        | 20.000.000        |
| — Contributi pubblicazioni                | L.        | 25.000.000        |
| — Interessi Banca e<br>C.C. Postale       | L.        | 600.000           |
| — Varie                                   | L.        | 365.000           |
| <b>TOTALE ENTRATE PREVISTE</b>            | <b>L.</b> | <b>62.000.000</b> |

### USCITE

|  |    |            |
|--|----|------------|
| — Cancelleria e stampati                     | L. | 2.000.000  |
| — Cautenza (affitto e<br>spese condominiali) | L. | 5.000.000  |
| — Postali                                    | L. | 2.000.000  |
| — Telefoniche                                | L. | 1.000.000  |
| — Segreteria                                 | L. | 5.000.000  |
| — Tipografia                                 | L. | 35.000.000 |
| — Provvigioni e Enasarco                     | L. | 10.000.000 |
| — Imposte (Iva)                              | L. | 1.000.000  |
| — Varie                                      | L. | 1.000.000  |

**TOTALE USCITE PREVISTE** L. 62.000.000

**FONDO PATRIMONIALE**

Al 31-12-1981 L. 12.619.798

# Relazione del Vice Direttore della Rivista "Atti e Rassegna Tecnica"

Chiedo scusa al Consiglio Direttivo ed ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti, di non leggere personalmente la mia relazione di Vice-Direttore di « *Atti e Rassegna Tecnica* ».

Domattina il Presidente Pertini mi consegnerà a Roma il Premio per l'architettura, che mi aveva assegnato l'anno scorso: ritenetemi quindi giustificato.

La rivista la ricevete tutti e non è il caso di raccontarvi, numero per numero, i contenuti degli articoli che abbiamo pubblicato.

Spero che ci riteniate fedeli al nostro programma, programma sostenuto dal Direttore Mario Federico ROGGERO, dall'amico FULCHERI, dal Comitato della rivista. Non è questa una chiamata ad una corresponsabilità, che ho però continuamente avvertita come aperta e autentica.

L'esperienza compiuta durante la Direzione Fulcheri è stata determinante, nel senso di avere colto allora, con tutta evidenza, la necessità di sponsorizzare ogni nostra iniziativa editoriale a enti che ne potessero sostenere l'onere.

In tal senso il Consiglio e l'intervento puntuale dell'ing. Sibilla è stato fondamentale.

Né può essere passato sotto silenzio ogni altro ente territoriale regionale, che abbia voluto sostenere le nostre iniziative.

Si tratta di interventi intelligenti, a mio avviso, anche se non generalizzati né facilmente generalizzabili, a favore di una cultura tecnica, che ha grande importanza per il nostro Piemonte e che la nostra Società esprime in maniera singolare ed incisiva. Non tutti gli amministratori l'hanno compreso, nella misura pertinente: ma sono aumentati, nel numero e nella qualità, coloro che lo hanno compreso.

Sponsorizzati risultano non soltanto i numeri monografici, ai quali va la nostra preferenza — la nostra è una rivista da conservare, non un bollettino da sfogliare e buttare via —, ma sponsorizzati sono anche gli articoli usciti in numeri di miscellanea, miscellanea che cerchiamo di contenere all'interno di argo-

menti omogenei. I numeri di Atti in senso stretto sono presenti, quale specchio diretto delle iniziative sociali.

Consentitemi, consoci, una osservazione venale: attraverso la rivista che vi diamo, ricevete gratuitamente un valore di carta stampata che supera di 2, 3, 4 volte la quota sociale. Il merito nostro è solo nel senso di sollecitare gli interventi altrui: dico merito nostro, perché parlo anche a nome di Elena Tamagno, capo-redazione, cui va il lavoro maggiore in ogni fase programmatica ed esecutiva, e a nome di Francesco Barrera, che riesce sempre puntualmente a coordinare le nostre iniziative in corso con quelle del Direttore-Presidente e del Tesoriere.

Si è cercato, per quanto possibile, di far corrispondere i contenuti della Rivista alle attività Sociali, e di far sì che rispecchi fedelmente il suo titolo « *degli Ingegneri e degli Architetti* ». Verificando statisticamente le ultime 7-8 annate, mi pare che questo sia avvenuto; è certo che l'alta specializzazione di alcuni campi dell'ingegneria non ha mai trovato spazio nella nostra rivista, e ci sono motivi per cui, anche in avvenire, questo non avvenga: si tratta di rappresentare un quadro di cultura leggibile alla più parte dei Soci. E allora anche la tecnica, edilizia e urbanistica, si affacciano con grande peso, mentre l'architettura, nei suoi riferimenti specifici, fenomenologici o formali, rimane estranea al nostro lavoro redazionale.

La linea alla quale abbiamo voluto rimanere fedeli è quella della Nuova Serie, aperta nell'immediato dopoguerra da Augusto Cavallari-Murat. Speriamo di esserci riusciti.

Il consiglio dei Soci è per noi prezioso, e, anche in questa occasione, lo sollecitiamo: basta una telefonata, un appunto a Roggero, a Fulcheri, a Gabetti, a Elena Tamagno, a Barrera, e, naturalmente, alla nostra signorina Marchisotti.

Grazie e scusatemi ancora.

Roberto GABETTI

## ENTI E SOCIETÀ SOSTENITORI

- Azienda Elettrica Municipale
- Camera di Commercio Ind. Art. Agricoltura
- Collegio Costruttori di Torino
- Istituto Bancario S. Paolo di Torino
- Unicem S.p.a.
- Unione Industriali
- Ordine Ingegneri della Provincia di Torino

ELENCO RIVISTE RICEVUTE IN CAMBIO con « *Atti e Rassegna Tecnica* » consultabili presso la Biblioteca della Società

## PUBBLICAZIONI ITALIANE:

- Alluminio
- Associazione Mineraria Subalpina

- Atti dell'Accademia delle Scienze
- Bibliografia Italiana di Idraulica
- Bollettino degli Ingegneri - Ordine di Palermo
- Bollettino di Legislazione Tecnica
- Costruzioni Metalliche
- Giornale del Genio Civile
- Il Cemento
- Il Giornale della Prefabbricazione
- Ingegneri Architetti
- Ingegneri Architetti Costruttori
- L'Industria Italiana del Cemento
- L'Industria Italiana dei Laterizi
- L'Ingegnere
- L'Ingegnere Italiano
- L'Unificazione
- Officina

- Rassegna ANIAI
- Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali
- Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali
- Securitas
- Tecnica Italiana
- Vie e Trasporti

**RIVISTE ESTERE:**

*Cina*

- Scientia Sinica

*Germania*

- Die Bautechnik

*Jugoslavia*

- Elektrotehniski Vestnik

*Stati Uniti*

- Dialogue
- Economic IMPACT

*Svezia*

- Document - Swedish Council for Building Research-Synopses

*Svizzera*

- Construction de la Suisse Romande
- Ingegneri e Architetti Svizzeri

*Unione Sovietica*

- Rivista di Architettura

## Pubblicazioni sociali

**ANCORA DISPONIBILI  
PRESSO LA SEGRETERIA:**

- n. 4 volumi su *Ingegneri e Architetti del Sei e Settecento in Piemonte*
- n. 115 volumi su *Chevalley Architetto*
- n. 57 volumi su *Prof. G. Colonnetti*
- n. 25 volumi in onore di V. Valletta
- n. 25 volumi in onore di A. Capetti
- n. 20 volumi in onore di A. Cavinato
- n. 820 volumi su *Il Nuovo Teatro Regio di Torino*
- n. 500 volumi su *La Variante 17 al piano regolatore di Torino*
- n. 160 volumi in onore di C. Codegone
- n. 125 volumi su *La legge 373/76 - La progettazione edilizia e gli impianti*
- n. 11 volumi in onore di G. Gabrielli
- n. 50 volumi su *Ing. C. Caselli e l'Ospizio di Carità (1ª parte)*
- n. 150 volumi su *Ing. C. Caselli e l'Ospizio di Carità (2ª e 3ª parte)*
- n. 25 volumi su *Il Santuario di Vicoforte*
- n. 125 volumi su *Gli Amministratori Comunali di Torino (1ª parte)*
- n. 130 volumi su *Gli Amministratori Comunali di Torino (2ª parte)*

- n. 100 volumi su *Edilizia Universitaria a Torino - Problemi e iniziative*

- n. 30 volumi su *Edilizia Universitaria a Torino - Realizzazione e progetti*

- n. 130 volumi sulla *Giornata di studio: Quale futuro della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*

- n. 100 volumi su *Restauro e Riutilizzo del Patrimonio Edilizio Comunale in Torino (1ª parte)*

- n. 125 volumi su *Restauro e Riutilizzo del Patrimonio Edilizio Comunale in Torino (2ª parte)*

- n. 160 volumi su *Piano Regolatore Generale di Torino - Progetto preliminare*

- n. 240 volumi su *Alba*

- n. 100 volumi su *Atti del Convegno sul tema: Confronto sulle esperienze del riutilizzo tra gli Uffici Tecnici Comunali di alcune città italiane*

- n. 120 volumi su *Urbanistica e Politica Edilizia nell'Area Urbana di Lione*

- n. 100 volumi in onore del Prof. V. Zignoli (1ª parte)

- n. 100 volumi in onore del Prof. V. Zignoli (2ª parte)

- n. 230 volumi su *I Ponti di Torino*

- n. 320 volumi su *Riorganizzazione Funzionale e Fisica del Fabbriato Ex Elli-Zerboni da destinare a scuola professionale*

- n. 80 volumi su *Isolamento Termico degli Edifici esistenti: analisi energetica ed economica del 15° Quartiere I.A.C.P. in Torino*

## Relazione sul viaggio di studio in Olanda

Giovedì 17 dicembre 1981, presso la sede sociale, l'arch. Paolo Almirante, l'ing. Clemente Bellia, l'ing. Franco Campia, l'arch. Giuseppe Gazzaniga, l'ing. Giuseppe Micheletta Tità, l'ing. Vincenzo Mina, l'arch. Antonio Mascarello, l'arch. Carlo Novara, il dott. Paolo Odone, l'ing. Ilario Signoretti hanno illustrato, con l'ausilio di filmati e diapositive, il viaggio di studio in Olanda, svoltosi, su iniziativa della nostra Società, dal 18 al 22 giugno 1981.

## Conferenza sul tema " Corso Marche: Nuova arteria cittadina "

Il tema è stato illustrato ai Soci, giovedì 18 febbraio 1982, presso la sede sociale, dall'Assessore alla Pianificazione della Città di Torino, Raffaele Radicioni, e dall'Assessore ai Trasporti e Viabilità della Città di Torino, Giuseppe Rolando.

## Conferenza sul tema " I grandi lavori di ingegneria civile nel mondo "

Il tema è stato trattato dal socio ing. Enrico Recchi e illustrato da una proiezione di audiovisivi, mercoledì 24 marzo 1982 presso la sede sociale.

## Conferenza sul tema " Il nodo ferroviario di Torino: Quadruplicamento dei binari "

I soci sono stati intrattenuti e aggiornati su questo tema giovedì 6 maggio 1982, presso la sede sociale, da quattro autorevoli esperti: l'Assessore regionale alla Viabilità e Trasporti, Giuseppe Cerutti, l'Assessore comunale alla Pianificazione Urbanistica Raffaele Radicioni, l'Assessore comunale ai Trasporti e Viabilità Giuseppe Rolando, il direttore compartimentale delle Ferrovie dello Stato di Torino Giuseppe Ballatore.

## Convegno sul tema " Il problema della casa nelle aree metropolitane "

Il convegno, organizzato in collaborazione fra la Città di Torino, l'OIKOS di Bologna e la nostra società, si è tenuto nei giorni 16 e 17 luglio 1982 presso il Circolo Eridano. Gli Atti sono stati pubblicati sul n. 6-7 di questa rivista.

## Convegno sui trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta: Un problema di Pianificazione

L'Associazione Mineraria Subalpina e la nostra Società hanno promosso questo convegno con l'intendimento di dare un apporto allo studio della pianificazione delle comunicazioni internazionali ed interregionali del Piemonte.

Il Convegno si propone di approfondire, nei suoi diversi aspetti, lo studio dei grandi trafori stradali e ferroviari realizzabili nel settore occidentale alpino; esso si articola in cinque giornate di studio da tenersi in località diverse nell'intento di portare nelle sedi più interessate gli specifici problemi settoriali.

Le prime tre giornate hanno già avuto luogo, con pieno successo per la qualificata e numerosa partecipazione di tecnici e di pubblici amministratori, in veste sia di relatori sia di uditori.

La 1ª giornata il cui tema era « *Tecnica ed Economia dei Trafori* », intesa a fare il punto sullo stato attuale della tecnica di costruzione dei trafori, si è tenuta a Torino il 30 ottobre 1981. A presiedere e coordinare i lavori sono stati chiamati il prof. Lelio Stragiotti, Rettore del Politecnico di Torino e l'ing. Erberto Botti, Direttore Tecnico della Metropolitana Milanese. Dopo la presentazione del Convegno fatta dal prof. Mario Federico Roggero, in veste di Presidente della nostra Società, l'introduzione alla 1ª giornata fatta dal prof. Lelio Stragiotti, quale Presidente della Associazione Mineraria Subalpina ed il saluto del dott. Eugenio Maccari Presidente della Unione Regionale delle Province piemontesi, si sono susseguiti i diversi relatori toccando tutti gli argomenti del tema proposto (studio generale di progettazione, problemi geologici e geotecnici, evoluzione delle tecniche costruttive, ventilazione delle lunghe gallerie autostradali, impiantistica, costi e tempi di esecuzione). A queste relazioni hanno fatto seguito, in chiusura della giornata, diverse comunicazioni ed interventi. Il giorno successivo i congressisti si sono recati in valle di Susa per una visita al Traforo del Frejus ed alle gallerie, in costruzione a Serre la Voute, per la futura superstrada che collegherà Susa al Traforo.

La 2ª giornata dedicata a « *I Collegamenti con la Francia* » si è tenuta a Cuneo il 23 aprile 1982 con la presidenza del dott. Giovanni Falco, Presidente della locale Amministrazione Provinciale ospitante il Convegno, e del prof. Luigi Peretti già docente di Litologia e Geologia applicata nel Politecnico di Torino, con compiti di Relatore Generale e Coordinatore dei lavori. A questa giornata oltre a numerosi rappresentanti di Enti Pubblici italiani sono intervenuti Amministratori e Tecnici francesi tutti vivamente interessati agli argomenti del Convegno. Le relazioni svolte nella mattinata hanno riguardato soprattutto i problemi generali delle comunicazioni tra Italia e Francia e gli aspetti economici delle soluzioni possibili per nuovi collegamenti; nel pomeriggio con numerose relazioni a carattere più strettamente tecnico seguite da appassionati interventi sono stati illustrati e confrontati i diversi studi di trafori proponibili nell'arco al-

pino che ci divide dalla Francia: Galizia, Scala, Croce, S. Anna, Ciriègia, questi ultimi due nelle diverse soluzioni italiane e francesi. Il giorno successivo i Congressisti si sono recati a Nizza per una assai cordiale incontro con i colleghi francesi ed una visita a importanti lavori per il completamento dell'autostrada Mentone/Aix-en-Provence ed alla *autoroute urbaine*, la sopraelevata che attraversa tutta la città di Nizza correndo sopra la ferrovia. Il viaggio, effettuato col treno Cuneo-Nizza, è stato anche una voluta occasione per l'illustrazione, fatta durante il tragitto dall'ing. Balatore, Capo Compartimento F.S. di Torino, dei lavori per il ripristino della ferrovia di Tenda.

La 3ª giornata dedicata a « *I Collegamenti con i porti liguri* », un argomento di grande interesse ed attualità sia per il Piemonte che per la Liguria, e per la quale quindi si potevano prevedere numerosi interventi è stata suddivisa in due Sessioni: la 1ª si è tenuta ad Alessandria il 25/6/1982 e la 2ª nella mattinata del giorno successivo a Genova seguita, nel pomeriggio, da una visita guidata al Porto. Una barriera montuosa, non elevata ma estesa, separa dal Piemonte la Liguria ed incombe sui suoi porti privandoli di spazio vitale: superarla con trafori che consentano di realizzare strade agevoli, ferrovie veloci, vie d'acqua ha una enorme importanza per le due contigue Regioni. Su questi argomenti e più in generale sul dibattuto problema della rivitalizzazione dei porti liguri e sui conseguenti rapporti economici coll'entroterra piemontese hanno parlato i numerosi relatori. Il compito di presiedere la 3ª giornata ed a coordinarne lo svolgimento è stato assunto dal Presidente dell'Amministrazione Provinciale di Alessandria, Angelo Brossa, e dal prof. Alberto Russo Frattasi, Direttore dell'Istituto di Trasporti ed Organizzazione Industriale del Politecnico di Torino.

Ciascuna delle tre giornate ha visto una buona partecipazione di congressisti variabile dalle 100 alle 150

persone. Gli iscritti al Congresso sono a tutt'oggi circa 450. Pieno appoggio alle manifestazioni è stato dato da tutti gli Enti in qualche modo interessati al Convegno, ma va particolarmente segnalata la collaborazione e la cordialissima ospitalità offerta dalle Province di Cuneo ed Alessandria.

Anche la 4ª giornata che si svolgerà a Novara il 26 novembre 1982 e che sarà dedicata a « *I Collegamenti con la Svizzera* » avrà il patrocinio dell'Amministrazione Provinciale ospitante e sarà presieduta dal Presidente dott. Adelmo Brustia, coadiuvato, quale relatore generale, dall'ing. Giovanni Lombardi, progettista del Traforo del San Gottardo. Il giorno seguente il Convegno si trasferirà in Valle d'Aosta, ospite della Regione Autonoma, per la 2ª sessione della 4ª giornata rivolta all'esame dei problemi di più diretto interesse locale. La giornata si concluderà con la visita tecnica al Traforo del Monte Bianco.

L'ultimo appuntamento del Convegno sarà a Torino nella primavera 1983 per la 5ª giornata dedicata a « *Prospettive e proposte per le grandi direttrici piemontesi di traffico* ». Sarà questa l'occasione per un riesame coordinato e critico di ciò che è emerso ed è stato discusso nelle precedenti riunioni, quale contributo conclusivo del Convegno allo studio della pianificazione delle comunicazioni internazionali ed interregionali del Piemonte e della Valle d'Aosta.

Tutte le relazioni presentate nelle 5 giornate del Convegno, le comunicazioni e gli interventi verranno pubblicati sui periodici dei due Sodalizi proponenti il Convegno: la rivista « *Gallerie e grandi Opere Sotterranee* » dell'Associazione Mineraria Subalpina - Sezione Gallerie ha recentemente pubblicato il materiale relativo alla 1ª giornata; la rivista « *Atti e Rassegna Tecnica* » pubblicherà il materiale relativo alle altre quattro giornate.

## Centenario della morte di Carlo Alberto Castigliano

Nel 1884 a Milano scompariva, a 37 anni, Carlo Alberto Castigliano, lasciando nel campo degli studi dei sistemi elastici e, più in generale, della scienza delle costruzioni il segno della più alta intelligenza, legato in modo precipuo al Teorema che ne porta il nome.

Questo grande Astigiano, Ingegnere delle Ferrovie dell'alta Italia, dev'essere degnamente celebrato nel primo centenario della Sua morte.

E al Politecnico di Torino, dove fu allievo, dove si laureò in Ingegneria civile il 30.9.1873, gl'istituti di Scienza e di Tecnica delle Costruzioni si sono fatti patrocinatori di manifestazioni che ne ripropongano organicamente all'attenzione degli studiosi la figura eccezionale.

La nostra Società ha subito aderito all'iniziativa, impegnandosi fin d'ora ad ogni sforzo per il successo delle celebrazioni: non può, tra l'altro, essere

dimenticato che Castigliano pubblicò proprio negli « *Atti della Società degli Ingegneri di Torino* » (Anno VI - 1872 - Tip. Favale) la sua prima memoria (ancor prima della laurea) su il « *Modo di eseguire alcune delle operazioni che debbono precedere l'esecuzione degli sterri* »; memoria letta ed approvata per la stampa negli *Atti della Società, nelle adunanze 17 dicembre 1872 e 11 febbraio 1873*.

Il Consiglio oggi in carica, il cui mandato scadrà assai prima dell'attuazione del programma di onoranze, intende lasciare a quello che gli succederà l'onore di una partecipazione che si vuole fin d'ora impegnata e consapevole, assumendo per quanto possibile i vari carichi organizzativi nella più piena collaborazione con tutte le forze della cultura scientifica che intende ricordare uno dei più illustri Suoi nomi.

(M. F. Roggero)

# 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.

## Un metodo statistico per la valutazione dell'involucro esterno ottimale di un edificio

MASSIMO ACTIS DATO (\*), ANNA MARIA ERCULES (\*), ARMANDO MONTE (\*) in un precedente articolo (1) hanno illustrato un metodo statistico per l'individuazione dell'involucro esterno ottimale dal punto di vista del risparmio energetico di una popolazione di fabbricati abitativi; con la presente nota intendono applicare tale metodo ad un singolo edificio, rimandando all'articolo citato per la trattazione teorica del problema.

### IL PROBLEMA

Si consideri un edificio, ubicato in una località caratterizzata da 1500 gradi-giorno, il cui involucro esterno abbia la resistenza termica riportata in figura 1.

Si intende verificare l'opportunità di incrementare la resistenza termica di alcune o di tutte le superfici disperdenti.

L'isolamento termico delle superfici opache viene incrementato con l'aggiunta di materiale isolante su tutte le parti dell'involucro aventi resistenza termica inferiore ad un limite prefissato R.

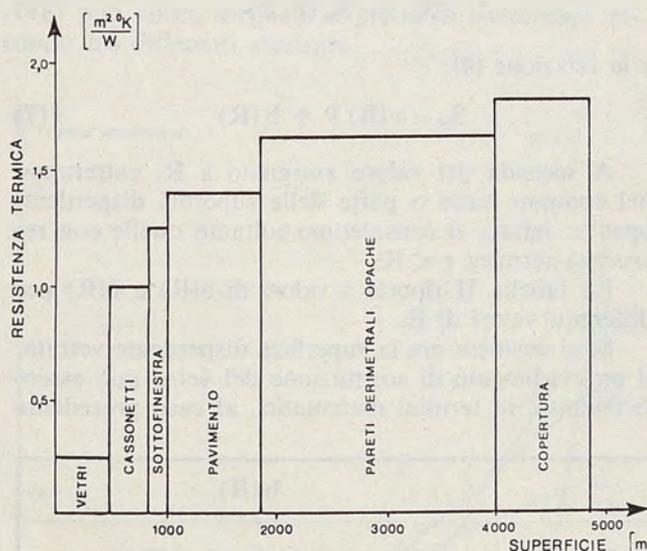


Fig. 1 - Istogramma della resistenza termica delle superfici disperdenti in funzione della loro estensione.

(\*) FIAT ENGINEERING

(1) M. ACTIS DATO, A. M. ERCULES, A. MONTE, *Un metodo statistico per la valutazione dell'involucro esterno ottimale di una popolazione di fabbricati*, « Impianti », n. 11, novembre 1982.

Per le superfici trasparenti si tratta di sostituire i vetri esistenti con altri aventi una resistenza termica maggiore: nel caso preso in esame si suppone che tale resistenza venga raddoppiata.

Le incognite del problema sono il limite R e l'opportunità dell'intervento sulle pareti vetrate.

I costi unitari dei vari interventi sono riassunti nella tabella I.

### DEFINIZIONE MATEMATICA DEL PROBLEMA

In termini generali, con riferimento all'unità di superficie opaca, i profitti monetari annuali  $S_m$ , ottenibili con un incremento della resistenza termica dell'involucro esterno di un edificio dal valore r al valore R, dipendono dalla diminuzione delle spese annue di riscaldamento  $C_e$  e dai costi annui  $C_i$  dovuti all'incremento di isolamento:

$$S_m = C_e - C_i \quad (1)$$

Scrivendo in forma esplicita le grandezze dell'equazione (1) ed estendendo il calcolo all'intero involucro esterno, si determina il profitto annuo complessivo  $S_M$ :

$$S_M = \int_0^R S_m f(r) dr = \int_0^R \left\{ \frac{C}{r} \frac{R-r}{R} C_w - L_i(R-r)\alpha \right\} f(r) dr \quad (2)$$

in cui:

$C_w$  è il costo unitario dell'energia termica;

C è una costante che prende in considerazione le condizioni climatiche, la temperatura interna e

|   |   |
|---|---|
| Costo per unità di resistenza termica e per unità di superficie del materiale isolante aggiuntivo | 2500 $\frac{\text{Lit.}}{\text{m}^2 \frac{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}}{\text{W}}}$ |
| Costo per unità di superficie dei vetri termoresistenti   | 30000 $\frac{\text{Lit.}}{\text{m}^2}$  |
| Costo dell'energia termica  | $10^{-5} \frac{\text{Lit.}}{\text{J}}$  |

Tab. I - Costi unitari connessi all'incremento dell'isolamento e costo dell'energia termica.

l'efficienza della combustione: può essere valutata con il criterio dei gradi-giorno;

- C  
— è il consumo di combustibile annuo per unità di superficie disperdente, valutato per la situazione precedente all'intervento;
- R—r  
— rappresenta la percentuale di decremento del flusso termico attraverso un'unità di superficie dell'involucro esterno, conseguente all'incremento di resistenza dal valore r al valore R;
- $L_i$  è il costo per unità di superficie e per unità di resistenza termica del materiale isolante aggiuntivo;
- $\alpha$  è il termine unitario di ammortamento;
- f(r) è la funzione di distribuzione della resistenza termica dell'involucro.

Nel caso in esame, l'integrale dell'equazione (2) si riduce ad una sommatoria di tanti termini quante sono le superfici disperdenti dell'edificio:

$$S_M = \sum_{j=1}^n S_j \quad (3)$$

con:

- n numero di superfici disperdenti aventi uguale resistenza termica finale R;

$$S_j = \left[ \frac{C}{r_j} \frac{R-r_j}{R} C_w - L_i (R-r_j) \alpha \right] A_j \quad (4)$$

essendo  $A_j$  la superficie disperdente con resistenza termica originale pari a  $r_j$ .

Si può così valutare in prima approssimazione la redditività di un intervento di isolamento su ogni singola superficie disperdente, tenendo presente che il profitto annuo dovuto a tale intervento deve essere positivo, ossia  $S_j > 0$ .

Risultano in questo modo indipendenti le decisioni relative alle superfici opache e vetrate.

I parametri « costo » che incidono sul valore di  $S_j$  sono il costo dell'energia termica ed il costo dell'isolante: essi possono essere conglobati in una sola variabile P:

$$P = \frac{C_w}{L_i} 10^8 \quad (5)$$

La relazione (2) diventa quindi:

$$S_M = S_M(P, R) \quad (6)$$

e la relazione (4):

$$S_M \propto a(R)P + b(R) \quad (7)$$

A seconda del valore assegnato a R, entreranno nel computo tutte o parte delle superfici disperdenti opache: infatti, si considerano soltanto quelle con resistenza termica  $r < R$ .

La tabella II riporta i valori di a(R) e b(R) per differenti valori di R.

Se si considera ora la superficie disperdente vetrata, il provvedimento di sostituzione del vetro può essere ricondotto, in termini matematici, al caso precedente

| R                 | a (R)         | b (R)         |
|-------------------|---------------|---------------|
| $1,09 < R < 1,25$ | 345 — 386/R   | — 62R + 67    |
| $1,25 < R < 1,34$ | 513 — 584/R   | — 72R + 110   |
| $1,34 < R < 1,61$ | 1339 — 1690/R | — 290R + 368  |
| $1,61 < R < 1,82$ | 3048 — 4442/R | — 963R + 1492 |
| $1,82 < R$        | 3656 — 5549/R | — 770R + 1141 |

Tab. II - Coefficienti della relazione lineare tra il profitto annuale  $S_M$  ed il rapporto dei costi P in funzione della resistenza minima dell'involucro opaco R.  $S_M = a(R)P + b(R)$ .

considerando l'ipotesi che i prezzi dell'isolante opaco variano in maniera proporzionale ai prezzi dei vetri termoresistenti.

Ponendo  $R = 2r$ , l'equazione (7) diventa:

$$S_V \propto 2775 P - 1574 \quad (8)$$

dove  $S_V$  è il profitto conseguente all'incremento di resistenza termica del vetro. Ne deriva che il maggior isolamento dei vetri è conveniente per  $P > 0,56$ , corrispondente ad un valore zero di  $S_V$ . Considerando che l'incremento di isolamento della parte opaca originariamente più isolata della casa (cioè la copertura) è conveniente per  $P > 0,41$ , si può concludere che si interverrà sui vetri solo dopo aver agito su tutte le parti murarie, e per valori convenientemente alti di  $P$ .

La funzione di profitto globale è dunque:

$S(R,P) = S_M(R,P)$  se non si interviene sui vetri e

$S(R,P) = S_M(R,P) + S_V(P)$  se si interviene anche sui vetri.

## IL PROCESSO DI OTTIMIZZAZIONE

La funzione di profitto  $S(R,P)$  definita dalla (9) può essere rappresentata da una famiglia di curve  $S = S(P)$ , come appare dalla (7) e dalla (8); tali curve sono delle rette, ciascuna caratterizzata da un differente valore di  $R$  (figura 2).

Sia  $S^* = S^*(P)$  l'involuppo di tali curve. I punti della curva involuppo permettono di determinare, per ogni  $P$ , il miglior valore del parametro  $R = R^*$ .

Sia  $R^* = R(P)$  la funzione che dà, per ogni rapporto dei costi unitari  $P$ , il valore del parametro a cui corrisponde la convenienza massima  $S^* = S^*(P)$  (figura 3).

Si può allora scegliere il grado di isolamento secondo tre differenti strategie.

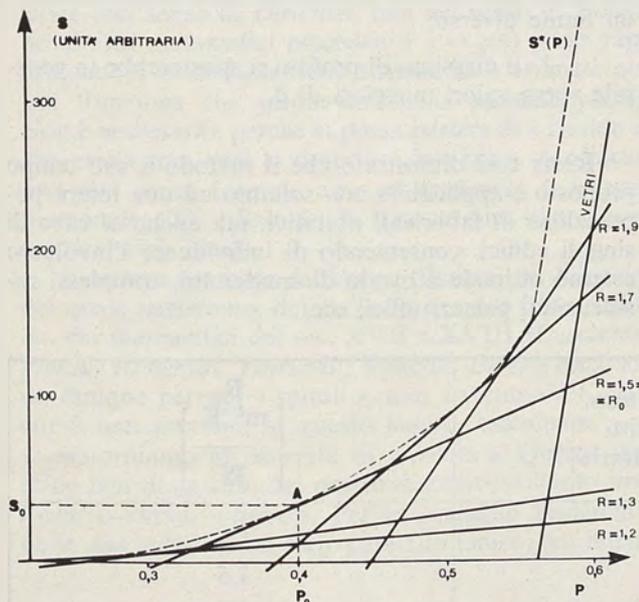


Fig. 2 - Profitto globale  $S$  come funzione del rapporto costi  $P$  per un dato valore del minimo di resistenza termica  $R$  delle superfici opache. Individuazione del valore ottimo di  $R$ .

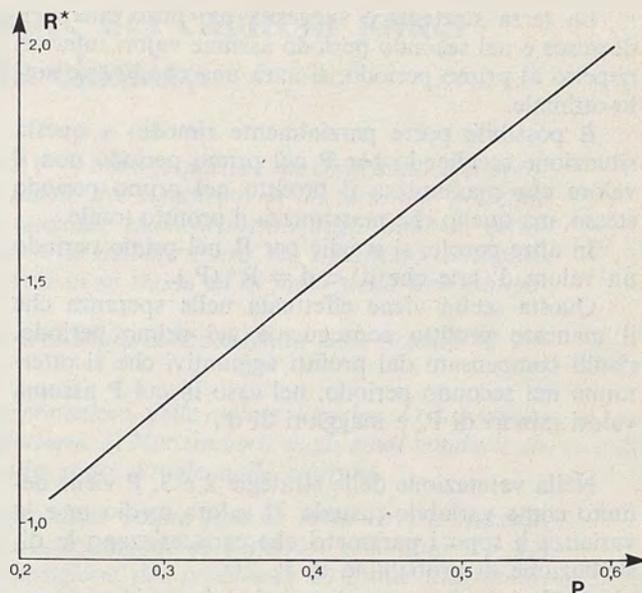


Fig. 3 - Individuazione del valore ottimale di  $R$ .

La più semplice consiste nel determinare il valore ottimo di  $R = R_0$  sulla base del valore attuale di  $P$ , che chiameremo  $P_0$ , e la decisione non è modificata in futuro.

In figura 2 la soluzione è individuata dal punto A e caratterizzata dalle grandezze  $P = P_0$ ,  $S = S(P_0) = S_0$ ,  $R = R(P_0) = R_0$ .

La seconda strategia nasce dalla considerazione che della variabile  $P$  si conosce con certezza solo il valore attuale, mentre non si sa come esso varierà in futuro. Se la decisione iniziale  $R = R_0$  non venisse mutata, il punto A si muoverebbe, al variare di  $P$ , sulla retta individuata dal parametro  $R_0$ , discostandosi dalla curva  $S^*$ . Di conseguenza, la corrispondente convenienza non risulterebbe la massima teoricamente raggiungibile.

La massima convenienza può essere raggiunta solamente variando  $R$  in funzione di  $P$ . In pratica, questo è impossibile per vari motivi di ordine pratico, tra cui i lunghi tempi richiesti dall'attuazione di interventi di questo genere.

Appare pertanto più realistica la seconda strategia, consistente nel considerare due fasi successive:

1. scelta del minimo valore ammissibile per la resistenza dell'involucro esterno dei fabbricati sulla base dei prezzi attuali, noti con sufficiente esattezza, massimizzando il profitto conseguente all'incremento dell'isolamento.

Il valore scelto in questa fase per  $R$  verrà in seguito indicato con la lettera  $d$ ;

2. riesame della situazione dopo un periodo di tempo sufficientemente lungo e modifica del limite minimo alla luce della nuova situazione che si è venuta a creare.

Il valore scelto in questa fase per  $R$  verrà in seguito chiamato  $s$ .

Risulta  $s \geq d$ , dal momento che non ha senso una diminuzione dell'isolamento.

La terza strategia è suggerita dal fatto che se P decresce e nel secondo periodo assume valori inferiori rispetto al primo periodo, si avrà una condizione sotto-ottimale.

È possibile porre parzialmente rimedio a questa situazione scegliendo per P nel primo periodo non il valore che massimizza il profitto nel primo periodo stesso, ma quello che massimizza il profitto totale.

In altre parole, si sceglie per R nel primo periodo un valore  $d'$  tale che  $d' < d = R^*(P_0)$ .

Questa scelta viene effettuata nella speranza che il mancato profitto conseguente nel primo periodo, risulti compensato dai profitti aggiuntivi che si otterranno nel secondo periodo, nel caso in cui P assuma valori minori di  $P_0$  e maggiori di  $d'$ .

Nella valutazione delle strategie 2 e 3, P viene definito come variabile casuale. Il valore medio  $m$  e la varianza  $h$  sono i parametri che caratterizzano la distribuzione di probabilità di P.

Anche  $m$  ed  $h$  non sono noti e si considerano variabili casuali stimabili per mezzo di una distribuzione di probabilità  $f(h,m)$ .

I valori medi di  $h$  ed  $m$ , che caratterizzano la distribuzione di probabilità  $f(h,m)$ , nella prima fase sono calcolati sulla base delle conoscenze attuali. Alla fine del primo periodo, caratterizzato dal valore  $z$  di P, la valutazione di  $h$  ed  $m$  potrà essere migliorata. La nuova stima è ottenuta usando il metodo di Bayes.

La convenienza globale è definita dalla somma delle convenienze nei periodi 1 e 2:

$$K = K_1(d,z) + K_2(s,P) \frac{1}{(1+i)^n} \quad (10)$$

dove  $(1+i)$  è il termine correttivo dovuto al tasso di attualizzazione.

## CONCLUSIONI

La tabella III contiene i risultati dei calcoli per le diverse strategie, ossia i valori attesi dei profitti realizzabili ed il valore di R per il primo periodo.

In figura 4 è inoltre riportato il valore atteso dei profitti nella terza strategia per diversi valori di  $d'$ .

Per  $d' = d$  si ottiene il profitto nel caso della seconda strategia.

Le strategie 2 e 3 sono preferibili alla prima perché il valore atteso del profitto conseguibile è maggiore. La strategia 3 è preferibile alla 2 non tanto

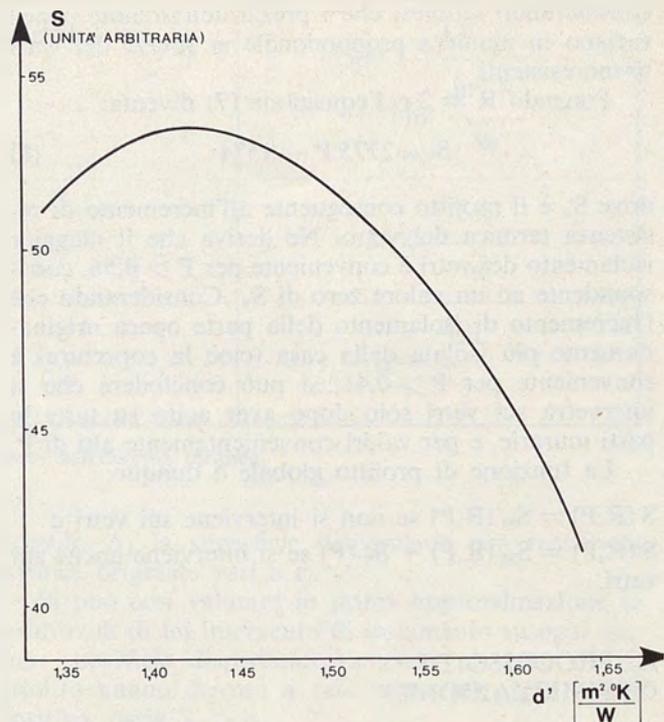


Fig. 4 - Valore atteso dei profitti per la terza strategia, in funzione del limite  $d'$  nel primo periodo.

perché ha un valore atteso maggiore (la differenza non è molto significativa), quanto perché è meno rischiosa; infatti, le conseguenze di un errore nella scelta di  $d'$  sono meno pesanti perché — per la terza strategia — la curva di figura 2 in prossimità del massimo è piatta.

L'approssimazione più rilevante introdotta nella trattazione è di aver considerato costante il costo per unità di resistenza.

Se tale costo fosse variabile:

1. non si potrebbe parlare di un limite inferiore  $d'$ , unico per tutte le pareti, ma ogni parete avrebbe un limite diverso;

2. il massimo di profitto si sposterebbe in generale verso valori maggiori di  $d$ .

Resta così dimostrato che il metodo a suo tempo proposto è applicabile non soltanto ad una intera popolazione di fabbricati abitativi, ma anche al caso di singoli edifici, consentendo di individuare l'involucro esterno ottimale a livello di condomini, complessi residenziali, palazzi uffici, ecc.

| Strategia | Valore atteso dei profitti [unità arbitrarie] | R $\left[ \frac{m^2 \text{ } ^\circ K}{W} \right]$ |
|-----------|---|--|
| 1         | 43,5  | 1,5  |
| 2         | 51,0  | 1,5  |
| 3         | 53,5  | 1,4  |

Tab. III - Valori attesi dei profitti realizzabili con l'intervento di retrofit, e limite minimo dell'isolamento delle pareti opache nel primo periodo.

# Nuove ricerche sulle volute dei capitelli jonici della Grecia classica

Il presente lavoro di T. VIOLA (\*) e M. T. NAVALE (\*\*) intende portare un contributo all'approfondimento di un importante problema storico: quello del significato di un fatto che potrebbe apparire di rilievo secondario ma che tale, per unanime riconoscimento degli studiosi, certamente non è. Infatti gli storici dell'arte sono concordi nell'attribuire un significato simbolico molto importante alle colonne dei monumenti greci in se stesse ed ai modi della loro composizione nei vari ordini: dorico, jonico, corinzio.

Questo lavoro fa seguito ad una nota preventiva presentata all'Accademia delle Scienze di Torino il 16-4-1980 e comprende:

I — Studi, commenti e verifiche alle varie interpretazioni delle volute joniche: 1) La voluta nelle decorazioni antiche; 2) La voluta in architettura; 3) Notizie varie sugli studi condotti attraverso i tempi; 4) Formulazione dei problemi allo stato attuale delle ricerche.

II — Esistenza di regole matematiche nel disegno delle volute joniche nella Grecia classica: 1) Dalla libera creatività dell'epoca classica alla codificazione di Vitruvio: generalità; 2) La ricerca di regole costruttive nell'epoca classica: posizione del problema; 3) I due diagrammi cartesiani che corrispondono ad una stessa voluta; 4) L'analisi dei due diagrammi cartesiani; 5) Il significato della precedente analisi nella storia dell'arte ed in quella della matematica; 6) Conclusione. Note, riferimenti bibliografici.

## INTRODUZIONE

Oggetto di questo studio sarà una parte del capitello jonico dell'architettura classica greca, quella che chiamiamo la « voluta », designando con questo termine un elemento osservabile concretamente e avvertendo fin d'ora, per chiarire e precisare la nostra terminologia, che invece il termine « spirale » ha, per noi, un diverso significato. Per noi, « spirale » è una particolare curva di Jordan, piana e semplice (cioè a punti tutti semplici, non multipli), matematicamente ben definita, caratterizzata dal fatto di compiere infiniti giri intorno ad un punto. Essa è dunque tale che una funzione (nel senso di Dirichlet, non nel senso di Eulero né di altri matematici precedenti)  $\rho = \rho(\theta)$  possa rappresentarla in un opportuno sistema di coordinate polari (funzione che studieremo nella seconda parte). Non è necessario, perché si possa parlare di « spirale », che esista una vera e propria « formula », o almeno non una unica formula atta ad esprimere il legame funzionale  $\rho(\theta)$ . « Spirale » è dunque una figura geometrica, cioè ideale.

Le curve descritte da Jacopo Barozzi da Vignola, del quale parleremo, dal Palladio e, a più forte ragione, dai matematici dei sec. XVII e XVIII (Descartes, Pascal, Roberval, Torricelli, Newton, Eulero ecc.) sono dunque per noi « spirali », non « volute » (1). Tali curve non saranno, in questo lavoro, esaminate.

Ritorniamo al concetto di « voluta ». Questo termine non designerà, nel nostro discorso, soltanto una linea, o curva, « fisica ». Per es., quando parleremo delle due volute di un certo capitello jonico, noi inten-

deremo riferirci ai due complessi di linee fisiche che si avvolgono attorno ai due poli o, per esser più precisi, intorno ai due « occhi » (cerchi, sensibilmente uguali tra loro, aventi per centri i due poli). Gli specialisti chiamano queste linee fisiche: « elementi » costituenti le due volute. Sono le linee che delimitano i cosiddetti « listelli », i quali hanno spessore variabile (decrescente, seguendo l'avvolgimento intorno all'occhio, avvolgimento di cui non avrebbe neppur senso l'affermare aver esso andamento asintotico al polo) (2).

Quale dei due significati del termine « voluta » dovrà intendersi, volta per volta, nel nostro discorso (ripetiamo: una sola linea fisica avvolgentesi intorno all'occhio, oppure il complesso di linee fisiche avvolgentesi intorno ad un medesimo occhio), risulterà evidente dal contesto.

Nella nostra continua collaborazione di autori, v'è stata una tendenza a ripartirci equamente il lavoro: nella parte propriamente storica ed in quella grafica ha prevalso il contributo di M. T. Navale, in quella matematica il contributo di T. Viola. Abbiamo ricevuto importanti consigli e valutazioni dal Prof. A. Cavallari-Murat e dal Prof. Gino Salvestrini, cui esprimiamo la nostra viva riconoscenza.

Ad evitare ogni equivoco nella comprensione del lavoro, riteniamo opportuno dichiarare esplicitamente che la seconda parte intende suggerire, coi metodi matematici ivi impiegati, una specie di anatomia delle volute dei capitelli jonici classici, un'analisi obiettiva e sperimentale, sotto il profilo sia qualitativo che quantitativo, del loro aspetto geometrico. Una tale analisi lascia evidentemente da parte ogni altra questione relativa a queste volute, sia essa storica che artistica. Da questo punto di vista essa è dunque del tutto acritica. E tuttavia essa può costituire una premessa d'una certa importanza, crediamo, ad una valutazione complessiva del fatto storico ed artistico, valutazione che altri autori potranno forse riprendere in seguito.

(\*) Professore emerito dell'Università di Torino, già ordinario di Analisi Matematica.

(\*\*) Architetto, Direttore della Scuola di Disegno dell'Università di Torino.

Perciò, alla fine del lavoro, accenneremo ad alcuni aspetti storici connessi, d'altra parte estremamente complessi. Ci atterremo, in quei particolari cenni, alla valutazione tradizionale secondo cui i due aspetti, sempre compresenti nell'arte greca, il dionisiaco e l'apollineo, si sarebbero compenetrati ed armonizzati in alcuni sommi artisti del periodo d'oro (V sec. a.C.), per poi evolvere rapidamente verso la prevalenza dell'aspetto apollineo. L'aspetto dionisiaco invece avrebbe ripreso tutta la sua forza solo assai più tardi, cioè nel periodo ellenistico (3).

Un'evoluzione, in certa misura parallela, si attuò nella geometria (4). Il contrasto fra l'apollineo ed il dionisiaco, che emerse nella problematica coinvolgente da un lato rette e cerchi, piani e sfere, dall'altro curve di varie definizioni e non costruibili con riga e compasso, si conclude ben presto con la vittoria dell'apollineo negli « Elementi » d'Euclide. Tale esito non fu più rimesso in discussione, neppure da Archimede, che pur diede non pochi saggi della sua capacità di dominare anche la « problematica dionisiaca » della geometria (se tale espressione ci è permessa).

Per tali ragioni e per altre ancora noi osiamo sperare che questa nostra ricerca possa portare un contributo anche alla storia della matematica.

#### Note Introduzione

(1) Per analogia, possono chiamarsi « volute » anche le curve che osserviamo in natura (in certe conchiglie, nelle infiorescenze del girasole, ecc.), perché oggetti concretamente esistenti ed osservabili, oggetti (per così dire) « naturali », cioè appartenenti al mondo fisico.

(2) Questa terminologia (listelli, occhio, ecc.), ci è consentita perché riferita strettamente alle volute joniche, oggetto di questo studio. Essa non sarebbe propria, e potrebbe anzi generare qualche equivoco, se la si volesse estendere a quelle eoliche (v. per es. il capitello della colonna di Larissa sull'Elmo, VI sec. a.C., ora custodito ad Istanbul, nel quale gli elementi decorativi avvolgenti sono numerosi e mancano dell'occhio. Cfr. « La Grecia arcaica » di J. CHARBONNEAUX, R. MARTIN, F. VILLARD, Feltrinelli, Milano, 1969, p. 173).

(3) Il Laocoonte ci sembra essere, fra i molti esempi della scultura, uno dei più significativi di tale ripresa. Ma, per restare nel campo in cui il presente lavoro vuole inserirsi, quello del significato simbolico delle colonne e, più particolarmente, dei capitelli, osserviamo che proprio nel capitello corinzio, dall'interno di una composizione apparentemente serena e complessivamente armonica, sembra, già prima del periodo ellenistico, volersi sprigionare un tumulto di forze vegetali incomposte.

(4) Cfr. S. MARACCHIA: « Aspetti apollinei e faustiani nella matematica greca » (da « Scientia » - Milano, maggio-giugno 1972).

#### I. STUDI, COMMENTI E VERIFICHE ALLE VARIE INTERPRETAZIONI DELLE VOLUTE JONICHE

##### 1 - La voluta nelle decorazioni antiche

La voluta, come elemento decorativo, viene a far parte del repertorio dell'arte classica provenendo dai lontanissimi esempi che fin dalla preistoria appaiono nelle decorazioni rupestri del S.O. della Francia, risalenti al quaternario superiore. Nella sua forma più semplice la si ritrova nelle decorazioni dipinte sulle

ceramiche dell'Egitto pre-faraonico mentre in quelle del Vecchio Regno ricorre su intere superficie (1). Con il probabile significato di continuità vitale, le volute furono caratteristiche delle decorazioni cicladiche e cretesi-micenee, dell'arte preistorica di Malta (2), dei templi megalitici sui quali compaiono dipinte o scolpite; vennero divulgate in tutto il Mediterraneo dal commercio fenicio di oggetti d'esportazione assiri, egiziani, fenici stessi. Anche nella cultura dell'Indo (III Millennio a.C.) si trovano esempi su frammenti di vasi, straordinariamente interessanti.

Dall'Asia Minore ai balcani, dal centro Europa ai bronzi della civiltà scandinava, si può dire che le volute abbiano ispirato, all'inizio dell'Era storica, tutte le varie civiltà. L'uomo se n'era impossessato, per scopi ornamentali, derivandole direttamente dalla natura, ma quando giunsero a far parte di elementi architettonici, vennero ad acquistare un significato simbolico.

##### 2 - La voluta in architettura

Introdotte a terminare gli elementi verticali come motivo ornamentale naturalistico (3), le volute sui capitelli erano in uso corrente nella decorazione dell'orientamento mediterraneo (ove l'albero veniva inteso come simbolo di fertilità) comparendovi dipinte in un primo tempo, in un secondo anche scolpite.

Capitelli frontali a doppia voluta sono stati ritrovati negli scavi di opere coeve al tempio di Re Salomone (4). Anche la Bibbia, descrivendo l'interno del Tempio di Salomone, dice che « i capitelli che erano in cima alle colonne, nel portico, erano fatti a forma di giglio » e che « le volute dei capitelli in cima alle colonne, erano ricoperte da due intrecci » (5).

Variando sia nel numero degli avvolgimenti (uno o poco più presso gli egiziani) che nella disposizione (verso l'alto presso gli assiri) dal periodo pre-ellenico a quello colico, si riscontrano contemporaneamente, a cavallo dei secoli VII e VI, capitelli a voluta verticale (ossia nascente dalla tangente verticale esterna) detti anche a « fiore di giglio » o « di loto », derivati dalle decorazioni fenicie dei X e IX sec., ed a foglie pendenti (ossia con voluta nascente dalla tangente orizzontale superiore).

Il capitello di Neandria (6) derivato appunto dal fiore di giglio — VII sec. — parrebbe il più prossimo a quelli orientali (v. Fig. 1).

Simile appare il capitello proveniente da Mitilene (7), ora nel Museo Archeologico di Istanbul. Infine, nel periodo jonico classico, varia anche la disposizione dell'occhio, che tende ad avvicinarsi sempre più al centro degli avvolgimenti.

Il capitello jonico del vecchio Artemision di Efeso presenta volute ad andamento orizzontale (o a cuscino) ripreso da quelle dipinte o incise su legno (v. Fig. 7 e Fig. 1 b).

Quanto detto fa supporre inesatto ritenere che la voluta jonica sia stata ispirata dall'acconciatura femminile, equivoco forse dovuto alla descrizione di Vitruvio [2] che, per spiegarne la configurazione, parla di cuscini e festoni — o ghirlande — come di « capelli disposti ad ornare la fronte » (8).

La forma della voluta venne resa canonica in Attica a partire dal V secolo.

Studi su tali volute sono stati condotti da moltissimi ricercatori, la gran parte preclari. Secondo C. Tiberi la ricerca di relazioni geometriche è stata spesso condotta e spinta lontano dalla realtà (9).

Alcuni affermano che gli architetti dell'età di Pericle formavano una specie di setta esoterica che studiava i problemi dell'architettura in riferimento a quelli matematici. D'altro canto l'interesse dei Greci per la geometria e l'aritmetica, per i problemi di tecnica artistica e per gli artisti più illustri, si rivela in ogni campo dell'arte (e quindi in architettura che — arte applicata — diviene scienza) poco dopo il sorgere di alcuni monumenti fra i più significativi, in margine non tanto ai problemi estetico-filosofici quanto a quelli matematico-geometrici; i trattatisti dell'epoca infatti perseguirono intenti teorico-pratici e tecnico-professionali, [5] e (10). Molti studi hanno rilevato nei templi la presenza di proporzioni aritmetiche, geometriche e della sezione aurea; se ne deduce che le nozioni matematiche che i Greci possedevano, erano uno strumento valido nelle mani degli architetti e si può pensare, inversamente, che le esigenze costruttive o le intuizioni degli architetti siano state un valido incitamento allo sviluppo della matematica greca (11).

Data l'esigenza di estrema precisione e teorizzazione della matematica greca, è da presumere che gli architetti abbiano cercato di entrare nei più minuti dettagli matematici delle costruzioni ed i suddetti dettagli, dal canto loro, suggerirono certamente problemi per molti dei quali poté verificarsi una certa collaborazione da parte dei più illustri matematici dell'epoca. Se di quei problemi alcuni non poterono essere risolti a causa di particolari difficoltà, si può ritenere che essi si siano tramandati ai matematici delle generazioni successive, che da questi siano stati analizzati e, in caso di difficoltà ritenute insormontabili, abbiano dato corso a problemi particolari che dovettero apparire accessibili, se pure ardui, e soprattutto con significato propedeutico.

È certo comunque che, fin dal VI sec. a.C., con Chersiphron, hanno inizio opere sulle proporzioni in architettura, cui si dedicarono Ictino, Pytheos, Hermogenes l'opera del quale, andata perduta come le altre, ci viene riferita da Vitruvio che ne condivise le opinioni, unitamente a quelle di Silenus (sulla simmetria degli ordini dorici) e di Filone (sugli edifici sacri e profani) (12).

Nell'intento di scoprire fino a che punto gli architetti greci (che, per quanto dianzi riferito, dovevano possedere, nel contesto storico, sociale e tecnologico del tempo, una coscienza e puntuale cultura geometrica) espressero le loro opere basandosi su principi astratti di geometria (studi di Wedepohl) (13), si susseguirono attraverso i secoli, a partire soprattutto dal Rinascimento, numerosissime traduzioni, interpretazioni e misurazioni delle descrizioni riportate da Vitruvio (14).

Tralasciando la sottofase di tali studi fino ad A. Palladio (ca. 1570), in cui si ribadiscono i concetti di « simmetria » e di « analogia » in senso greco (σύμμετρος = appropriato, conveniente; αναλογία = proporzione, tradotte in latino da Plinio il Vecchio (15) en-

trambe con il termine « commisuratio » peraltro usato anche da Vitruvio), ricordiamo le due costruzioni proposte, sui capitelli jonici romani, da Jacopo Barozzi da Vignola (nel periodo 1562-1585.v. (16)), che rielabora le regole di Vitruvio in chiave prospettica (17).

Nel '700 riprendono alacri ricerche: fra queste menzioniamo quelle riportate dal Poleni [6] sulle « Exercitationes Vitruvianae I » (di Salvati (18), di Goldmann [7], che applica la sua ricerca alla voluta dell'Eretteo, di Bertano (19) ecc.), nonché quelle, coincidenti in parte, riferite da Stratico (20).

Ma la stessa « Encyclopédie » riporta che « pur avendo molti architetti ricercato il metodo di tracciamento delle volute joniche, per ritrovare le forme perfette che si riscontrano nei capitelli antichi, s'ignora finora (1700) come gli antichi hanno fatto per tracciare questo bell'ornamento » (21).

Sono risultate tante soluzioni fra cui quella proposta dal Goldmann per la voluta dell'Eretteo, molto precisa ma complicata, che dà altresì le due volute esterna ed interna. La stessa costruzione viene riportata dal Larousse (22) sotto la voce « volute ». In ogni caso i raffronti da noi operati evidenziano quanto la voluta di Goldmann si discosti da quella dell'Eretteo schematizzata sulle tavole del Ventura (23) e quotata in centimetri, così come da quella del Tincolini (24) quotata in parti modulari con modulo suddiviso in trentesimi (le due comunque si differenziano per quantità sia pur minime che, raffrontate, si aggirano attorno al mezzo centimetro) ed infine da quelle dell'Eretteo di Athena Polias minuziosamente rilevate e disegnate da Stuart e Revett (25).

Comunque, essendo il capitello jonico per sua natura troppo fragile e soggetto a rotture, gli studi, da Vitruvio in poi, furono condotti su esempi ellenistici e romani. Sembra comprovato che, dopo Vitruvio, tali volute venissero tracciate con il compasso. Un capitello greco, riprodotto da Stuart, fornisce analoghe indicazioni (Choisy [9]) (26). D'altra parte Selva (27) riferisce che Palladio ebbe modo di constatare che un capitello non finito in cui la voluta era stata appena abbozzata, riportava i segni di 13 centri. Secondo altri pare che tale episodio sia invece occorso a De l'Orme (28) osservando un capitello incompiuto riutilizzato in St. Maria in Trastevere. (Si ricorda che l'occhio della voluta veniva di solito rifinito con l'inserimento di un bottone decorativo, a volte di bronzo).

Bertano, che dà una più semplice soluzione a quattro centri, è, secondo Stratico, lo scopritore, negli Orti di S. Bartolomeo, di un esempio con 4 centri nei 4 nuclei dei 4 quadranti (Cavallari-Murat) (29).

Se si realizzano graficamente tali descrizioni, si ottengono risultati alquanto discordi e comunque sempre lontani dalle misure riportate dai citati Ventura, Tincolini riferentisi al capitello jonico dell'Eretteo e dai rilievi di Stuart e Revett.

Va detto che in ogni caso, in epoca recente e su reperti classici anche Hambidge [11] notò che nell'occhio della voluta v'erano spesso segni che denotano in modo inconfutabile l'uso del compasso, sia negli esemplari del museo britannico, sia tra i capitelli incompiuti dei Propilei di Priene (v. nota (30) e Fig. 2).

In effetti esiste qualche esempio di capitello antico che presenta tracce di centri nell'occhio della voluta:

il viaggiatore Chandler ne ricorda uno in Atene <sup>(31)</sup>, così come Stuart e Revett <sup>(32)</sup> uno facente parte d'un portico romano, nei pressi del monumento a Lisicrate.

Esempi paralleli sono forniti da un capitello di Efeso e da un altro di Priene studiati da Lethaby <sup>(33)</sup> ed in seguito da Middleton <sup>(34)</sup>. D. Constantinides <sup>(35)</sup>, dichiara di aver avuto la soddisfazione di notare alcune tracce sull'occhio delle volute di due capitelli presso l'attuale porta laterale di accesso all'Acropoli di Atene, proprio sotto il bastione del tempio di Athena Nike, inoltre riporta il rilievo di un capitello di Delo, (v. Fig. n. 3), il meglio conservato di alcuni da lui ritrovati, che par però risalire al I o II sec. a.C. Esso presenta centri disposti lungo due diametri perpendicolari dell'occhio, inclinati di 45° rispetto all'orizzontale, e sembrano quindi confermare le indicazioni fornite successivamente da Vitruvio.

Questi pochi esempi, raccolti nel corso delle nostre consultazioni, non sono sufficienti per fondare una teoria generale, valida per la totalità dei monumenti antichi. È forse opportuno ricordare che Hambidge sostiene che Vitruvio non poteva essere e conoscenza dei modi di proporzionamento usati dai Greci del periodo classico, né i Greci suoi contemporanei potevano riferirgli altro che metodi di proporzionamento induttivi. Inoltre, sempre secondo Hambidge, Vitruvio, ben lontano dallo spirito matematico greco, con la praticità propria del carattere romano, aveva assunto per le sue proporzioni valori approssimati ai rapporti semplici <sup>(36)</sup>.

Al contrario Moe <sup>(37)</sup> deduce da Vitruvio principi di similitudine e proporzionamento usati dai Greci, riscontrandoli nelle analisi di alcune opere greche classiche, arrivando a sostenere che i canoni vitruviani *sembrano* non potersi adattare alle opere classiche, solamente perché le regole da lui proposte non furono giustamente interpretate: il modulo base ad esempio non fu sempre fatto coincidere con il raggio della colonna all'imoscapo, ma a volte con il raggio medio della colonna <sup>(38)</sup>.

Contro il concetto di modulo identificabile con il raggio della colonna, sia esso preso alla base o meno, si schiera Funk Hellet <sup>(39)</sup> che sostiene essere invece la « Charge » l'unico elemento che l'architetto può e deve conoscere a priori e sul quale quindi può valutare le dimensioni degli elementi portanti e di tutto il resto. Ciò sarebbe avvalorato dal fatto che la gran parte dei monumenti classici presenta un asse di simmetria.

Fra le ultime ricerche condotte sulle volute del capitello jonico, citiamo quella operata su di un capitello del Monumento alle Nereidi di Xanthos, da P. Coupel e P. Demargne <sup>(40)</sup>.

Essi tentano di ricostruire a posteriori il metodo di Vitruvio ed applicano, sia alla figura descritta dai centri via via definiti, sia alla spirale della voluta, un procedimento grafico semplice (basato sul principio della rappresentazione grafica della spirale), che evidenzia i valori successivi di accrescimento del vettore generatore della spirale. Tali valori, riportati su di un grafico, permettono di studiarne le variazioni corrispondenti agli angoli di 30° in 30°, facilitando in tal modo confronti o raggruppamenti tipologici.

#### 4 - Formulazione dei problemi allo stato attuale delle ricerche

A questo punto i problemi che si tratterebbe di risolvere (o che si potrebbero approfondire) sono:

1) Era, all'epoca, già stata definita matematicamente una spirale cui può essere approssimata la voluta dei capitelli ionici classici?

2) Fu, in epoca illuministica, matematicamente definita una spirale che può approssimarsi a tali volute?

Penrose [12] la definisce come logaritmica ed arrivò a realizzare un apparecchio per il suo tracciamento che chiamò elicografo e che fu esposto al Cristal Palace <sup>(41)</sup>. Tale complicato metodo viene però rifiutato da Hambidge che, dopo aver accuratamente misurato, calcolato e definito i vari vasi greci, trasferisce lo studio dei rettangoli e loro reciproci sul Partenone, teorizzando in modo tale che per pochi millimetri le misure dei suoi rapporti differiscono da quelle scrupolosamente rilevate sul posto da Penrose <sup>(42)</sup>.

I rettangoli circoscritti all'elemento studiato ed i loro reciproci, vanno progressivamente chiudendosi attorno ad un centro ed Hambidge verifica tale costruzione sulla voluta dell'antefissa del Partenone e su quella di un capitello di Efeso.

In epoca recente, l'americano R. C. Jates <sup>(43)</sup> asserisce che « insieme alle altre spirali, il "lituus" (di Cotes - 1722) è usato come voluta nel disegno architettonico ».

3) Constatato il notevole scostamento di tali spirali teoriche dagli originali presi in considerazione, è possibile oggi, con i nuovi sistemi fotorilevatori, se mai la risposta alla domanda precedente fosse negativa, riconoscere o *trovare* una spirale matematica, rispondente alle caratteristiche delle volute di tali originali?

Spogliandosi delle sensazioni e della razionalizzazione, ma applicando la razionalità per condurre sperimentalmente una indagine conoscitiva, si riscontrano variazioni fenomeniche e singolarità, ripetizioni e ricorsi armoniosi, che vanno a costituire uno dei solchi per le ricerche che ancora si possono operare. Si potrà arrivare così a definire una qualche regola matematica.

Nella seconda parte si condurrà appunto una indagine che, per qualche verso, darà risultati alquanto curiosi.

#### Note I Capitolo

(1) V. [1] Vol. XII voce « voluta ».

(2) Esempio di voluta visibilmente archimedea è quello che compare sulla lapide frontale del tempio preistorico di Tarxien, risalente al III millennio a.C. (culto della « Dea Madre » proveniente probabilmente dall'oriente mesopotamico). E. O. YAMES: « Nascita della Religione » ed. Mondadori, « Il Saggiatore », Milano, 1969, v. pp. 154-156.

(3) Ricordiamo che i primi templi furono costruzioni lignee, costituite quindi da pali, fusti di alberi, infissi nel terreno.

(4) Vedi A. CIASCA: « Il Capitello detto eolico in Etruria », Sansoni, Firenze, 1962, p. 16.

(5) I Re VII, 19-22 (41-42; II Cron. IV, 12-13).

(6) Neandria: antica città della Troade, forse colonia eolica.

(7) Mitilene: città della costa orientale dell'isola di Lesbo, sul canale omonimo.

(8) M. VON GROOTE: « Die Entstehung des Ionischen Kapitells... », Strasburgo, 1905, p. 23: « Vitruvio » IV, 1.7. (capitelli) « Basi spiram supposuerunt pro calceo, capitulo volutas uti capillamento concrispatos cincinnos praepondentes dextra ac sinistra conlocaverunt et cymatiis et encarpis pro crinibus dispositis frontes ornaverunt truncoque toto strias uti stolarum rugas matronali more demiserunt »

(9) V. [3]. Tiberi rileva, nella nota 24 di p. 143, di ritenere che allo stato attuale il rischio di sbagliare sia inevitabile ma « che gli errori, quando se ne ha coscienza, siano veri e propri strumenti di lavoro, impulsivi alla ricerca ed al chiarimento ». Afferma peraltro di tenerli quando senza ragionevole diritto, si fanno passare per verità accertate.

(10) V. [4] tomo XIV voce « Trattatistica » p. 85 e seg. ed inoltre « Archeologia » nell'« Enciclopedia Feltrinelli-Fischer » I ed. pp. 268-278.

(11) I Greci avevano assunto dalla Mesopotamia e dall'Egitto un vasto patrimonio di conoscenze tecniche e scientifiche che, spinti da forte desiderio di rinnovamento, svilupparono con grande incremento delle scienze, in particolare matematiche. Secondo le testimonianze di Proclo di Costantinopoli (412-485 d.C.) Talete (VII-VI a.C.), dopo aver compiuto numerosi viaggi in Egitto, introdusse in Grecia lo studio della geometria, apportando egli stesso alcune innovazioni ma soprattutto impostando alcuni principi, taluni più astratti, talaltri più concreti, che indussero i suoi successori ad altre scoperte. Gli si attribuiscono alcuni teoremi che probabilmente egli non formulò né dimostrò come tali, ma che poterono essere semplici intuizioni di relazioni determinate da rapporti puramente estetici o di simmetria. Tuttavia tali teoremi sono ritenuti affermazioni universali e costituiscono le basi della geometria razionale. In essi infatti l'oggetto non viene più considerato singolarmente, come era consuetudine presso gli Egizi ed i Babilonesi, ma nel contesto della classe cui appartiene, ricavandone razionalmente le proprietà: si passa così da un pensiero concreto ad uno formalizzato.

(12) CHERSIPHON: architetto di Cnosso, Creta, inizio VI sec. a.C., cominciò con il figlio Metagenes la costruzione del primo Artemision di Efeso (v. [4] 14° p. 86).

ICTINO: architetto greco, forse ateniese, della seconda metà del V sec.; contribuì, non si sa bene in quale misura, alla costruzione del Partenone, progettò il Telestérion di Eleusi e il tempio di Apollo a Basse (v. [1] 5° p. 856).

PYTHEOS: architetto greco del IV sec.

HERMOGENES DI PRIENE: architetto greco (III-II sec.); opere: Ara a Magnesia e Leukophryene, tempio di Artemide a Priene, tempio di Dionysos a Teos, di Zeus Sisipolis a Magnesia.

FILONE DI ELEUSI: architetto greco (II metà del IV sec.). Gli si attribuiscono l'arsenale del Pireo, il vestibolo del Telestérion di Eleusi, sui quali scrisse commentari riferiti da Vitruvio e da Valerio Massimo.

SILENUS: architetto greco citato da Vitruvio quale autore di un'opera sulle « symmetriae » del tempio dorico.

(13) E. WEDEPOHL, v. [3] p. 119 e seg., 124, 142, 143 (note 5, 6, 25, 26): « Fondamento delle misure e misura delle fondamenta ».

(14) Riguardo all'ordine jonico è particolarmente indicativo il III libro del « De Architectura » nel quale, secondo Rhys Carpenter, V. avrebbe riportato le proporzioni generali di tale ordine rifacendosi al trattato di Pytheos sul Mausoleo di Alicarnasso e sul tempio di Athena in Priene, ambedue del IV sec. a.C., mentre le strutture e le proporzioni del capitello si ispirerebbero alle tradizioni architettoniche del tardo periodo ellenistico, in Asia Minore. Vedi [4] tomo XIV voce « Vitruvius ».

(15) Scrittore latino del I sec. d.C., in epoca traianea. Riprende da Vitruvio.

(16) Vedi [5] tavole XVII e XVIII.

(17) È utile ricordare che la prospettiva aveva provocato già in Grecia una intensa elaborazione teorica — matematica, filosofica, estetica ed artistica — dopo la conquista dello « scorcio » fatta dagli artisti dei primi del V sec. a.C. Risalgono a quell'epoca applicazioni e trattati di Polignoto, Agatarcho di Samo, Anassagora, Democrito, ecc. Il maestro di Apelles, Pamphilos di Amphipolis, fondò a Sicione (ca. 360 a.C.) una Scuola di Pittura che basava gli studi propedeutici dell'Arte sulla matematica e sulla geometria. Al centro della ricerca dell'Arte fiorentina del '400, alla prospettiva si dedicarono con particolare zelo Brunelleschi, L. B. Alberti, Piero della Francesca, Leonardo. In Vignola dunque la pro-

porzione (più che essere definita matematicamente nella realtà non come viene misurata dallo strumento ma come appare alla vista) inizia a sfumare in « armonia » percepita (v. [1] vol. IX voce « prospettiva »).

(18) G. SALVIATI: « Regola per fare la voluta del capitello jonico », Venezia, 1552 (v. [6] p. 303).

(19) Per GOLDMANN, v. [6] p. 313; BERTANO: « Gli oscuri e difficilissimi passi dell'opera di Vitruvio », Mantova, 1558 e v. anche [6] p. 339.

(20) SIMONE STRATICO (1733-1824), continuatore del progetto iniziato nel 1733 da Giovanni Poleni, condotto fino al 1824 e quindi proseguito e concluso dal collaboratore Pontedera.

(21) Vedi « Dictionnaire des Sciences », Supplément à « l'Encyclopédie », Amsterdam, 1777 chez M. M. Rey lib., tomo IV voce « volute » a p. 995.

(22) PIERRE LAROUSSE: « Grand Dictionnaire universel du XIX siècle » Paris, Larousse e Boyer 1866-77, vol. XV, p. 1187.

(23) VENTURA ACHILLE: « Particolari di architettura classica », C. Crudo e C., Torino.

(24) TINCOLINI PIETRO, arch. sec. XIX: « Comparazione degli ordini di architettura antichi e moderni » Litografia G. Crivelli, Firenze, 1895 - tav. XIII.

(25) Vedi [8], tav. XXVIII e segg. del Cap. II delle tavole.

(26) Vedi [9], Capitelli: vol. I p. 280 e seg.

(27) GIANNANTONIO SELVA (1751-1819): dissertazione nella I. R. Accademia di Belle Arti di Venezia, stampata a Padova nel 1814, con il titolo: « Delle differenti maniere di descrivere la voluta jonica e particolarmente delle regole ritrovate da Giuseppe Porta detto Salviati, con alcune riflessioni sul capitello jonico ».

(28) PH. DE L'ORME, autore nel 1568, a Parigi, di « Architecture ».

(29) Vedi [10], p. 452.

(30) Vedi [11] p. 74, figg. 85 e 86. L'illustrazione è ricavata dalla trattazione sulla voluta del capitello di Efeso, ove l'occhio mostra i segni del compasso sulle diagonali del rettangolo, quasi regolare. Tale costruzione si rifà peraltro a quella disegnata dal Piacenza (Pietro Giovanni, ingegnere e architetto collegiato in Milano), tracciamento proposto nel 1795 e riportato da S. Stratico nella sua II esercitazione vitruviana. Per questo v. [10], fig. 4 dopo p. 452.

(31) Citazione di W. R. LETHABY: « Greek buildings represented by fragments in the British Museum », London, 1908, p. 205.

(32) Vedi [8], III, ch. 7 pl. XXXIX, fig. 9.

(33) Vedi (31), p. 204.

(34) JOHN HENRY MIDDLETON: fornì osservazioni di interpretazione magica dell'intera architettura, come pure il Maspéro, il Fergusson, il Bushell (rielaborata poi dal Lethaby).

(35) DEMETRIO CONSTANTINIDES (del comitato dei congressi di Storia dell'Architettura di Atene (Καθηγητής E. M. II), XVI congresso 29 sett. 5 ott. 1969) opera consultata in proposito: « À propos d'un chapiteau de Délos: le problème du tracé des volutes ioniques dans l'antiquité » Bulletin de correspondance hellénique, suppl. I « Etudes déliennes », 1973, pp. 142 e 145, figg. 6 e 7, 10 e 12.

(36) Vedi [11] e la prefazione di C. BAIRATI a « Proporzioni Elleniche » (Il rilievo del Partenone e la sua interpretazione geometrica secondo le teorie di Tay Hambidge) di Enrico Pellegrini - Edizioni dei quaderni in bianco e nero, n. 4, 1961 p. 6.

(37) C. J. MOE, studioso norvegese, autore fra l'altro de « I numeri di Vitruvio », Milano, edizioni del Milione, 1945.

(38) Altri esempi si riscontrano nel ricorso a determinati valori numerici (tradizione pitagorica?). Uno di questi è il numero 27, impiegato dogmaticamente da Vitruvio ma per i Greci numero ideale, applicato a ragion veduta, con individuale elasticità, (v. Moe loc. cit. p. 59).

Inoltre si ricorda che per MODULO — da modulus, diminutivo di modus = misura — s'intende, alla latina, misura, forma, esemplare, elemento fisso. Suddiviso in sottomultipli nelle opere teoriche dei trattatisti rinascimentali, poté approssimarsi in misura maggiore o minore, a seconda proprio del maggiore o minore numero di suddivisioni, alle più piccole porzioni delle membrature. Vignola stabilì 12 parti per gli ordini più semplici, 18 per gli altri. Nell'800 Tincolini, Stuart e Revett, suddividono il modulo, come si è detto, in trentesimi.

(39) FUNK HELLET: « *de la Proportion* » (L'Equerres des Maîtres d'Oeuvre) Paris-Vincent Freal e C., 1951, p. 23. Per « charge » l'autore intende la capienza, il carico, le possibilità dell'edificio.

(40) Vedi « *Le monument des Nereides - L'architecture* » da *Fouilles de Xanthos*, 3, Parigi, 1969. Cfr. *Enciclopedia dell'arte antica, classica e orientale*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Atlante dei complessi figurati, tav. 315 e pagine 23 e 24.

(41) Il Palazzo tutto in ferro e vetro, eretto a Londra in Hyde-Park, per l'esposizione universale del 1851 e trasportato in seguito a Sydenham, a 14 km da Londra.

(42) Vedi ENRICO PELLEGRINI, opera citata in nota (35), alla p. 36.

(43) « *A handbook on curves and their properties* », ed. J. W. Edwards - Ann Arbor 1947 - Michigan U.S.A. pagine 212-213.

## II. ESISTENZA DI REGOLE MATEMATICHE NEL DISEGNO DELLE VOLUTE JONICHE NELLA GRECIA CLASSICA

### 1 - *Dalla libera creatività dell'epoca classica alla codificazione di Vitruvio: generalità*

Affronteremo in questo secondo capitolo il primo dei due problemi enunciati in I. 4) e questioni connesse. È già stato affermato che « la forma della voluta venne resa canonica in Attica a partire dal V sec. » (v. I. 2), e che certamente « fin dal VI sec., con Chersiphron, iniziano opere sulle proporzioni in architettura, cui si dedicarono Ictino, Pytheos, Hermogenes ». L'opera di questo « andata perduta come le altre », ci viene riferita da Vitruvio che ne condivise le opinioni. Ma ciò non significa affatto che già in epoca classica, il tracciamento delle volute fosse stato codificato in tutti i dettagli. Anzi proprio i rilievi fatti, con straordinaria, ammirevole accuratezza da molti studiosi nell'ultimo secolo, su capitelli jonici di quell'epoca, sembrano dimostrare che la codificazione che ci interessa fosse ancora ad uno stadio, per così dire, embrionale. Con ciò possiamo già rispondere negativamente al primo problema ora richiamato, come crediamo che risulterà evidente nelle pagine seguenti. Tuttavia, volendo scendere in profondità, il discorso comincia proprio a questo punto (1).

Vitruvio ci tramanda delle costruzioni geometricamente ben determinate che, attraverso le varie interpretazioni già accennate (v. I. 3) datene dal Cesariano, dal Vignola, dal Palladio, dal Goldmann e da altri eseti fra i secoli XVI e XVIII, definiscono delle spirali formate da successivi archi di circonferenza. Si potrebbe azzardare che, come i poligoni regolari iscritti in una circonferenza sono figure approssimanti, secondo una regola perfettamente determinata, della circonferenza stessa, così ciascuna delle interpretazioni possa definirsi come figura approssimata, in un certo stadio di approssimazione, di una certa spirale matematicamente ben definita. E tuttavia ciò appare estremamente lontano dalla realtà come i rilievi, di cui sopra, ce la presentano.

Anzi si è portati a ritenere che *le volute dei capitelli jonici dell'epoca classica furono disegnate con tutta la libertà di un estro artistico che ignorò le regole matematiche; oppure, se ne seguì alcune, coscientemente o no le tenne nascoste.*

Insomma noi ci siamo convinti che la codificazione tramandataci da Vitruvio, andò maturando in epoca più tarda, forse soltanto in epoca ellenistica, se pur non fu (limitatamente alle volute joniche, s'intende) opera di Vitruvio stesso. Tutto ciò, lo ripetiamo, a prescindere dalla forma complessiva delle volute.

### 2 - *La ricerca di regole costruttive nell'epoca classica: Posizione del problema*

Riconoscendo la libertà dell'estro artistico nel disegno delle volute joniche nell'epoca classica, sappiamo di non dire una cosa nuova. Ma ciò che crediamo nuovo, è il rovescio della medaglia: cioè il riconoscimento di effettive regole che allora si seguirono, coscientemente o no.

Abbiamo dunque escogitato un semplice metodo d'indagine che vince ogni possibile illusione ottica rivelando le regolarità nascoste nel disegno. E la conclusione cui siamo potuti giungere con questo metodo, è che le regolarità sono abbastanza rilevanti, tanto da far supporre che esse possano essere state accuratamente cercate e studiate. In relazione a queste ricerche è però opportuno premettere alcune considerazioni di fatto, che gioveranno all'attendibilità del nostro discorso.

### 3 - *I due diagrammi cartesiani che corrispondono ad una stessa voluta*

Si ritiene che, nella costruzione di un tempio o di un qualunque edificio artistico, il progettista della Grecia classica, qualunque fosse il suo valore, non fosse egli stesso l'esecutore materiale dei dettagli ornamentali. In particolare, è da ritenere che il progettista fornisse agli esecutori un modello di capitelli, da copiare tante volte quante occorreva (2). Il modello poteva essere in legno e doveva essere stato scalpellato, diciamo così, ad occhio; veniva poi affidato, per le copie, agli allievi del maestro ed eventualmente agli scalpellini. Si spiegano così le differenze, anche notevoli, fra un capitello e l'altro di uno stesso edificio: è infatti del tutto naturale che ciascun allievo fosse portato ad introdurre, nelle copie a lui affidate dal maestro, qualche accorgimento per operare una esecuzione aderente il più possibile al modello e che agli scalpellini si prescrivessero delle regole pratiche e facili da applicarsi. Fra queste, ad es., la regola di disegnare volute per archi di cerchi successivi. Ciò può dar spiegazione dell'esistenza di forellini puntiformi in alcuni reperti archeologici ben noti (vedi Fig. 3) entro l'occhio delle volute, corrispondenti alle probabili tracce delle punte del compasso che servirono da centri per i successivi archi di voluta.

Abbiamo pertanto cercato di prescindere da dettagli tecnici di tal genere sembrandoci di poter precisare il nostro problema col *rilevare le regolarità metriche effettive* osservate in dieci volute di alcuni capitelli dell'epoca, *valutarle quantitativamente e confrontarle fra loro, per edifici che furono costruiti anche in luoghi lontani e a notevole distanza di tempo l'uno dall'altro.*

Le tappe percorse sono le seguenti:

1) Rappresentare anzitutto la voluta in esame, con una coppia di coordinate polari  $\theta$  (argomento),  $\rho$  (modulo o raggio vettore) delle quali il centro dell'occhio occupi il polo O e l'asse polare sia opportunamente scelto (in direzione, per lo più, orizzontale o verticale).

2) Se  $\rho = \rho(\theta)$  è la dipendenza funzionale definita dalla voluta, « tradurre » tale dipendenza nel tracciamento di due diagrammi cartesiani ortogonali, assumendo nel primo  $\theta$  e  $\rho$  rispettivamente come ascissa ed ordinata, nel II invece  $\theta$  e  $\varphi = \text{artg} \frac{\rho'}{\rho}$ .

Chiameremo  $\varphi$  « eccedenza angolare » (in quanto la tangente alla voluta nel punto corrente P, forma col raggio vettore OP un angolo che « eccede » di  $\varphi$  sull'angolo retto). Il significato di questo secondo diagramma è evidente, come mostra la figura 4.

Se P è il punto corrente della voluta e P' è il punto ad esso infinitamente vicino, risulta subito (indicando con la punteggiatura PQ l'archetto elementare di circonferenza di centro O e raggio OP):

$$\widehat{PQ} = \rho d\theta, \quad \overline{QP'} = d\rho, \quad \text{tg} \widehat{QPP'} = \overline{QP'}/\widehat{PQ},$$

dunque

$$\text{tg} \varphi = d\rho/\rho d\theta = \rho'/\rho.$$

Le unità di misura, sui due assi e in entrambi i diagrammi cartesiani sono state scelte opportunamente:  $\varphi$  e  $\theta$  in gradi sessagesimali,  $\rho$  in decimi del raggio dell'occhio.

La nostra scelta dei due diagrammi si è basata sul criterio, semplice ed intuitivo, di mettere in evidenza, oltre ovviamente alla diretta dipendenza  $\rho = \rho(\theta)$  (I diagramma cartesiano = I dc.), anche quella, sempre in funzione di  $\theta$ , dell'angolo che la tangente alla voluta forma, nel punto corrente, con la perpendicolare al raggio vettore (II diagramma cartesiano = II dc.) (3).

Osserviamo incidentalmente che il I dc., per una spirale archimedeica  $\rho = a\theta$ , è una semiretta uscente dall'origine, il II dc. è la curva  $\varphi = \text{artg} 1/\theta$  (Fig. 5). Per una spirale logaritmica  $\rho = a e^{b\theta}$ , il I dc. è una curva esponenziale, il II dc. è la retta parallela all'asse, di ordinata  $\varphi = \text{artg} b$ . Comunque sia, la nostra scelta è stata orientata dal desiderio di annullare le illusioni ottiche, per le volute prese in esame, quindi scoprire le ragioni dell'« incanto estetico ».

Le particolarità del I dc. compiranno l'ufficio di rilevare come e quanto singoli archi di voluta si avvicineranno all'andamento archimedeo (tratti sensibilmente rettilinei del diagramma). Le particolarità del II dc. riveleranno invece come e quanto singoli archi di voluta si avvicineranno all'andamento logaritmico (tratti sensibilmente rettilinei ed orizzontali del diagramma (4)). Scopriremo anche (fatto assai singolare!) l'esistenza di coppie di archi, corrispondenti ad intervalli della variabile indipendente  $\theta$  sfasati esattamente di  $360^\circ$ , fra loro omotetici di centro il polo O (5).

A questo proposito osserviamo subito che i II dc. presenteranno necessariamente, quando applicati ai rilievi, una grande sensibilità alle variazioni di *carat-*

*tere locale*, quindi anche alle alterazioni che le volute hanno subito dalle offese dei secoli e dei millenni trascorsi.

Tale non sarà il caso del I dc., al quale si potrebbe anche pervenire dal II dc. mediante una opportuna integrazione (operazione che, com'è ben noto, ha l'effetto di « fondere », per così dire, le alterazioni locali). Infatti, integrando l'equazione differenziale

$$\frac{\rho'}{\rho} d\theta = \text{tg} \varphi d\theta,$$

nella funzione incognita  $\rho$ , si ottiene l'integrale generale

$$\rho = \rho_0 e^{\int_{\theta_0}^{\theta} \text{tg} \varphi d\theta} \quad (6).$$

Applicati alle restituzioni, i II dc. avranno in generale andamenti meno capricciosi: si può addirittura affermare che un II dc. ad andamento « dolce », cioè poco accidentato, sarà in generale un indice della bontà della restituzione. Fatto, questo, da segnalarsi come una spada a doppio taglio, nel senso che un dolce II dc. relativo ad una restituzione, può dipendere sì da una correzione che il restitutore ha apportato alle offese del tempo (restauro) (7), ma anche invece da un'alterazione fatta dal restauratore stesso all'opera dell'artefice: alterazione inopportuna, perché non si può mai sapere se essa vada contro la mano dell'artefice o no.

Le restituzioni corrono sempre il pericolo di essere operazioni filologicamente inadeguate.

Perciò noi non ci siamo accontentati di compiere le nostre analisi soltanto su delle restituzioni (queste scegliendo ovviamente solo fra quelle che ci sono sembrate di altissima precisione), ma anche su veri e propri rilievi.

Riconosciamo che questi sono stati troppo pochi, per far testo: due soli capitelli per un totale di 3 volute, rilevati mediante fotografie abbastanza grandi ed in posizione opportuna, una delle quali (capitello di Efeso) presa in loco da uno di noi.

Per poter tracciare il II dc. con maggior approssimazione, si è tracciato anche, per tutte le volute, quello che chiamiamo il « grafico polare di ricerca » il quale consiste nel confrontare la totalità delle tangenti alla voluta con la poligonale iscritta nella voluta stessa, avente i vertici susseguentisi di  $30^\circ$  in  $30^\circ$ . Il confronto ha dato un risultato che vale la pena di segnalare: negli archi sottesi dai lati delle poligonali, le tangenti parallele ai detti lati (e ovviamente più distanti dai medesimi) toccano gli archi stessi sempre (tranne rarissime eccezioni) nei punti di argomento medio.

Abbiamo fatto quanto eravamo in grado di fare. Nei rilievi abbiamo anche tentato qualche « analisi differenziale » (o « locale »), cioè delle analisi più minute ottenute ingrandendo le fotografie ed infittendo i valori di  $\varphi$  negli intorni di punti opportuni (v. ad es. analisi n. 2).

Non possiamo dire che tali analisi differenziali abbiano dato grandi risultati: ad ogni modo esse hanno permesso di scoprire talune periodicità di carattere locale, indubbiamente singolari (8).

#### 4 - L'analisi dei due diagrammi cartesiani

I risultati delle nostre indagini possono leggersi sulle tavole che seguono <sup>(9)</sup> riferendosi alle seguenti analisi:

- Analisi n. 1 - relativa alla voluta destra del capitello del vecchio Artemision di Efeso, ora presso il locale museo, ricavata da una fotografia da noi appositamente effettuata sul posto (anch'essa riprodotta);
- Analisi n. 2 - relativa alla voluta sinistra dello stesso capitello;
- Analisi n. 3 - voluta destra di un capitello jonico con decorazione dipinta, conservato nel Museo Nazionale di Atene, proveniente da quella Agora e risalente ad epoca classica. Studio questo espletato anch'esso sulla fotografia;
- Analisi n. 4 - voluta destra del capitello n. 1 del portico prostilo della cella del tempio di Athena di Paestum, rilevata da Krauss (studio espletato sulla copia del disegno originale);
- Analisi n. 5 - voluta sinistra dello stesso capitello;
- Analisi n. 6 - voluta destra del capitello n. 2 dello stesso monumento;
- Analisi n. 7 - voluta sinistra del capitello n. 2 dello stesso monumento;
- Analisi n. 8 - voluta destra di uno dei capitelli intermedi della facciata occidentale del tempio di Minerva Poliade, rilevata da Revett e Stuart, corredata di misure lungo i diametri a 45°;
- Analisi n. 9 - voluta frontale del capitello angolare dello stesso tempio;
- Analisi n. 10 - voluta destra del capitello dello Eretteo, sempre rilevata da Revett e Stuart.

Abbiamo quindi un totale di 10 analisi su altrettante volute <sup>(10)</sup>.

Ed ecco le numerose regolarità che, su questi I e II dc., si possono cogliere a vista, e che comunque vengono elencate specificatamente nelle tabellazioni che accompagnano sia le figure che i diagrammi stessi.

a) In ognuna delle volute esaminate, si riscontra una certa periodicità di periodo 360°, entro settori angolari di varia ampiezza, con vertici nel polo. Si tratta di archi di volute fra loro sensibilmente omotetici ( $\varphi$  periodico) <sup>(11)</sup>.

b) Alcuni degli archi sono molto vicini ad archi di circonferenza, concentrici in O.

c) In alcuni punti si riscontrano massimi e minimi relativi, per la funzione  $\varphi = \varphi(\theta)$ ; attorno ad alcuni di tali valori sono state condotte, relativamente alle documentazioni fotografiche, indagini differenziali, riducendo l'intervallo fra una misurazione e l'altra a limiti di un grado o due.

d) Quasi tutte le volute esaminate presentano una leggera contrazione relativa di  $\varphi(\theta)$ , secondo varie direzioni.

Nella voluta destra di Efeso ad esempio (analisi n. 1) tale contrazione è rilevabile anche ad occhio nel settore attorno ai 360°, ed il diagramma rivela, in tale posizione, un andamento vicino alla circonferenza, che va impennandosi improvvisamente dai 375° ai 422°. Nella voluta sinistra (analisi n. 2), tale anomalia compare invece nel settore compreso tra i 285° ed i 345°, con un punto che, come abbiamo rilevato, è del tutto anomalo, in corrispondenza dei 300°, punto il cui raggio vettore, pressoché costante in quell'intervallo sul valore di 18,66 decimi di raggio, scende bruscamente a 17,33 (Errore dello scalpellino?).

Sia l'uno che l'altro esempio comunque danno luogo ad un effetto ottico di dilatazione della voluta, lungo gli assi inclinati a 45° sull'orizzontale <sup>(12)</sup>.

#### 5 - Il significato della precedente analisi nella storia dell'arte ed in quella della matematica

Noi riteniamo di poter dedurre, dalle analisi fatte, le seguenti valutazioni:

A) Nella storia dell'architettura greca antica, l'arte ornamentale si sarebbe sviluppata passando gradualmente da un regime di creatività estremamente libera, ad uno di canonizzazione schematizzata (con gli autori del periodo ellenistico seguiti da Vitruvio, ai quali si può poi forse aggiungere Vitruvio stesso). Il rapporto fra i due regimi potrebbe paragonarsi a quello che si riscontra nella storia della lingua: gli schemi riportati da Vitruvio stanno ai capolavori dell'epoca classica come la grammatica italiana sta a quella della lingua usata dal Petrarca. Con ciò noi confermiamo quanto hanno già affermato altri autori [3] <sup>(13)</sup>.

Nel regime di creatività sarebbero state seguite poche regole: quelle elencate ai punti a), b), c), d), del paragrafo precedente, riconosciute come tali dalle varie scuole e, con ogni verosomiglianza, trasmesse oralmente o no e, forse, anche segretamente dall'una all'altra <sup>(14)</sup>.

Un fenomeno storico, questo, di notevole rilevanza e che troverebbe analogia con quanto avvenne, nel campo delle arti figurative, durante il rinascimento italiano. Crediamo che questo risultato sia nuovo.

B) Il prolungarsi del regime di creatività per tutto il periodo classico, la trasmissione (forse anche segreta) delle poche regole relative al disegno delle volute, spiegherebbe il fatto singolare che tale disegno non attirò (per quanto è a nostra conoscenza), l'attenzione dei matematici greci. L'unica voluta che fu studiata nell'antichità greca, fu la più istintiva di tutte: quella che generò la spirale archimedeica. La voluta cioè che colpì l'immaginazione dei matematici, osservando l'avvolgimento delle funi, o dei fili metallici in certi gioielli fin dai tempi più antichi, o di ornamenti di tipo labirintico delle arti cretesi, o fenicie, o cicladiche, o di particolari magico sacrali, anche vistosi, come quelli, ricordati, di Malta o quelli che forse i soldati di Alessandro il Macedone contemplarono stupiti nella lontana India.

Nelle opere architettoniche di Sanchi, che risalgono al periodo Sâtavâhana (I sec. a.C.) si riscontra infatti

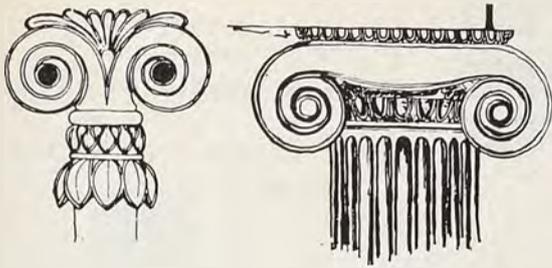


Fig. 1 - a) capitello di Neandria (VII sec.), parrebbe il più prossimo a quelli orientali; b) del V sec. a.C., il capitello jonico classico del tempio di Athena Nike, che presenta volute ad andamento orizzontale (o a cuscino).

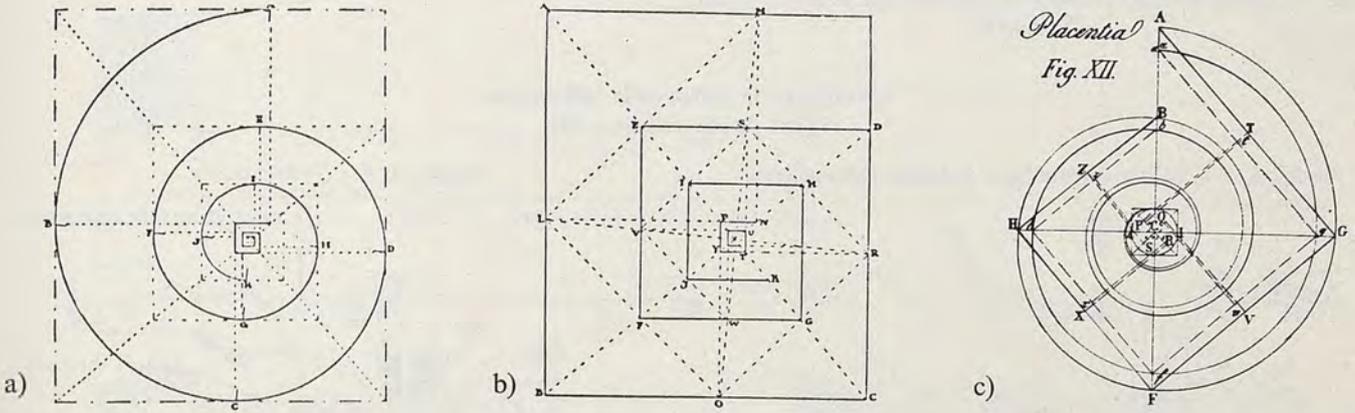


Fig. 2 - a)-b) tracciamento della voluta jonica proposto da Hambidge; c) tracciamento proposto (nel 1795) da P. G. Piacenza e riportato da S. Stratico nella sua seconda esercitazione vitruviana.

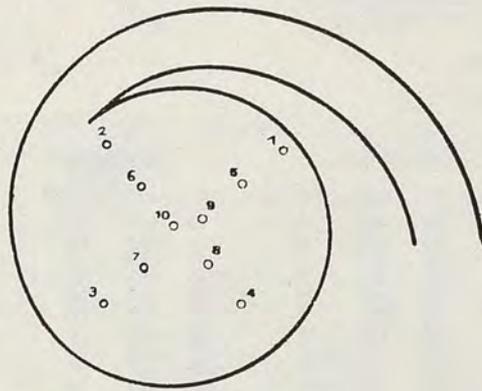


Fig. 4.

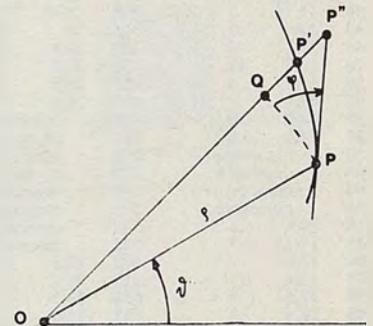


Fig. 3 - Demetrio Constantinides, « A' propos d'un chapiteau de Délos: problème du tracé des volutes ioniques dans l'antiquité ». Bulletin de correspondance hellénique, suppl. I, « Etudes Déliennes », 1973, pagg. 142 e 145, figg. 10-12.

Il capitello in proposito, III o II sec. a.C., presenta la modanatura della sua voluta sinistra, della quale è stato accuratamente riportato il particolare dell'occhio, con i segni e la successione dei centri.

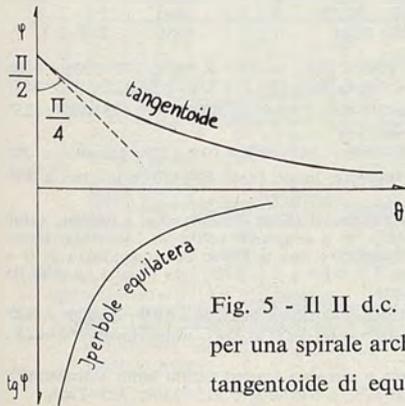


Fig. 5 - Il II d.c. di equazione  $\varphi = \text{artg} \frac{\rho'(\vartheta)}{\rho(\vartheta)}$  per una spirale archimedeica  $\rho = a\vartheta$ , si riduce ad una tangenloide di equazione  $\varphi = \text{artg} \frac{1}{\vartheta} = \text{arctg} \vartheta$ .

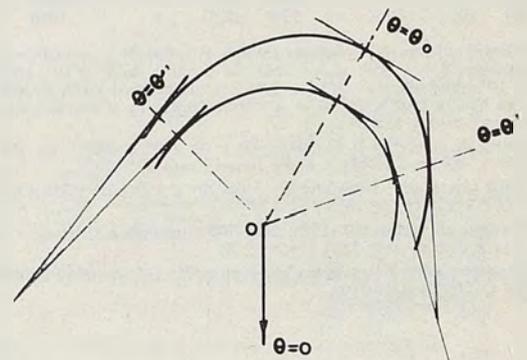


Fig. 6.

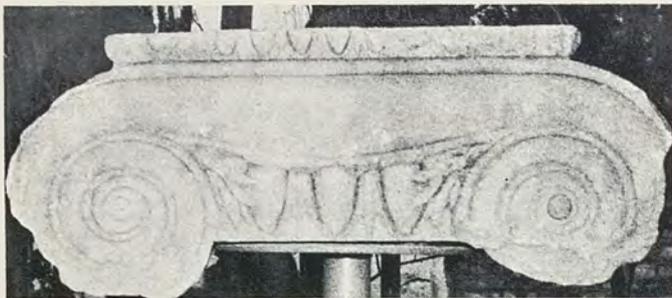
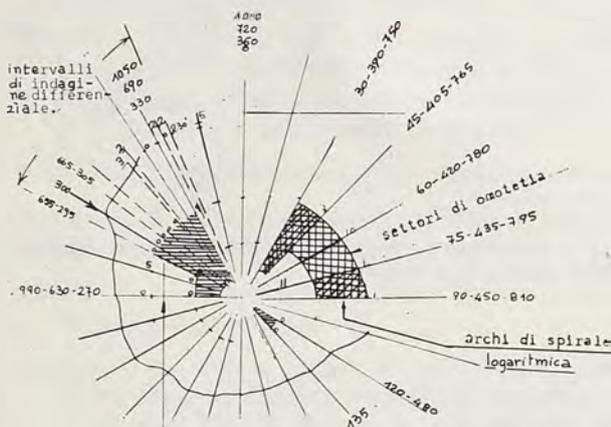


Fig. 7 - Efeso: Vecchio Artemision, capitello ora presso il Museo Nazionale.

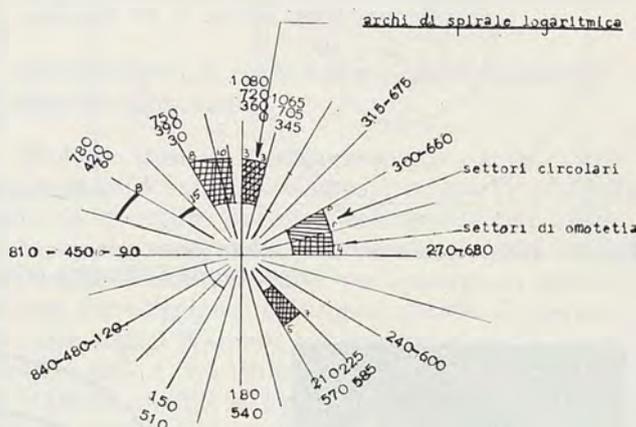
-  settori circolari
-  settori di omotetia
-  archi di spirale logaritmica

Visualizzazione polare della tabellazione  
(valori significativi di  $\varphi$  [θ]).

Analisi n. 2 - Voluta sinistra (con indagine differenziale).



Analisi n. 1 - Voluta destra.



Tabellazione n. 2 - Efeso: Vecchio Artemision - Voluta sinistra.

| θ   | ρ(θ)              | φ(θ)   | θ   | ρ(θ)     | φ(θ)   | θ    | ρ(θ)     | φ(θ) |
|-----|-------------------|--------|-----|----------|--------|------|----------|------|
| 0   | 10                | 10+    | 360 | 20       | 10+    | 720  | 36,5     | 3    |
| 15  | 10,66             | 9      | 375 | 22,6     | 4      | 735  | 37,3     | 4    |
| 30  | 11,15             | 7      | 390 | 23,45    | 7      | 750  | 38,7     | 7    |
| 45  | 12-               | 7      | 405 | 25       | 7      | 765  | 41,3     | 7    |
| 60  | 12+               | 7      | 420 | 26,6     | 10     | 780  | 44       | 10   |
| 75  | 13,3              | 11     | 435 | 27,2     | 6      | 795  | 45       | 6    |
| 90  | 14,7              | 3      | 450 | 28,3     | 6      | 810  | 46,7     | 6    |
| 105 | 14,8              | 1° 30' | 465 | 28,6     | 1° 30' | 825  | mancante |      |
| 120 | 14,9              | 0      | 480 | mancante |        | 840  | mancante |      |
| 135 | 14,9              | 0      | 495 | mancante |        | 855  | mancante |      |
| 150 | mancante          |        | 510 | mancante |        | 870  | mancante |      |
| 165 | mancante          |        | 525 | mancante |        | 885  | mancante |      |
| 180 | mancante          |        | 540 | mancante |        | 900  | mancante |      |
| 195 | mancante          |        | 555 | mancante |        | 915  | mancante |      |
| 210 | 10,7              | 4      | 570 | mancante |        | 930  | mancante |      |
| 225 | 17,1              | 5      | 585 | mancante |        | 945  | mancante |      |
| 240 | 17,6              | 7      | 600 | 33,3     | 10-    | 960  | mancante |      |
| 255 | 18,1              | 9      | 615 | 34       | 5      | 975  | mancante |      |
| 270 | 18,6              | 0      | 630 | 34,3     | 0      | 990  | mancante |      |
| 285 | 18,6              | 0      | 645 | 34,6     | 4      | 1005 | mancante |      |
| 300 | qui punto anomalo |        | 660 | 34,8     | 0      | 1020 | mancante |      |
| 315 | 18,6              | 0      | 675 | 34,8     | 0      | 1035 | ?        | 3    |
| 330 | 18,6              | 0      | 690 | 34,8     | 0      | 1050 | 64       | 0    |
| 345 | 19                | 5      | 705 | 36       | 1      | 1065 | 64,5     | 5    |
| 360 | 20                | 10+    | 720 | 36,5     | 3      | 1080 | 66,6     | 0    |

Tabellazione n. 1 - Efeso: Vecchio Artemision - Voluta destra.

| θ   | ρ(θ)  | φ(θ)   | θ   | ρ(θ)  | φ(θ)   | θ    | ρ(θ) | φ(θ)   |
|-----|-------|--------|-----|-------|--------|------|------|--------|
| 0   | 10+   | 9      | 360 | 17,7  | 3      | 720  | 32,6 | 3      |
| 15  | 10,2  | 10     | 375 | 18,3  | 10     | 735  | 33,7 | 10     |
| 30  | 10,3  | 0      | 390 | 18,5  | 8      | 750  | 34,5 | 8      |
| 45  | 11,1  | 3      | 405 | 20    | 15     | 765  | 37   | 7      |
| 60  | 12,4  | 15     | 420 | 22,5  | 15     | 780  | 38   | 8      |
| 75  | ~12,5 | 10     | 435 | 23,1  | 7      | 795  | 40   | 8      |
| 90  | ~12,6 | 6      | 450 | 23,75 | 6      | 810  | ~42  | 7° 30' |
| 105 | 12,8  | 0      | 465 | ~25   | 4      | 825  | 42,5 | 4      |
| 120 | 12,8  | 0      | 480 | 25    | 3      | 840  | 43   | 6      |
| 135 | 12,8  | 0      | 495 | 25,6  | 6      | 855  | 45   | 6      |
| 150 | 12,8  | 0      | 510 | 26,8  | 5      | 870  |      |        |
| 165 | 13,6  | 6      | 525 | 27    | 2      | 885  |      |        |
| 180 | 13,8  | 8° 30' | 540 | 27,5  | 3      | 900  |      |        |
| 195 | 14,4  | 5      | 555 | 28    | 4      | 915  |      |        |
| 210 | 15,6  | 5      | 570 | 28,7  | 5      | 930  |      |        |
| 225 | 16    | 7      | 585 | 29,4  | 7      | 945  |      |        |
| 240 | 16,25 | 8      | 600 | ~30   | 5° 30' | 960  |      |        |
| 255 | 16,30 | 7      | 615 | 30    | 5      | 975  |      |        |
| 270 | 16,85 | 4      | 630 | 31    | 4      | 990  |      |        |
| 285 | ~17   | 0      | 645 | 31,2  | 0      | 1005 |      | 4 (?)  |
| 300 | ~17   | 0      | 660 | 31,2  | 0      | 1020 |      | 5      |
| 315 | 17    | 2      | 675 | 31,3  | 4      | 1035 |      | 4      |
| 330 | 17,4  | 4° 30' | 690 | 32,1  | 6      | 1050 |      | 6      |
| 345 | 17,5  | 3      | 705 | 32,25 | 3      | 1065 |      | 7      |
| 360 | 17,7  | 3      | 720 | 32,6  | 3      | 1080 |      | 0      |

Indagine differenziale condotta attorno ai valori di  $\varphi$  massimi e minimi: valori massimi da  $\theta = 350^\circ$  a  $\theta = 365^\circ$ ; la  $\varphi$  varia da  $8^\circ$  a  $10^\circ$ , con un massimo di  $10^\circ$  abbondanti a  $355^\circ$  e  $360^\circ$ ; valori minimi da  $\theta = 318^\circ$  a  $\theta = 332^\circ$  e da  $678^\circ$  a  $692^\circ$  e da  $1038^\circ$  a  $1052^\circ$ , dove la  $\varphi$  si annulla, così come per i settori attorno a  $285^\circ$ .

Settori di omotetia:  $\theta$  da  $30^\circ$  a  $45^\circ$  e da  $390^\circ$  a  $405^\circ$  e da  $750^\circ$  a  $765^\circ$ ; da  $405^\circ$  a  $460^\circ$  e da  $765^\circ$  a  $810^\circ$ ; lungo l'asse  $375^\circ$ - $735^\circ$ .

Tratti vicino alla circonferenza:  $\theta$  da  $90^\circ$  a  $120^\circ$ ; da  $630^\circ$  a  $660^\circ$  e da  $690^\circ$  a  $720^\circ$  e intorno a  $1050^\circ$ .

Circolari gli archi:  $120^\circ$ - $135^\circ$ ;  $270^\circ$ - $300^\circ$ ; intorno a  $630^\circ$  ed a  $1050^\circ$ ; inoltre tutto il settore  $295^\circ$ - $332^\circ$  e  $655^\circ$ - $692^\circ$ .

Massimo valore di eccedenza angolare a  $75^\circ$  (11) e valori sostenuti lungo gli assi  $0^\circ$ - $360^\circ$  e  $420^\circ$ - $780^\circ$ .

Settori di omotetia: per  $\theta$  da  $210^\circ$  a  $225^\circ$ , da  $570^\circ$  a  $585^\circ$ ;  $270^\circ$ - $300^\circ$  e  $630^\circ$ - $660^\circ$ ;  $345^\circ$ - $390^\circ$  e  $705^\circ$ - $750^\circ$  = lungo assi:  $15^\circ$ - $375^\circ$ - $735^\circ$ - $465^\circ$ - $825^\circ$ ;  $495^\circ$ - $855^\circ$ .

Tratti vicino alla circonferenza:  $30^\circ$ - $45^\circ$ ;  $270^\circ$ - $285^\circ$ ;  $300^\circ$ - $360^\circ$ ;  $465^\circ$ - $480^\circ$ ;  $525^\circ$ - $555^\circ$ ;  $630^\circ$ - $645^\circ$ ;  $660^\circ$ - $675^\circ$ ;  $705^\circ$ - $720^\circ$ .

Archi e settori circolari:  $285^\circ$ - $300^\circ$  e  $645^\circ$ - $660^\circ$ ;  $105^\circ$ - $150^\circ$ ; intorno a  $30^\circ$ .

Massimo valore di eccedenza angolare: lungo l'asse  $60^\circ$ - $420^\circ$  e intorno a  $405^\circ$  (valore  $15^\circ$ ).

Indagine differenziale condotta attorno ai valori di  $\varphi$  massimi e minimi: valori massimi da  $\theta = 410^\circ$  a  $\theta = 422^\circ$ : la  $\varphi$  assume il valore di  $13^\circ$  in corrispondenza dell'estremo  $422^\circ$  per aumentare fino a  $15^\circ$  in corrispondenza di  $\theta = 420^\circ$  e  $405^\circ$ . Valori minimi da  $\theta = 640^\circ$  a  $\theta = 670^\circ$ , ove la  $\varphi$  si annulla fra  $645^\circ$  e  $660^\circ$ , per tutto il settore.

Settori di omotetia: da  $\theta = 210^\circ$  a  $\theta = 225^\circ$  e da  $570^\circ$  a  $585^\circ$ ; da  $270^\circ$  a  $300^\circ$  e da  $630^\circ$  a  $660^\circ$ ; da  $345^\circ$  a  $390^\circ$  e da  $705^\circ$  a  $750^\circ$ ; lungo l'asse  $465^\circ$ - $825^\circ$ ;  $495^\circ$ - $855^\circ$ ;  $15^\circ$ - $375^\circ$ - $735^\circ$ .

Settori vicino alla circonferenza e circolari (questi ultimi sono sottolineati): da  $\theta = 105^\circ$  a  $\theta = 150^\circ$ ;  $285^\circ$ - $300^\circ$  e  $645^\circ$ - $660^\circ$ ;  $315^\circ$ - $330^\circ$ ;  $705^\circ$ - $720^\circ$ .

Massimo valore di eccedenza angolare: lungo l'asse  $60^\circ$ - $420^\circ$  e a  $405^\circ$  (15).



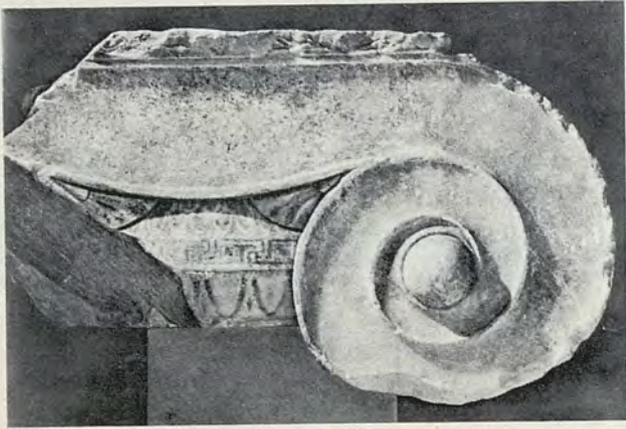


Fig. 8 - Atene: Museo Nazionale. Capitello jonico con decorazione dipinta, ritrovato durante gli scavi del bordo meridionale dell'Agorà. Proviene da un monumento sconosciuto, risalente al primo quarto del V sec., altezza: cm. 30.

Tabellazione n. 3.

| $\vartheta$ | $\rho(\vartheta)$ | $\varphi(\vartheta)$ | $\vartheta$ | $\rho(\vartheta)$ | $\varphi(\vartheta)$ | $\vartheta$ | $\rho(\vartheta)$ | $\varphi(\vartheta)$      |
|-------------|-------------------|----------------------|-------------|-------------------|----------------------|-------------|-------------------|---------------------------|
| 0           |                   |                      | 360         | 21,66             | 7                    | 720         | settore           | molto                     |
| 15          | occhio            |                      | 375         | 22,4              | 6° 30'               | 735         | rotto, non        | misurabile                |
| 30          | 10,66             | 2                    | 390         | 22,5              | 2                    | 750         | fino a            | $\vartheta = 780^\circ$ . |
| 45          | 11                | 5                    | 405         | 23,2              | 5                    | 765         |                   |                           |
| 60          | 11,66             | 3° 30'               | 420         | 24,16             | 4                    | 780         |                   |                           |
| 75          | 12                | 2                    | 435         | 24,4              | 5                    | 795         | 47,5              | 9 (?)                     |
| 90          | 12,1              | 7                    | 450         | 25,4              | 9° 30'               | 810         | 49,6              | 7° 30'                    |
| 105         | 12,9              | 5                    | 465         | 26,66             | 8                    | 825         | 50,83             | 9                         |
| 120         | 13,3              | 7                    | 480         | 28,33             | 9° 30'               | 840         | 53,3              | 9° 30'                    |
| 135         | 14,1              | 10                   | 495         | 28,75             | 8                    | 855         | 55,83             | 6                         |
| 150         | 15                | 15                   | 510         | 30                | 10° 50'              | 870         | 56,66             | 5                         |
| 165         | 15,80             | 10                   | 525         | 32,5              | 9                    | 885         | 58,75             | 9 (?)                     |
| 180         | 16,66             | 10                   | 540         | 33,33             | 10° (?)              | 900         | raccordo          |                           |
| 195         | 17,5              | 8                    | 555         | raccordo          |                      |             |                   |                           |
| 210         | 18,16             | 9                    | 570         | 36,25             | 9 (?)                |             |                   |                           |
| 225         | 19                | 8                    | 585         | 37,5              | 7                    |             |                   |                           |
| 240         | 19,16             | 4                    | 600         | 37,9              | 6                    |             |                   |                           |
| 255         | 19,25             | 8                    | 615         | 39,75             | 8                    |             |                   |                           |
| 270         | 19,56             | 3                    | 630         | 40,6              | 3                    |             |                   |                           |
| 285         | 20                | 0                    | 645         | 41,25             | 2° 40'               |             |                   |                           |
| 300         | 20,1              | 2° 50'               | 660         | 41,66             | 2° 40'               |             |                   |                           |
| 315         | 20,4              | 3                    | 675         | rottura           |                      |             |                   |                           |
| 330         | 20,8              | 4                    | 690         | rottura           |                      |             |                   |                           |
| 345         | 21,25             | 4                    | 705         | rottura           |                      |             |                   |                           |
| 360         | 21,66             | 7                    | 720         | rottura           |                      |             |                   |                           |

Sviluppo della voluta: da  $\vartheta = 30^\circ$  a  $\vartheta = 889^\circ$  pari a 2 spire +  $1/4 + 49^\circ$ .  
Settori di omotetia: per  $\vartheta$  da  $30^\circ$  a  $45^\circ$  e da  $390^\circ$  a  $405^\circ$ ;  $255^\circ-270^\circ$  e  $615^\circ-630^\circ$ .

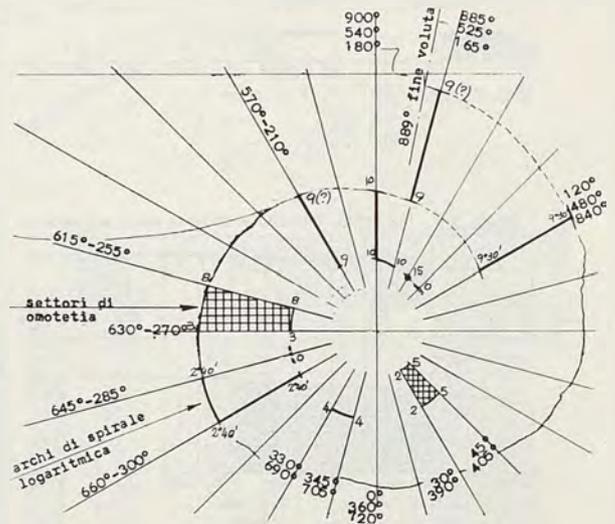
Raggi di omotetia:  $180^\circ-540^\circ$ ;  $(210-570)$ ,  $480^\circ-840^\circ$ ;  $(525-885)$ .

Valori vicini alla circonferenza:  $270^\circ-315^\circ$  e  $630^\circ-660^\circ$ ; arco  $45^\circ-75^\circ$ .

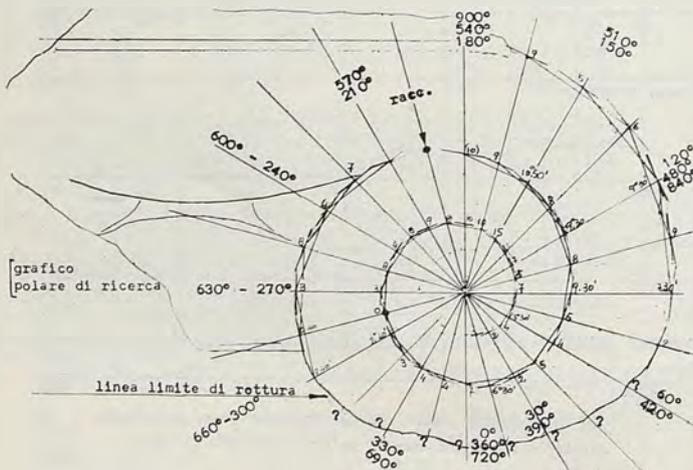
Mancano settori regolarmente circolari.

Massima eccedenza angolare: per  $\vartheta = 150^\circ$  (con  $15^\circ$ ).

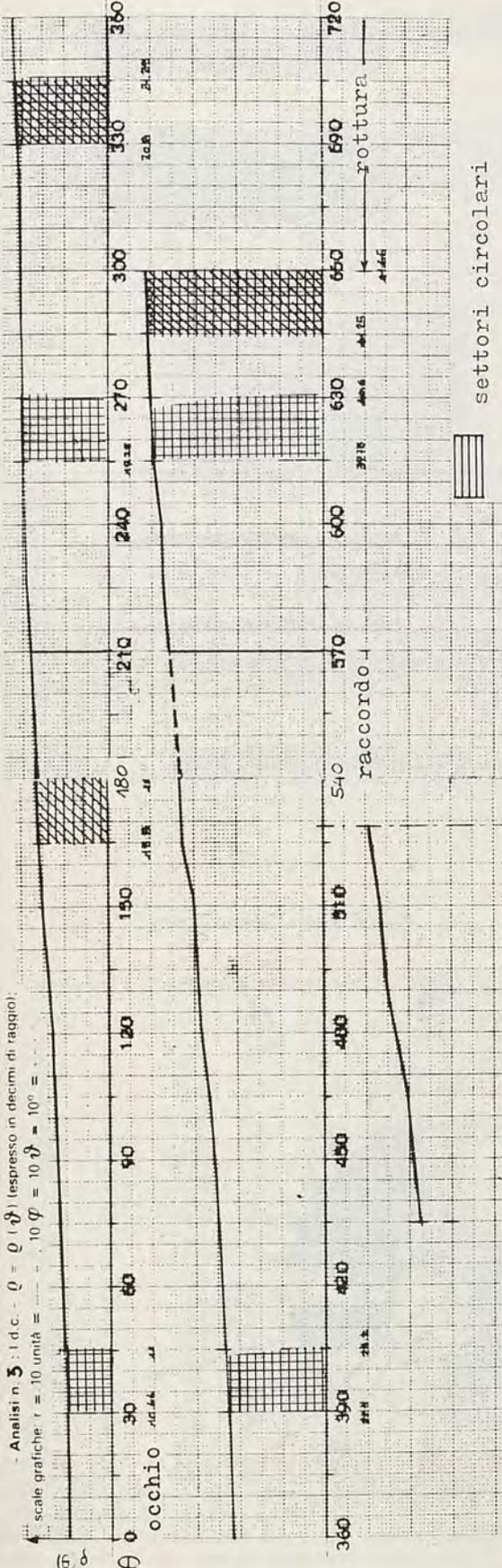
Archi di spirale logaritmica:  $165^\circ-180^\circ$ ;  $330^\circ-345^\circ$ ;  $645^\circ-660^\circ$ .



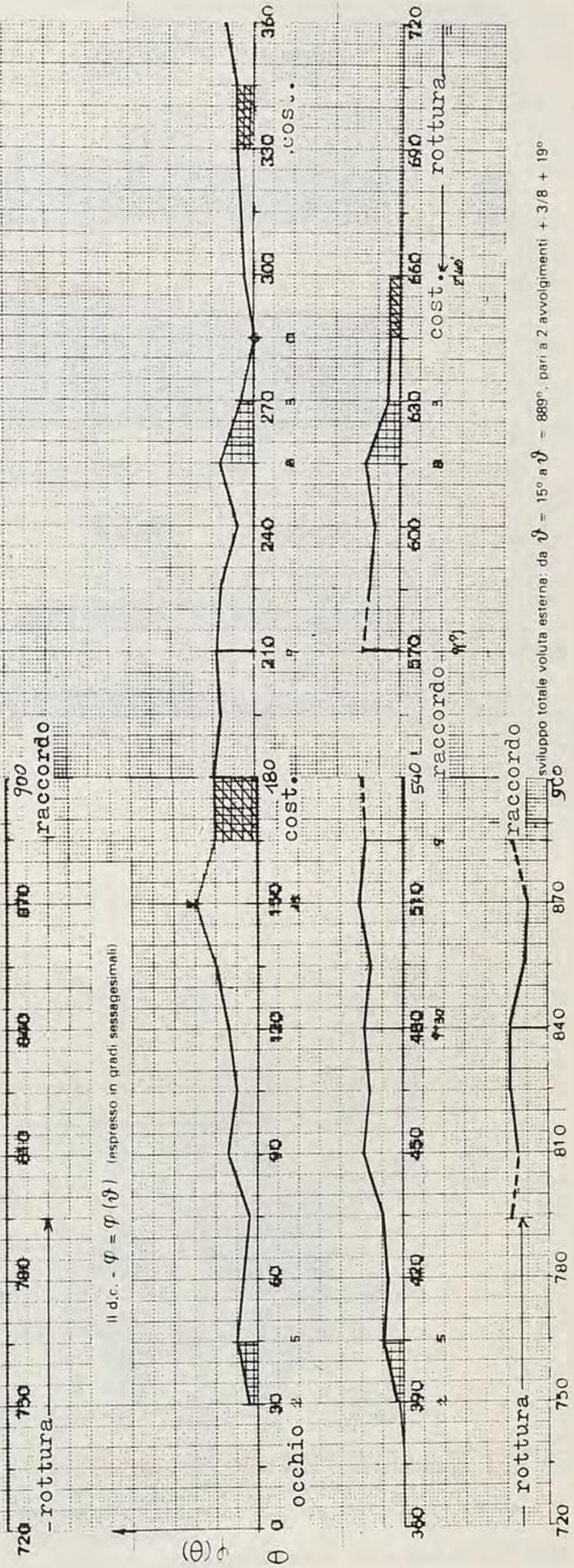
Visualizzazione polare della tabellazione (valori significativi di  $\varphi(\vartheta)$ ).



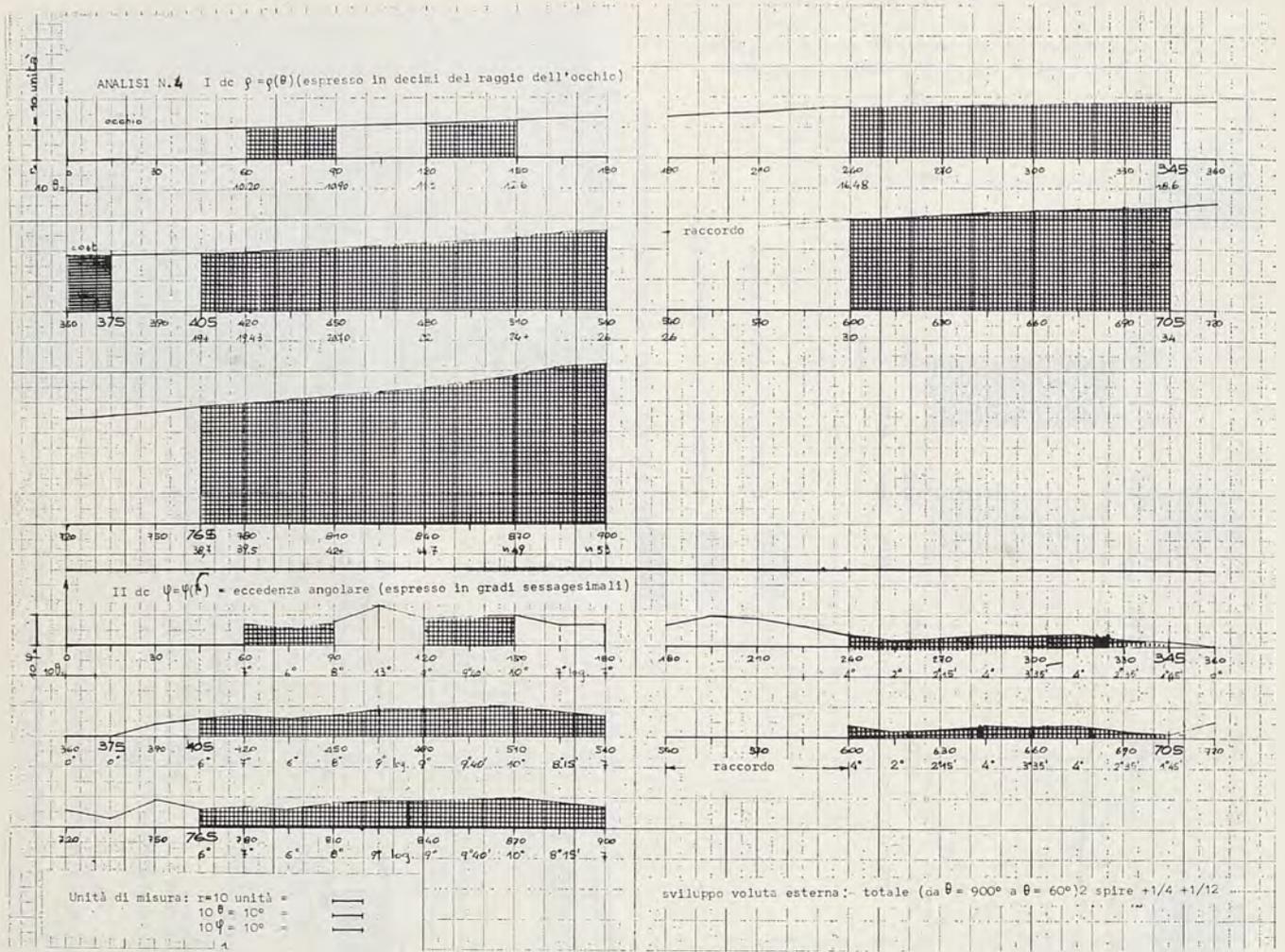
- Analisi n. 3 : l.d.c. -  $\theta = \varphi$  (espresso in decimi di raggio).  
 scale grafiche  $r = 10$  unità =  $10^\circ \varphi = 10^\circ \psi = 10^\circ =$



settori circolari  
 settori di omotetia  
 archi di spirale logaritmica



sviluppo totale voluta esterna: da  $\psi = 15^\circ$  a  $\psi = 889^\circ = 889^\circ$ , pari a 2 avvolgimenti +  $3/8 + 19^\circ$



Analisi n. 5 - Voluta sinistra.

Analisi n. 4 - Voluta destra.

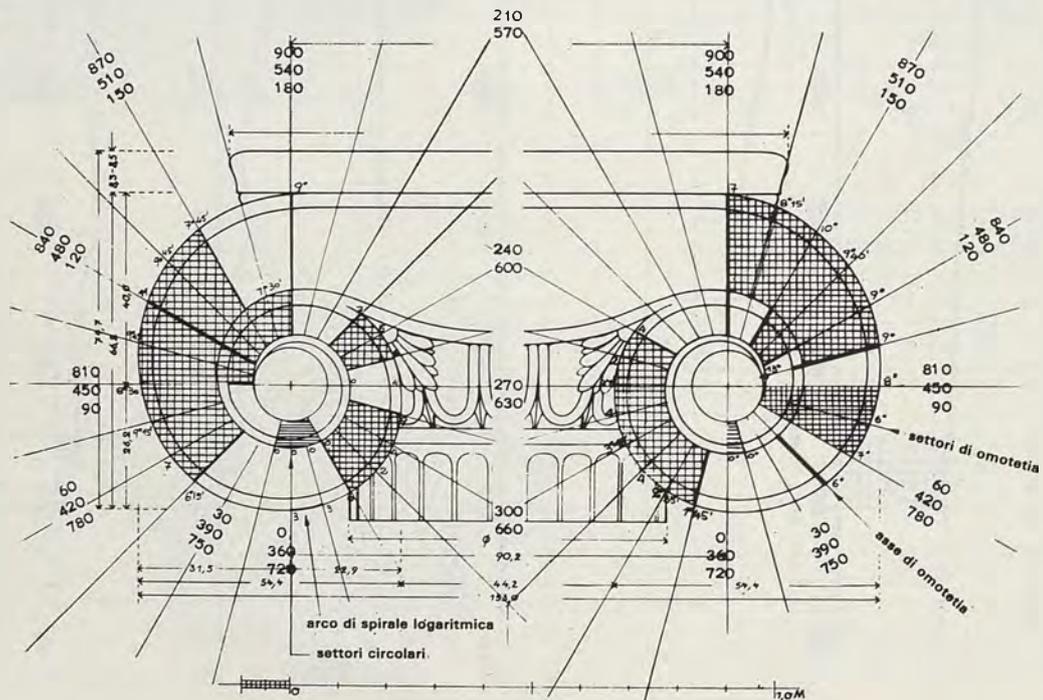
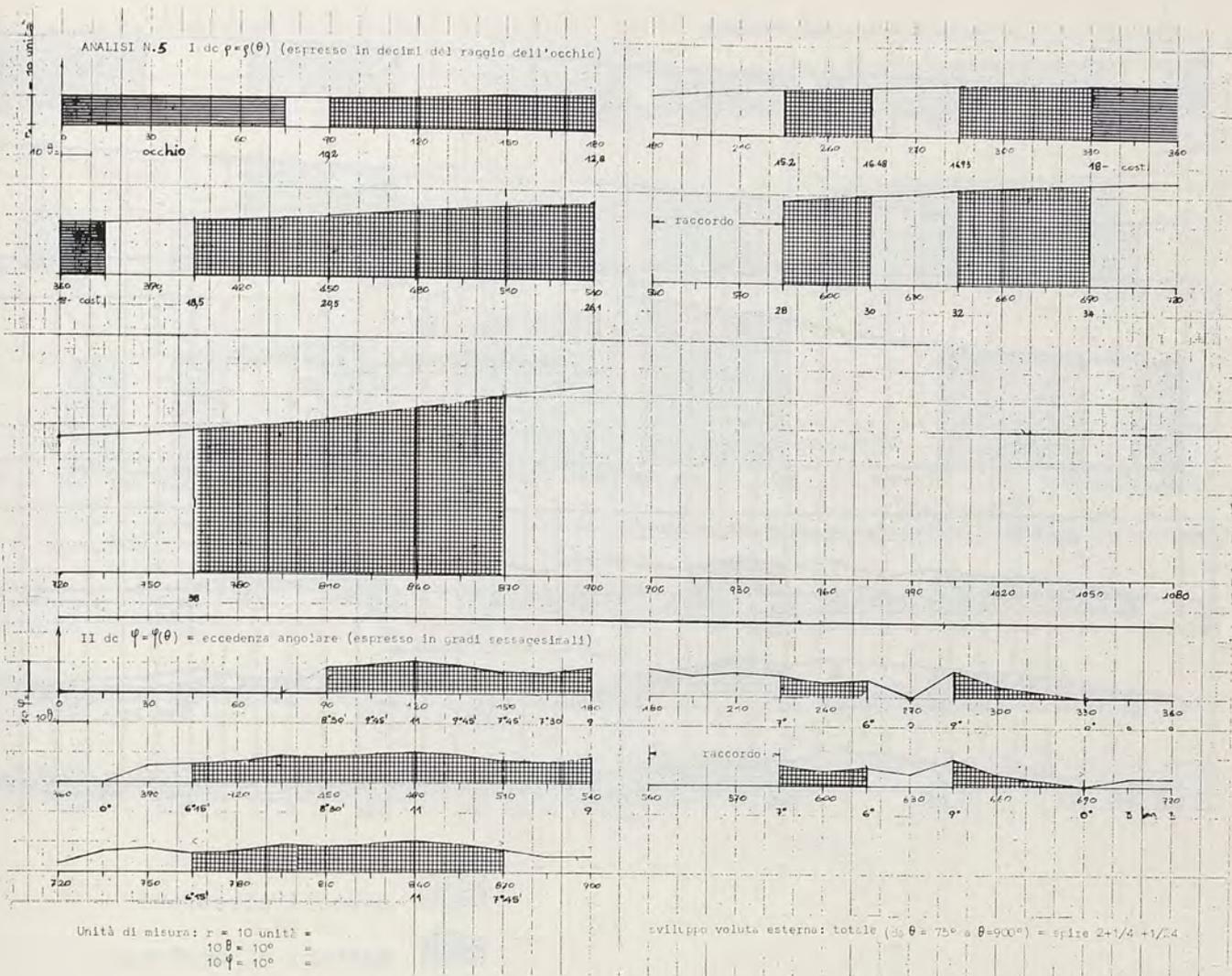


Fig. 9 - Paestum: capitello n. 1 (sul disegno di restituzione di Friedrich Krauss su « Die Tempel von Paestum-I: Der Tempel der Athena », 1958).



Tabellazione n. 5 - Paestum: voluta sinistra del capitello n. 1.

| $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ |
|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|
| 0        | 10             | 0                 | 360      | 18             | 0                 | 720      | 35             | 3                 |
| 15       | 10             | 0                 | 375      | 18             | 0                 | 735      | 35,25          | 7                 |
| 30       | 10             | 0                 | 390      | 18,1           | 5° 30'            | 750      | 37             | 8                 |
| 45       | 10             | 0                 | 405      | 18,5           | 6° 15'            | 765      | 38             | 6° 15'            |
| 60       | 10             | 0                 | 420      | 19             | 7                 | 780      | 39             | 7                 |
| 75       | 10             | 0                 | 435      | 19,6           | 9° 15'            | 795      | 40,25          | 9° 15'            |
| 90       | 10,2           | 8° 30'            | 450      | 20,5           | 8° 30'            | 810      | 42             | 8° 30'            |
| 105      | 10,5           | 9° 45'            | 465      | 21,5           | 9° 45'            | 825      | 44             | 9° 45'            |
| 120      | 11             | 11                | 480      | 22,4           | 11                | 840      | 46             | 11                |
| 135      | 11,47          | 9° 45'            | 495      | 23,4           | 9° 45'            | 855      | 48             | 9° 45'            |
| 150      | 12             | 7° 45'            | 510      | 24,5           | 7° 45'            | 870      | 50,25          | 7° 45'            |
| 165      | 12,43          | 7° 30'            | 525      | 25,36          | 7° 30'            | 885      | 52             | 5° 45'            |
| 180      | 12,8           | 9                 | 540      | 26,1           | 9                 | 900      | 53,5           | 9                 |
| 195      | 14             | 7                 | 555      |                | raccordo          |          |                |                   |
| 210      | 15             | 8                 | 570      |                | raccordo          |          |                |                   |
| 225      | 15,2           | 7                 | 585      | 28             | 7                 |          |                |                   |
| 240      | 16             | 5                 | 600      | 29             | 5                 |          |                |                   |
| 255      | 16,48          | 6                 | 615      | 30             | 6                 |          |                |                   |
| 270      | 16,90          | 0                 | 630      | 30,5           | 4                 |          |                |                   |
| 285      | 16,93          | 9                 | 645      | 32             | 9                 |          |                |                   |
| 300      | 17,46          | 4                 | 660      | 33             | 4                 |          |                |                   |
| 315      | 17,80          | 2                 | 675      | 34             | 2                 |          |                |                   |
| 330      | 18             | 0                 | 690      | 34             | 0                 |          |                |                   |
| 345      | 18             | 0                 | 705      | 34,6           | 3                 |          |                |                   |
| 360      | 18             | 0                 | 720      | 35             | 3                 |          |                |                   |

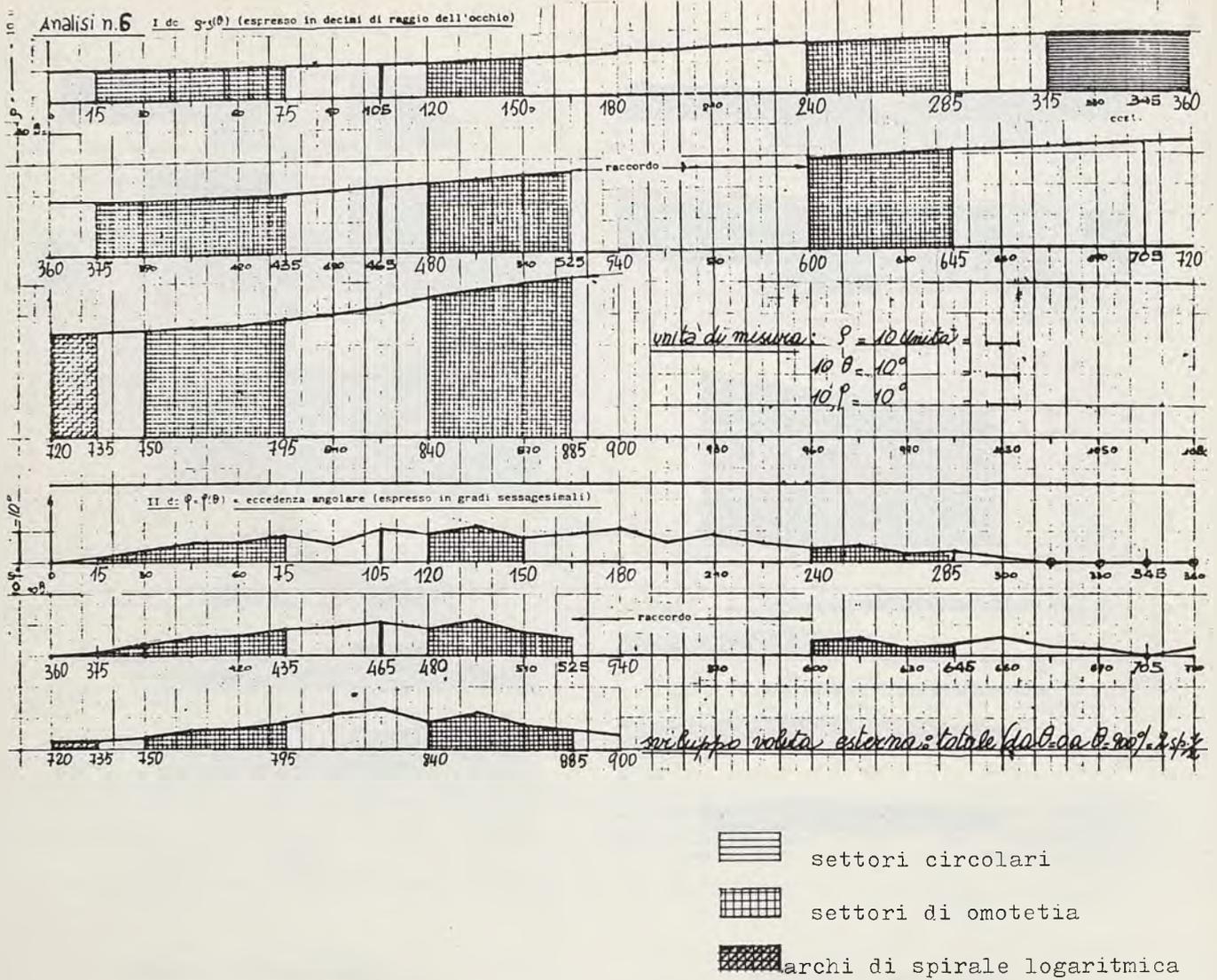
Settori di omotetia:  $\theta$  da 90° a 150° e da 450° a 510° e da 810° a 870°; da 165° a 180° e da 525° a 540° e lungo l'asse 900°; da 225° a 255° e da 585° a 615°; da 285° a 330° e da 645° a 690°; da 405° a 435° e da 765° a 795°  
 Asse di omotetia: da 180° a 540° e a 900°.  
 Tratti vicino alla circonferenza:  $\theta$  da 675° a 720°; circolare l'arco 330°-375°.  
 Massimo valore di eccedenza angolare lungo l'asse 120°-480°-840°.  
 Arco di spirale logaritmica:  $\theta$  da 705° a 720°.

Tabellazione n. 4 - Paestum: voluta destra del capitello n. 1.

| $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ |
|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|
| 0        | 10             | 0                 | 360      | 18,8           | 0                 | 720      | 35             | 5° 25'            |
| 15       | 10             | 0                 | 375      | 18,8           | 0                 | 735      | 36             | 3                 |
| 30       | 10             | 0                 | 390      | 19             | 4                 | 750      | 37             | 9                 |
| 45       | 10             | 0                 | 405      | 19,05          | 6                 | 765      | 38,7           | 6                 |
| 60       | 10,20          | 7                 | 420      | 19,43          | 7                 | 780      | 39,5           | 7                 |
| 75       | 10,57          | 6                 | 435      | 20,1           | 6                 | 795      | 41             | 6                 |
| 90       | 10,90          | 8                 | 450      | 20,7           | 8                 | 810      | 42             | 8                 |
| 105      | 11,10          | 13                | 465      | 21,4           | 9                 | 825      | 43,5           | 9                 |
| 120      | 11,30          | 9                 | 480      | 22             | 9                 | 840      | 44,7           | 9                 |
| 135      | 12,10          | 9° 40'            | 495      | 23             | 9° 40'            | 855      | 46,75          | 9° 40'            |
| 150      | 12,6           | 10                | 510      | 24             | 10                | 870      | 49             | 10                |
| 165      | 13,4           | 7                 | 525      | 25,5           | 8° 15'            | 885      | 51,8           | 8° 15'            |
| 180      | 13,7           | 7                 | 540      | 26             | 7                 | 900      | 53             | 7                 |
| 195      | 14,5           | 10                | 555      |                | raccordo          |          |                |                   |
| 210      | 15             | 9                 | 570      |                | raccordo          |          |                |                   |
| 225      | 16             | 6° 30'            | 585      |                | raccordo          |          |                |                   |
| 240      | 16,48          | 4                 | 600      | 30             | 4                 |          |                |                   |
| 255      | 16,75          | 2                 | 615      | 30,5           | 2                 |          |                |                   |
| 270      | 17             | 2° 15'            | 630      | 31             | 2° 15'            |          |                |                   |
| 285      | 17,58          | 4                 | 645      | 32             | 4                 |          |                |                   |
| 300      | 17,85          | 3° 45'            | 660      | 32,5           | 3° 45'            |          |                |                   |
| 315      | 18,4           | 4                 | 675      | 33,5           | 4                 |          |                |                   |
| 330      | 18,5           | 2° 35'            | 690      | 33,8           | 2° 35'            |          |                |                   |
| 345      | 18,6           | 1° 45'            | 705      | 34             | 1° 45'            |          |                |                   |
| 360      | 18,8           | 0                 | 720      | 35             | 5° 25'            |          |                |                   |

Settori di omotetia:  $\theta$  da 60° a 90° e da 420° a 450° e da 780° a 810°; da 120° a 150° e da 480° a 510° e da 840° a 870°; da 240° a 345° e da 600° a 705°.  
 E inoltre assi di omotetia: 405°-765°; 465°-825°; 525°-835°.  
 Tratti vicino alla circonferenza:  $\theta$  da 240° a 360° e da 600° a 705°.  
 Circolare l'arco: 360°-375°.  
 Massimo valore di eccedenza angolare a 105° (13°) e valori sostenuti lungo l'asse:  $\theta$  150°-510°-870°.

Si osservino le notevoli analogie metriche fra le due volute; la simmetria solo in misura limitata, comprova la grande, scrupolosa accuratezza del restitutore.



Analisi n. 7 - Voluta sinistra.

Analisi n. 6 - Voluta destra.

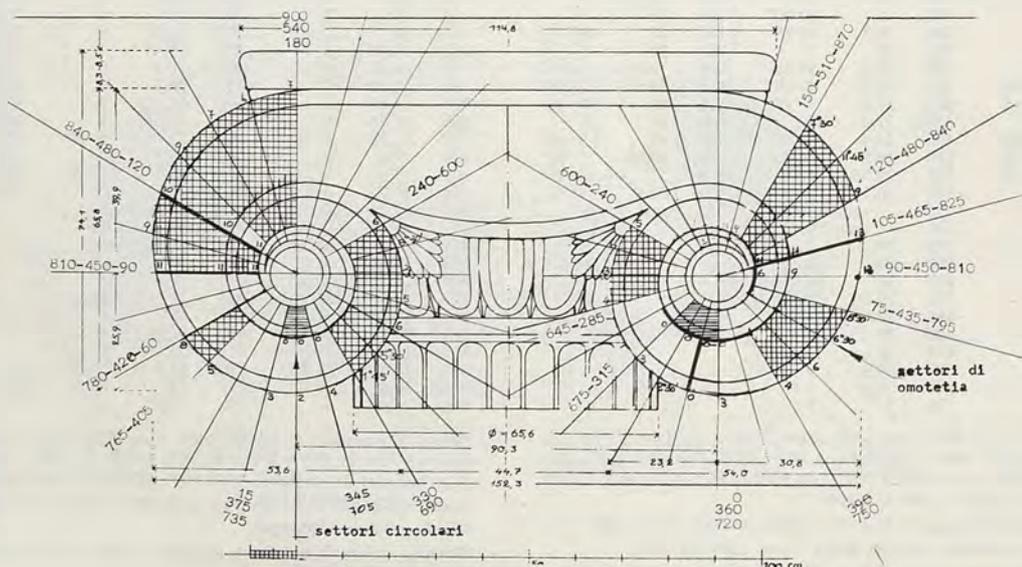
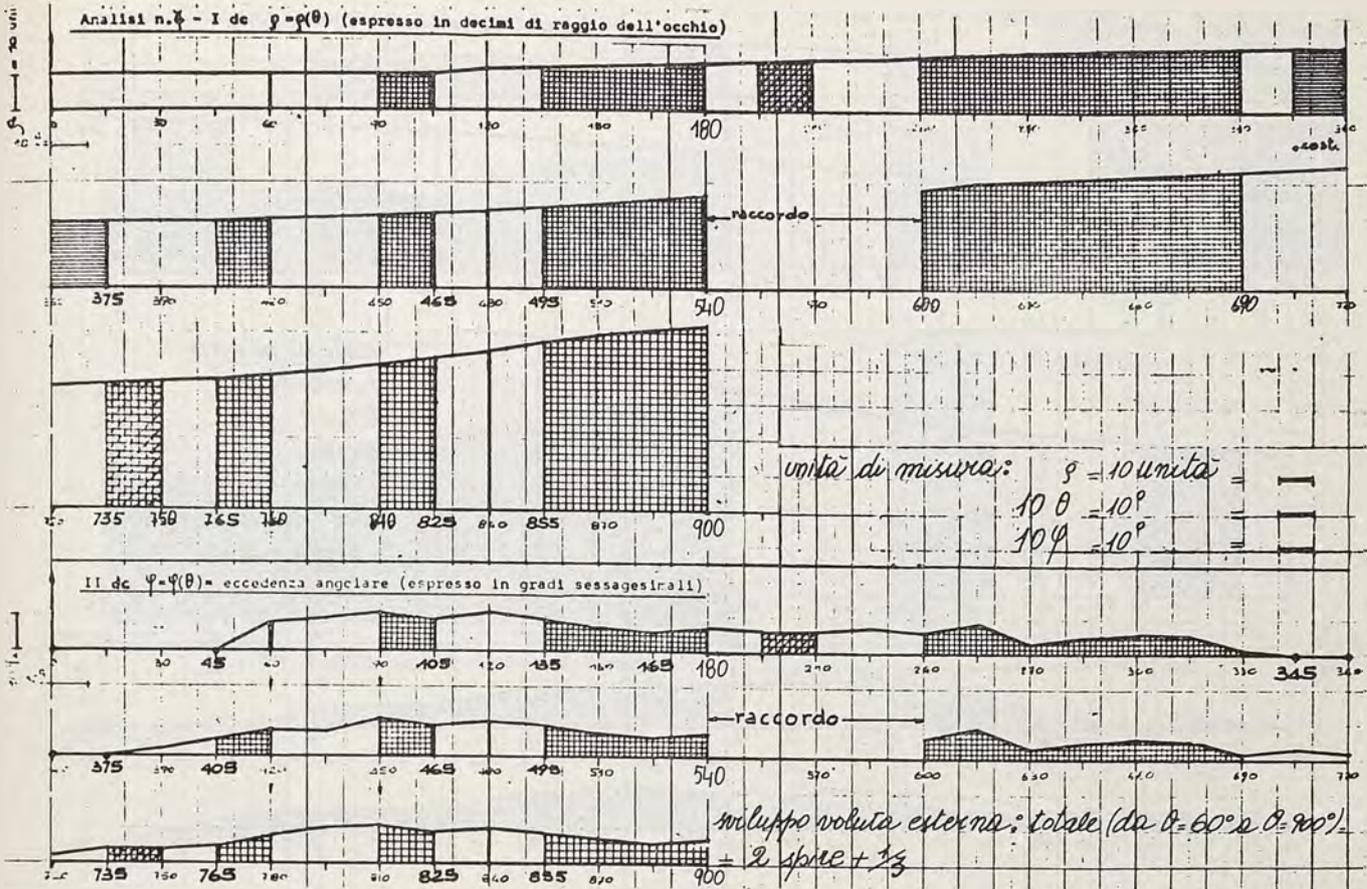


Fig. 10 - Paestum: capitello n. 2 (sul disegno di restituzione di Krauss su « Die Temple von Paestum-I ». Der Tempel der Athena, 1958).



Tabellazione n. 7.

Paestum; tempio di Atena - Capitello n. 2 - Voluta sinistra.

| θ   | ρ(θ) | ϕ(θ)   | θ   | ρ(θ)  | ϕ(θ)     | θ   | ρ(θ)  | ϕ(θ) |
|-----|------|--------|-----|-------|----------|-----|-------|------|
| 0   | 10   | 0      | 360 | 18,8  | 0        | 720 | 34,6  | 2    |
| 15  | 10   | 0      | 375 | 18,8  | 0        | 735 | 35    | 4    |
| 30  | 10   | 0      | 390 | 18,9  | 2        | 750 | 35,6  | 4    |
| 45  | 10   | 0      | 405 | 19    | 5        | 765 | 36,8  | 5    |
| 60  | 10,1 | 8      | 420 | 19,2  | 8        | 780 | 37,95 | 8    |
| 75  | 10,2 | 9      | 435 | 20    | 7        | 795 | 39    | 10   |
| 90  | 10,3 | 11     | 450 | 20,3  | 11       | 810 | 41    | 11   |
| 105 | 10,5 | 9      | 465 | 21    | 9        | 825 | 42,95 | 9    |
| 120 | 12   | 11     | 480 | 22,1  | 10       | 840 | 45,1  | 10   |
| 135 | 12,3 | 9      | 495 | 23    | 9        | 855 | 47,5  | 9    |
| 150 | 12,9 | 7      | 510 | 24    | 7        | 870 | 49,5  | 7    |
| 165 | 13,1 | 6      | 525 | 25    | 6        | 885 | 51    | 6    |
| 180 | 13,5 | 7      | 540 | 26,4  | 7        | 900 | 52,5  | 7    |
| 195 | 13,6 | 6      | 555 |       | raccordo |     |       |      |
| 210 | 14,8 | 6      | 570 |       | raccordo |     |       |      |
| 225 | 15   | 7      | 585 |       | raccordo |     |       |      |
| 240 | 15,8 | 6      | 600 | 28,1  | 6        |     |       |      |
| 255 | 16,4 | 8° 30' | 615 | 29,95 | 8° 30'   |     |       |      |
| 270 | 17   | 3      | 630 | 30,5  | 3        |     |       |      |
| 285 | 17,5 | 5      | 645 | 31,1  | 5        |     |       |      |
| 300 | 17,9 | 6      | 660 | 32    | 6        |     |       |      |
| 315 | 18,1 | 5° 30' | 675 | 32,5  | 5° 30'   |     |       |      |
| 330 | 18,5 | 1° 45' | 690 | 32,95 | 1° 45'   |     |       |      |
| 345 | 18,8 | 0      | 705 | 34    | 3        |     |       |      |
| 360 | 18,8 | 0      | 720 | 34,6  | 2        |     |       |      |

Settori di omotetia: per 0 da 90° a 105° e da 450° a 465° e da 810° a 825°; 135°-180° e 495°-540° e 855°-900°; 240°-330° e 600°-690°; 405°-420° e 765°-780°.

Raggi di omotetia: 60°-420°-780°; 480°-840°.

Tratti vicino alla circonferenza: 330°-345°.

Archi o settori circolari: 345°-375°.

Archi di spirale logaritmica: 195°-210°; 735°-750°.

Massimo valore di eccedenza angolare: asse 90°-450°-810° (11).

Tabellazione n. 6.

Paestum; tempio di Atena - Capitello n. 2 - Voluta destra.

| θ   | ρ(θ)  | ϕ(θ)    | θ   | ρ(θ) | ϕ(θ)             | θ   | ρ(θ) | ϕ(θ)    |
|-----|-------|---------|-----|------|------------------|-----|------|---------|
| 0   | 10    | 0       | 360 | 18   | 0                | 720 | 34,2 | 3       |
| 15  | 10+   | 1° 30'  | 375 | 18   | 1° 30'           | 735 | 34,5 | 3       |
| 30  | 10,1  | 4       | 390 | 18+  | 4                | 750 | 35   | 4       |
| 45  | 10,2  | 6       | 405 | 18,5 | 6                | 765 | 36   | 6       |
| 60  | 10,3  | 6° 30'  | 420 | 18,6 | 6° 30'           | 780 | 36,5 | 6° 30'  |
| 75  | 10,4  | 8° 30'  | 435 | 19,8 | 8° 30'           | 795 | 38,5 | 8° 30'  |
| 90  | 10,5  | 6       | 450 | 20,5 | 9                | 810 | 40   | 13      |
| 105 | 10,6  | 11      | 465 | 21,8 | 11               | 825 | 42,4 | 13      |
| 120 | 11    | 9       | 480 | 22,9 | 9                | 840 | 45,4 | 9       |
| 135 | 12    | 11° 45' | 495 | 24,2 | 11° 45'          | 855 | 48   | 11° 45' |
| 150 | 12,75 | 7° 30'  | 510 | 25,2 | 7° 30'           | 870 | 50   | 7° 30'  |
| 165 | 13,1  | 9       | 525 | 26   | 6                | 885 | 51,5 | 6       |
| 180 | 14    | 11      | 540 |      | racc. interrutt. | 900 | 52,7 | 5       |
| 195 | 14    | 6° 30'  | 555 |      | racc. interrutt. |     |      |         |
| 210 | 15    | 9       | 570 |      | racc. interrutt. |     |      |         |
| 225 | 15,5  | 6° 30'  | 585 |      | racc. interrutt. |     |      |         |
| 240 | 16    | 5       | 600 | 29   | 5                |     |      |         |
| 255 | 16,7  | 6       | 615 | 30   | 6                |     |      |         |
| 270 | 17,2  | 3       | 630 | 31   | 3                |     |      |         |
| 285 | 17,5  | 4       | 645 | 31,5 | 4                |     |      |         |
| 300 | 17,8  | 2       | 660 | 32   | 6                |     |      |         |
| 315 | 18    | 0       | 675 | 33   | 3                |     |      |         |
| 330 | 18    | 0       | 690 | 33,1 | 2° 30'           |     |      |         |
| 345 | 18    | 0       | 705 | 34   | 0                |     |      |         |
| 360 | 18    | 0       | 720 | 34,2 | 3                |     |      |         |

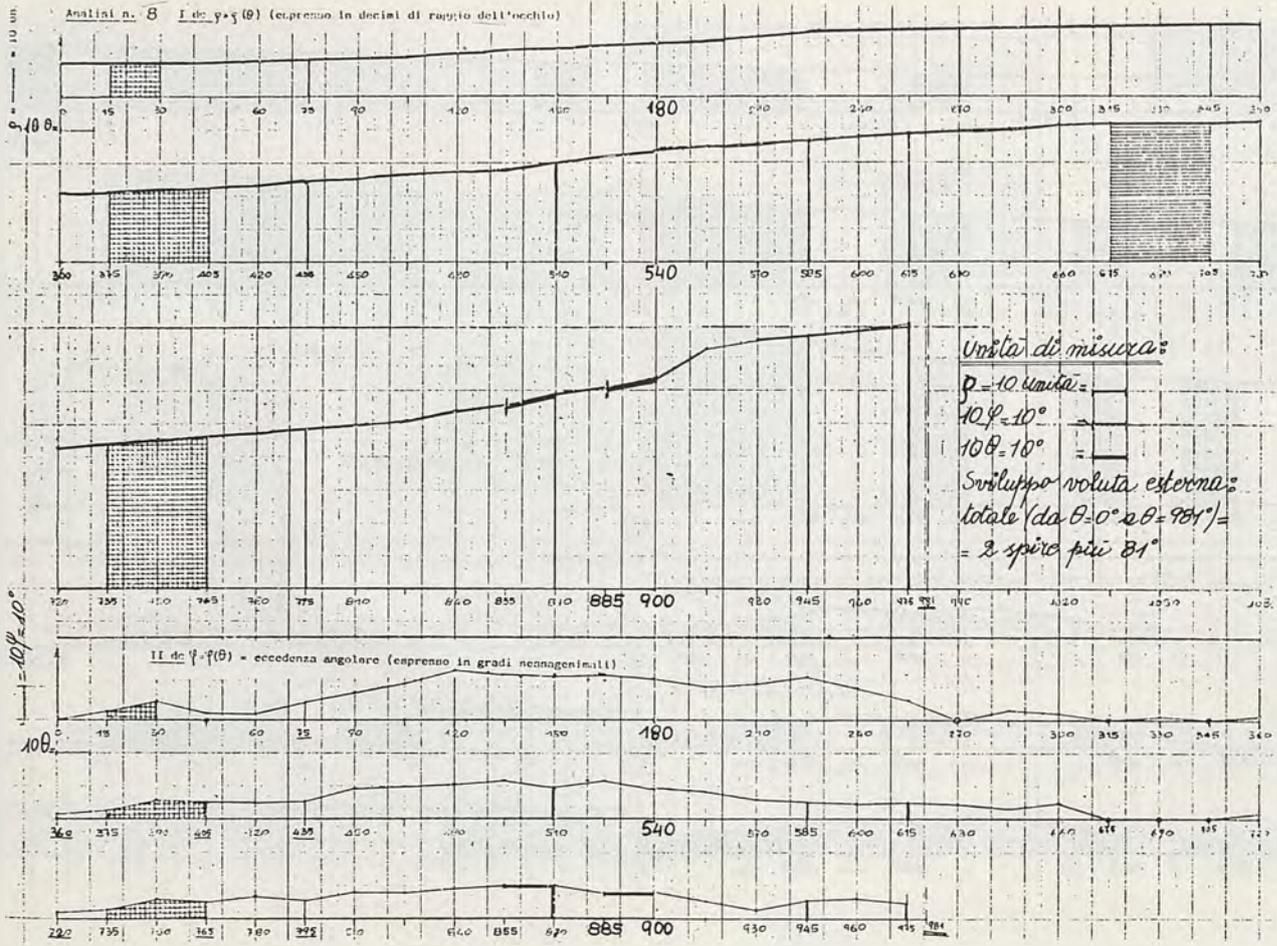
Settori di omotetia: per 0 da 120° a 150° e da 480° a 510° e da 840° a 870°; 240°-285° e 600°-645°; 390°-420° e 750°-780°.

Raggi di omotetia: 75°-435°-795°; 105°-465°; 525°-885°; 345°-705°.

Archi e settori circolari: 315°-360°; intorno a 705°.

Archi di spirale logaritmica: 720°-735°.

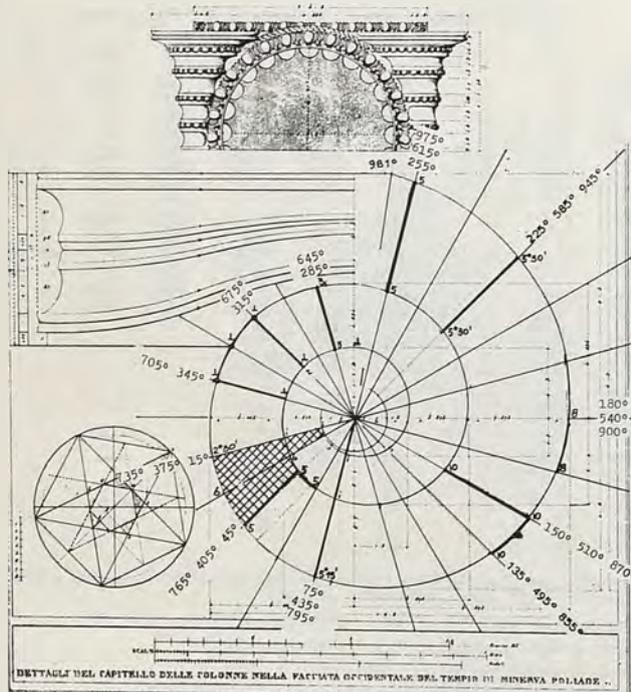
Massimo valore di eccedenza angolare: arco 810°-825° (13).



Analisi n. 8 - Voluta destra.

- settori circolari
- settori di omotetia
- archi di spirale logaritmica

J. STUART e N. REVETT, *Le antichità di Atene* (Mi - 1832),  
 tav. XXIX.



Tabellazione n. 8.

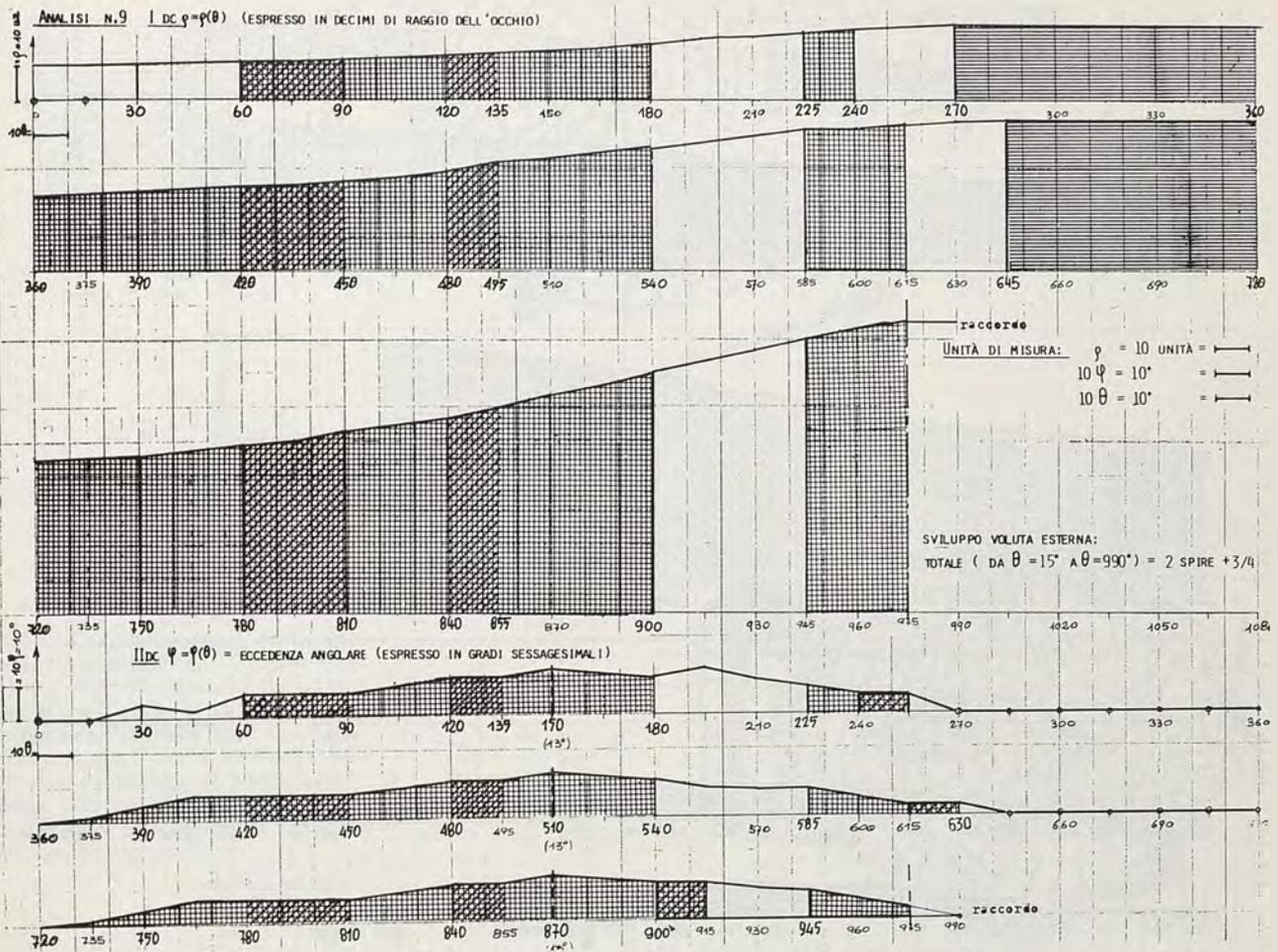
Revett e Stuart - Dettagli di un capitello della facciata occidentale del Tempio di Minerva Poliade (Eretteo).

Voluta destra - Misure lungo assi a  $45^\circ$  - Interpolazione grafica ogni  $15^\circ$

| gradi | $\rho$ | $\varphi$      | gradi | $\rho$ | $\varphi$      | gradi | $\rho$ | $\varphi$     |
|-------|--------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|---------------|
| 0     | 10     | 0              | 360   | 21.2   | $1^\circ 30'$  | 720   | 43     | 2             |
| 15    | 10.02  | $2^\circ 30'$  | 375   | 21.25  | $2^\circ 30'$  | 735   | 44     | $2^\circ 30'$ |
| 30    | 10.05  | 6              | 390   | 22.1   | 6              | 750   | 45.8   | 6             |
| 45    | 10.07  | 2              | 405   | 22.2   | 5              | 765   | 46     | 5             |
| 60    | 10.1   | 2              | 420   | 22.9   | 5              | 780   | 47.5   | 7             |
| 75    | 10.9   | $5^\circ 15'$  | 435   | 24.5   | $5^\circ 15'$  | 795   | 48.6   | $5^\circ 15'$ |
| 90    | 11     | $8^\circ 15'$  | 450   | 24.8   | $9^\circ 15'$  | 810   | 49.5   | $8^\circ 15'$ |
| 105   | 11.8   | 11             | 465   | 26.3   | 10             | 825   | 52     | 8             |
| 120   | 12.8   | 15             | 480   | 27.5   | $10^\circ 30'$ | 840   | 54     | 9             |
| 135   | 13.5   | 14             | 495   | 28.6   | 12             | 855   | 56     | 10            |
| 150   | 14.3   | 13             | 510   | 30.5   | 10             | 870   | 59.3   | 10            |
| 165   | 15.3   | 14             | 525   | 32     | 12             | 885   | 61     | 8             |
| 180   | 16.2   | $12^\circ 30'$ | 540   | 33.9   | 9              | 900   | 63.7   | 8             |
| 195   | 16.9   | 10             | 555   | 34.7   | 8              | 915   | 73.7   | $5^\circ 30'$ |
| 210   | 17.8   | 11             | 570   | 36     | 6              | 930   | 75.4   | $2^\circ 30'$ |
| 225   | 19     | 13             | 585   | 37.3   | $5^\circ 30'$  | 945   | 77     | $5^\circ 30'$ |
| 240   | 19.9   | 10             | 600   | 38.1   | $4^\circ 50'$  | 960   | 79     | $5^\circ 50'$ |
| 255   | 20     | $6^\circ 30'$  | 615   | 39     | 5              | 975   | 81.3   | 5             |
| 270   | 20.2   | 0              | 630   | 39.8   | $3^\circ 45'$  |       |        |               |
| 285   | 20.3   | 3              | 645   | 40.6   | 3              |       |        |               |
| 300   | 20.7   | 2              | 660   | 41.5   | 5              |       |        |               |
| 315   | 20.98  | 0              | 675   | 42     | 0              |       |        |               |
| 330   | 20.99  | 1              | 690   | 42     | 0              |       |        |               |
| 345   | 21     | 0              | 705   | 42     | 0              |       |        |               |

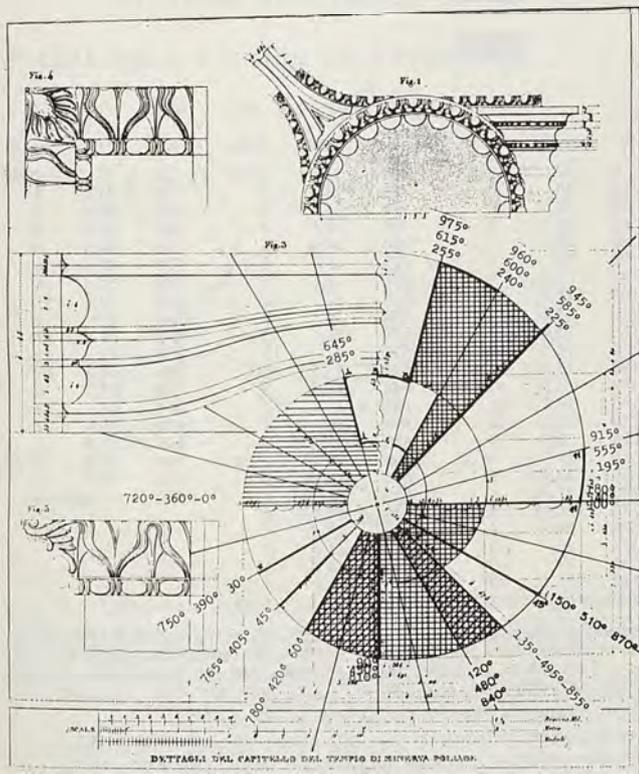
Da  $\theta = 0$  a  $\theta = 981$  pari a 2 spire +  $1/2 + 81^\circ$ .

Fig. 11 - Rilievo J. Stuart et N. Revett del capitello delle colonne nella facciata occidentale del Tempio di Minerva Poliade.



Sviluppo voluta esterna: totale (da  $\theta = 0^\circ$  a  $\theta = 981^\circ$ ) = 2 spire più  $81^\circ$ .

Analisi n. 9.



Tabellazione n. 9.

| $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\varphi(\theta)$ |
|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|
| 0        | 10             | 0                 | 360      | 22             | 0                 | 720      | 44.5           | 0                 |
| 15       | 10             | 0                 | 375      | 22.2           | 1° 30'            | 735      | 45.5           | 1° 30'            |
| 30       | 10.2           | 4                 | 390      | 22.5           | 4                 | 750      | 46             | 4                 |
| 45       | 10.4           | 2                 | 405      | 23.5           | 7° 30'            | 765      | 47.8           | 7° 30'            |
| 60       | 10.7           | 7                 | 420      | 24             | 7                 | 780      | 49             | 7                 |
| 75       | 11             | 7                 | 435      | 25             | 7                 | 795      | 50.5           | 7                 |
| 90       | 11.7           | 7                 | 450      | 26.5           | 7                 | 810      | 53             | 7                 |
| 105      | 12.4           | 9                 | 465      | 27.5           | 9                 | 825      | 55             | 9                 |
| 120      | 13             | 11                | 480      | 29.5           | 11                | 840      | 57             | 11                |
| 135      | 13.8           | 11                | 495      | 32             | 11                | 855      | 60             | 11                |
| 150      | 14.5           | 13                | 510      | 33             | 13                | 870      | 63.5           | 13                |
| 165      | 15             | 12                | 525      | 34.8           | 12                | 885      | 66.5           | 12                |
| 180      | 16.5           | 11                | 540      | 36.5           | 11                | 900      | 70             | 11                |
| 195      | 18             | 13                | 555      | 38             | 8° 30'            | 915      | 73             | 11                |
| 210      | 18.5           | 10                | 570      | 39.5           | 7                 | 930      | 77             | 9                 |
| 225      | 20             | 8                 | 585      | 41.5           | 8                 | 945      | 80             | 8                 |
| 240      | 20.5           | 6                 | 600      | 42             | 6                 | 960      | 82.5           | 6                 |
| 255      | 20.7           | 6                 | 615      | 43             | 3                 | 975      | 85             | 3                 |
| 270      | 22             | 0                 | 630      | 44             | 3                 | 990      |                | raccordo          |
| 285      | 22             | 0                 | 645      | 44.5           | 0                 |          |                |                   |
| 300      | 22             | 0                 | 660      | 44.5           | 0                 |          |                |                   |
| 315      | 22             | 0                 | 675      | 44.5           | 0                 |          |                |                   |
| 330      | 22             | 0                 | 690      | 44.5           | 0                 |          |                |                   |
| 345      | 22             | 0                 | 705      | 44.5           | 0                 |          |                |                   |
| 360      | 22             | 0                 | 720      | 44.5           | 0                 |          |                |                   |

Settori di omotetia: da  $\theta = 60^\circ$  a  $\theta = 180^\circ$  e da  $\theta = 390^\circ$  a  $\theta = 540^\circ$  e da  $\theta = 750^\circ$  a  $\theta = 900^\circ$ ; da  $\theta = 225^\circ$  a  $\theta = 255^\circ$  e da  $\theta = 585^\circ$  a  $\theta = 615^\circ$  e da  $\theta = 945^\circ$  a  $\theta = 975^\circ$ .

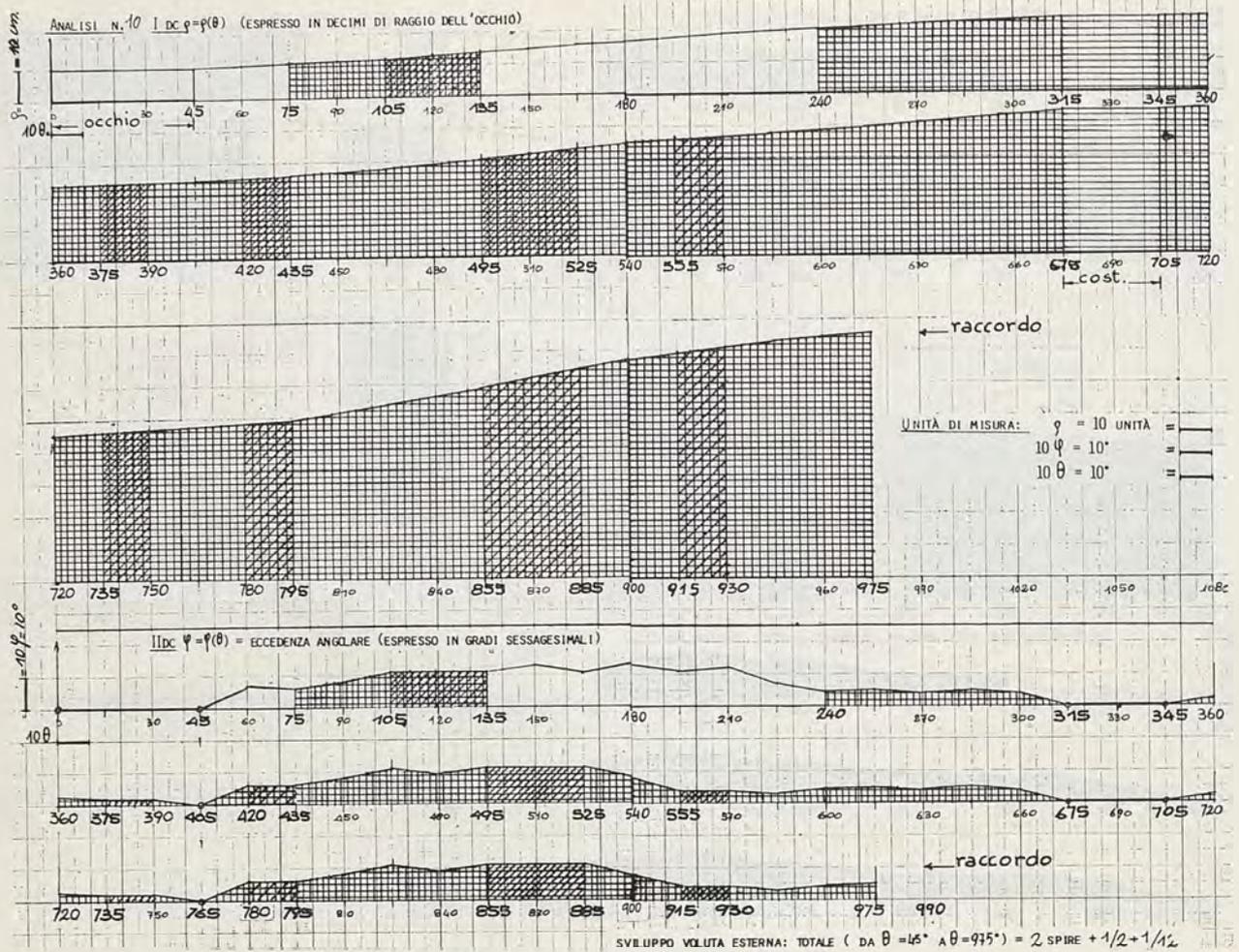
Asse:  $30^\circ$ - $390^\circ$ - $750^\circ$ .

Tratti di spirale logaritmica: da  $60^\circ$  a  $90^\circ$ ; da  $420^\circ$  a  $450^\circ$ ; da  $780^\circ$  a  $810^\circ$ ; da  $120^\circ$  a  $135^\circ$ ; da  $480^\circ$  a  $495^\circ$ ; da  $840^\circ$  a  $855^\circ$ ; da  $240^\circ$  a  $255^\circ$ ; da  $900^\circ$  a  $915^\circ$ .

Archi e settori circolari: da  $\theta = 270^\circ$  a  $\theta = 360^\circ$  e da  $\theta = 645^\circ$  a  $\theta = 720^\circ$ .

Massimo valore di eccedenza angolare: lungo l'asse  $150^\circ$ - $510^\circ$ - $870^\circ$ , valore  $13^\circ$ .

Fig. 12 - Rilievo J. Stuart e N. Revett del capitello angolare del Tempio di Minerva Poliade.



Analisi n. 10.

-  settori circolari
-  settori di omotetia
-  archi di spirale logaritmica

Tabellazione n. 10.

| $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\psi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\psi(\theta)$ | $\theta$ | $\rho(\theta)$ | $\psi(\theta)$ |
|----------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|
| 0        | 10             | 0              | 360      | 23,2           | 2° 30'         | 720      | 45             | 2° 30'         |
| 15       | 10             | 0              | 375      | 23,5           | 2              | 735      | 45,4           | 2              |
| 30       | 10             | 0              | 390      | 23,8           | 2              | 750      | 45,9           | 2              |
| 45       | 10             | 0              | 405      | 24,5           | 0              | 765      | 47,3           | 0              |
| 60       | 10,7           | 7              | 420      | 24,9           | 6              | 780      | 48,2           | 6              |
| 75       | 11             | 6              | 435      | 25,7           | 6              | 795      | 49,5           | 6              |
| 90       | 11,4           | 8              | 450      | 26,6           | 8              | 810      | 51,4           | 8              |
| 105      | 11,9           | 11             | 465      | 27,7           | 11             | 825      | 53,5           | 11             |
| 120      | 13,2           | 11             | 480      | 29             | 9              | 840      | 56             | 9              |
| 135      | 13,6           | 11             | 495      | 30,4           | 11             | 855      | 58,6           | 11             |
| 150      | 14,5           | 13             | 510      | 32             | 11             | 870      | 61,8           | 11             |
| 165      | 15,45          | 11             | 525      | 33,5           | 11             | 885      | 64,6           | 11             |
| 180      | 16,3           | 13             | 540      | 34,8           | 8              | 900      | 67,7           | 8              |
| 195      | 17,7           | 11             | 555      | 35,8           | 4              | 915      | 69             | 4              |
| 210      | 18,6           | 12             | 570      | 36,7           | 4              | 930      | 70,9           | 4              |
| 225      | 19,2           | 7              | 585      | 37,7           | 3              | 945      | 72,8           | 3              |
| 240      | 20             | 4° 30'         | 600      | 38,6           | 4° 30'         | 960      | 74,4           | 4° 30'         |
| 255      | 20,45          | 5              | 615      | 39,1           | 5              | 975      | 75,5           | 5              |
| 270      | 21,36          | 4              | 630      | 41,2           | 4              | 990      | raccordo       |                |
| 285      | 21,66          | 5              | 645      | 41,8           | 5              |          |                |                |
| 300      | 22,3           | 4              | 660      | 43             | 4              |          |                |                |
| 315      | 23             | 0              | 675      | 44,4           | 0              |          |                |                |
| 330      | 23             | 0              | 690      | 44,4           | 0              |          |                |                |
| 345      | 23             | 0              | 705      | 44,4           | 0              |          |                |                |
| 360      | 23,2           | 2° 30'         | 720      | 45             | 2° 30'         |          |                |                |

Settori di omotetia: da  $\theta = 75^\circ$  a  $\theta = 105^\circ$  e da  $435^\circ$  a  $465^\circ$  e da  $795^\circ$  a  $825^\circ$ ; da  $\theta = 240^\circ$  a  $\theta = 360^\circ$  e da  $600^\circ$  a  $720^\circ$  e da  $960^\circ$  a  $975^\circ$ ; da  $375^\circ$  a  $420^\circ$  e da  $735^\circ$  a  $780^\circ$ ; da  $540^\circ$  a  $585^\circ$  e da  $900^\circ$  a  $945^\circ$ ; ed inoltre asse:  $45^\circ-405^\circ-765^\circ$ ;  $135^\circ-495^\circ-855^\circ$ ;  $165^\circ-525^\circ-885^\circ$ ;  $420^\circ-780^\circ$ ;  $480^\circ-840^\circ$ ;  $510^\circ-870^\circ$ .

Tratti vicino alla circonferenza: intorno a  $405^\circ$  e  $765^\circ$ .

Archi e settori circolari: da  $\theta = 315^\circ$  a  $\theta = 345^\circ$  e da  $675^\circ$  a  $705^\circ$ .

Massimo valore di eccedenza angolare:  $13^\circ$  (a  $\theta = 150^\circ$  e  $\theta = 180^\circ$ ).

Archi di spirale logaritmica: da  $\theta = 105^\circ$  a  $\theta = 135^\circ$ ;  $420^\circ-435^\circ$  e  $780^\circ-795^\circ$ ;  $375^\circ-390^\circ$  e  $495^\circ-525^\circ$  e  $855^\circ-885^\circ$ ;  $555^\circ-570^\circ$  e  $915^\circ-930^\circ$ .

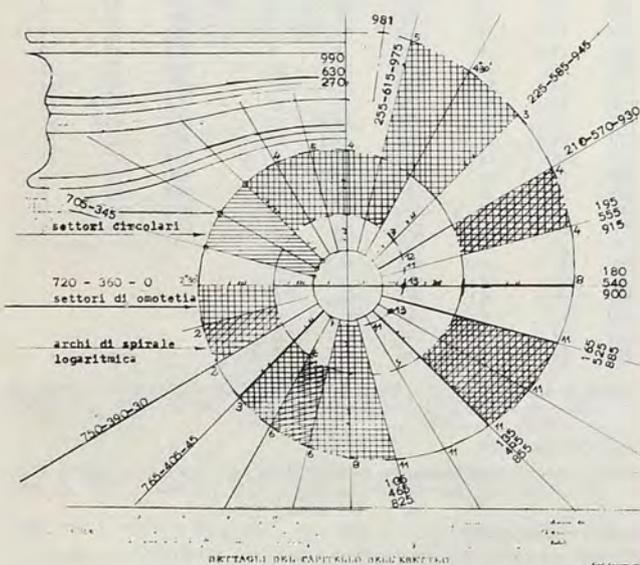


Fig. 13 - Rilievo J. Stuart e N. Revett del capitello dell'Eretteo.

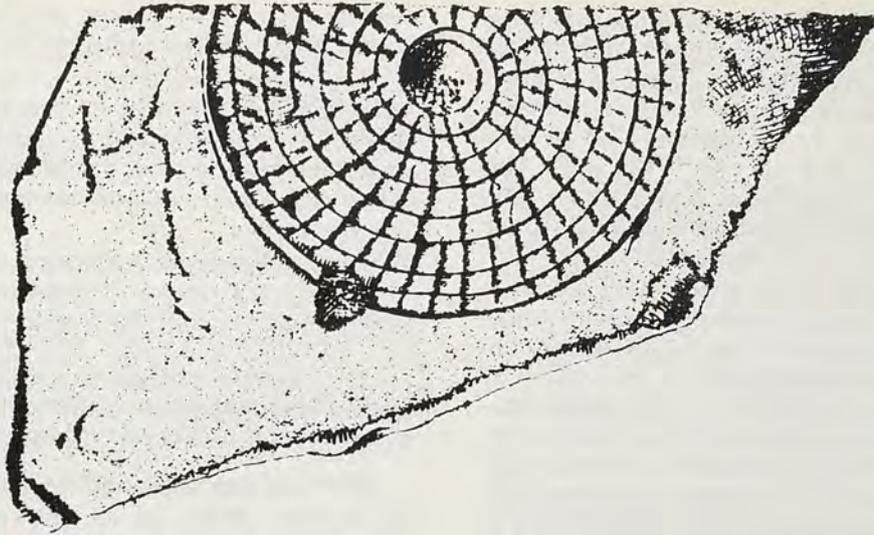


Fig. 14 - Cultura Harappà. Valle dell'Indo. III millennio a.C. (disegni tratti dalle fotografie riprodotte da « American oriental series », vol. 20 « Chanhudaro Excavations 1935-36 » by E. Mackay, 1943, New Haven). In essi sono stati evidenziati gli stretti avvolgimenti attorno all'occhio circolare, che a prima vista possono apparire come cerchi concentrici.

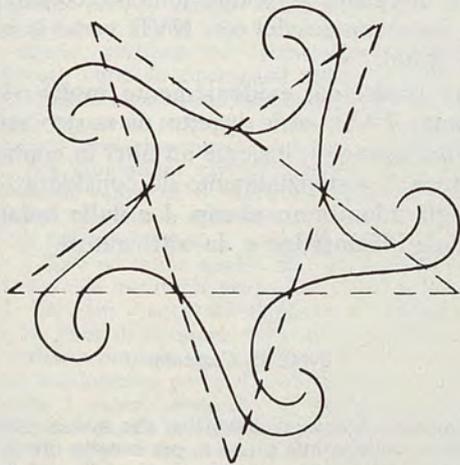
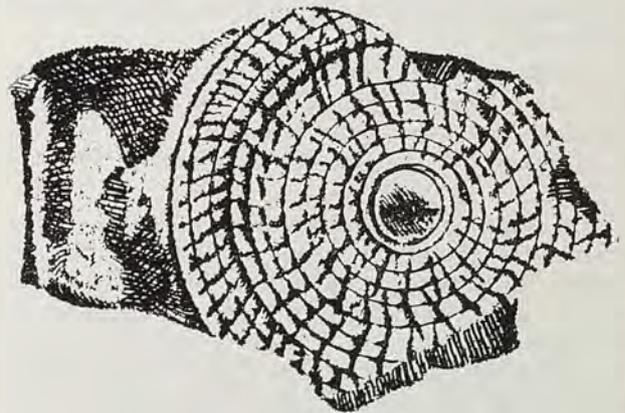


Fig. 15 - Questo pentagramma a lati inflessi si trova disegnato su un grazioso reperto di fine ceramica (di colore marrone chiaro), perfettamente conservato nel museo archeologico di Palermo e risalente verosimilmente al VII o VI o V sec. a.C. L'oggetto si direbbe un portaprofumi e il pentagramma è disegnato in nero sul coperchietto; elemento proveniente dalla locale antica necropoli (oggetto probabilmente estratto da una tomba punica). Forse Archimede, nella non lontana Siracusa, vide con i suoi occhi una immagine del genere, ma non risulta che se ne sia interessato.

Fig. 16 - Arte cinese (epoca Chou): Vaso in argilla a forma di civetta. Musée Cernuschi, Parigi.



un notevolissimo raffinamento della raffigurazione di volute, che denota una vecchia consuetudine dell'uso di queste in campo architettonico. Esse, di carattere evidentemente archimedeo, si avvolgono in numerose spire molto ravvicinate (v. « Capolavori nei secoli », Fabbri, Milano, 1962, vol. III pag. 163 e seg.). Una ricerca in proposito dovrebbe, a nostro parere, permettere il rinvenimento di reperti archeologici del genere riportato in Fig. 14 e di molti altri.

Se i secoli della decadenza non fossero sopravvenuti, dopo lo studio geniale e profondo fatto da Archimede sulla spirale che porta il suo nome, si può immaginare che la matematica greca avrebbe preso in esame anche la spirale logaritmica di cui alcune conchiglie, come pure alcuni fiori e frutti, offrono splendide immagini. Ma il tempo mancò e le vicende della storia in tutti i suoi aspetti (soprattutto quelli politici, economici e sociali), obbligarono ad attendere più di un millennio e mezzo la ripresa di un così affascinante argomento!

D'altra parte lo studio delle spirali d'Archimede già aveva presentato difficoltà tanto ardue, per la matematica dell'epoca, da far tremare le vene e i polsi di chiunque avesse osato allora affrontare una tale ripresa <sup>(15)</sup>.

Ed ancora si deve osservare, per riprendere, sottolineare e meglio precisare quanto abbiamo detto all'inizio, che l'arte più genuinamente ellenica, così composta ed equilibrata nelle sue espressioni (soprattutto nel V sec.), e il pensiero filosofico e scientifico che ne accompagnò la parabola, pensiero controllato ed autocritico al più alto grado, erano, l'una e l'altro, poco portati ad allontanarsi da una geometria in cui le linee non fossero rette o circonferenze <sup>(16)</sup> o, al più, coniche <sup>(17)</sup>. Le volute joniche nelle arti figurative, la spirale archimedeo nella matematica, sembrano essere eccezioni che confermano la regola <sup>(18)</sup>.

A questo proposito sembra sintomatico che sia l'arte che la scienza ellenica ci abbiano tramandato il pentagramma (o pentagono stellato) sempre e soltanto con lati rettilinei (la stella a 5 punte tipica del pitagorismo), mai con i lati inflessi, pentagramma che invece si può osservare in alcune stelle marine <sup>(19)</sup>.

## 6 - Conclusione

Noi non pretendiamo che questa nostra ricerca esaurisca interamente il problema.

Troppo pochi sono gli esempi di volute joniche che siamo stati in grado di sottoporre alla nostra analisi. Occorrerà certamente analizzarne molti altri, prima di poter accettare definitivamente i nostri risultati. Crediamo anche che questi dovrebbero porsi a confronto con le teorie dell'Hambidge, che abbiamo citato (v. [11]), anche e soprattutto in riferimento all'antefissa del Partenone ed al capitello di Efeso che l'Hambidge ebbe la ventura di analizzare. Questa nostra riserva poi riceve rilievo anche dal fatto che non ci è stato possibile (compito immenso!) estendere le nostre ricerche sperimentali e matematiche, a volute presso altre civiltà, o relativamente a monumenti della Grecia arcaica. Abbiamo osservato, ad es., certi vasi cinesi <sup>(20)</sup> di ceramica ornati di volute che hanno un

aspetto assai vicino, almeno lungo ampi archi parziali, a quello delle spirali logaritmiche.

Lo stesso per ornamenti vari dei Fenici, dei Cretesi ecc. Vogliamo veramente credere che qualcuna di tali volute extra-elleniche o greco-arcaiche possa essere stata presa in seria considerazione da matematici greci? Noi non lo crediamo ma non oseremmo negarlo assolutamente.

Pertanto desideriamo riconoscere noi stessi, esplicitamente e senza timore di ripeterci, le limitazioni di questa nostra ricerca. Esse sono:

1) le diverse e maggiori regolarità che altri autori (per es. Hambidge) hanno affermato di aver riscontrato nelle volute di taluni reperti archeologici;

2) il non aver esteso sufficientemente la ricerca stessa ad altre civiltà, né ad altri periodi della civiltà greca, né ad un numero maggiore di reperti del periodo greco classico;

3) l'aver escluso dalla ricerca taluni reperti che ci son sembrati delle vere e proprie eccezioni (tali dunque da porsi all'estremo opposto della regolarità di cui sopra), come per es. il « capitello ibrido » scoperto recentemente a Selinunte e conservato nel museo di Palermo (v. ad es. Vincenzo Tusa in [13] p. 179-180).

Comunque, avendo ritenuto in questo capitolo di poter dare almeno in linea di principio risposta negativa al primo dei due problemi enunciati al punto I, 4, crediamo di non peccare di presunzione esprimendo la viva speranza che questo nostro lavoro, per se stesso certamente modesto, possa suggerire una nuova metodologia e anche aprire la via a numerosi problemi collaterali di storia dell'arte e di storia della matematica al tempo stesso.

Per es. a questo: « le regole che Vitruvio ereditò presumibilmente dagli Alessandrini o che inventò egli stesso per disegnare le volute joniche, concorsero ad orientare i matematici del sec. XVII verso la scoperta di nuove spirali? ».

Questo problema, evidentemente molto vicino al 2° del punto I.4.2), sarà oggetto di nostro studio in un prossimo avvenire, insieme ad altri in connessione. Esso scaturisce sostanzialmente da considerazioni che abbiamo già adombrato al cap. I e dalle indagini già effettuate dall'Hambidge e da altri autori.

## Note II Capitolo

(1) È appena il caso di avvertire che noi ci occupiamo, sempre e solo, delle volute piane o, per meglio dire « approssimativamente piane ». Non ci occupiamo delle volute sghembe (volute presenti nei capitelli angolari), la cui analisi sarebbe ben più complessa.

(2) A seconda del numero delle colonne formanti il colonnato del tempio o della costruzione. Tale ipotesi è condivisa dal Prof. G. Gullini dell'Università di Torino. Del parere che, in età classica, si fosse accentuata la distinzione fra ideatore ed esecutori è anche il Tiberi (v. [3] p. 99, nota n. 24). Cominciano infatti in tale periodo ad emergere le personalità artistiche.

(3) B. CAVALIERI ebbe per primo un'idea analoga, ma con intento diverso (quello di mutare indivisibili curvi in altri

rettilinei), v. « *Geometria indivisibilibus continuorum nova quodam ratione promota* » (Bologna, 1935), liber VI. Si veda la traduzione di L. Lombardo Radice (Torino, UTET, 1966), particolarmente a p. 627.

(4) Ovviamente il caso limite in cui questi due fenomeni verranno a identificarsi sarà quello degli archi di circonferenza (di centro il polo O), corrispondentemente ai quali il I d. c. presenterà tratti rettilinei ed orizzontali, e simultaneamente il II d. c. presenterà tratti coincidenti con segmenti dell'asse  $\theta$ .

(5) Chiameremo anche, per brevità, coppie di « punti omotetici », quelle corrispondenti a valori  $\theta_1, \theta_2$ , di  $\theta$  tali che  $\theta_2 = \theta_1 + 360^\circ$ ,  $\varphi(\theta_2) = \varphi(\theta_1)$ .

In tutte le volute joniche esistono di tali coppie di punti. La loro inesistenza dovrebbe considerarsi come un fatto assolutamente eccezionale (ad es. nelle spirali archimedee, come subito si riscontra sulla fig. 5, oppure in spirali nelle quali  $\rho(\theta)$  crescesse per ogni valore di  $\theta$ , più rapidamente di qualunque funzione esponenziale  $ae^{b\theta}$ , ecc.), che peraltro non abbiamo riscontrato in nessun esemplare classico.

(6) Per comodità del lettore indichiamo i passaggi:

$$\int_{\theta_0}^{\theta} \operatorname{tg} \varphi(\theta) d\theta = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{\rho'(\theta)}{\rho(\theta)} d\theta = \left[ \log \rho(\theta) \right]_{\theta_0}^{\theta} = \log \frac{\rho(\theta)}{\rho(\theta_0)} = \log \frac{\rho}{\rho_0}, \text{ ecc.}$$

( $\theta_0$ : valore originale di  $\theta$ , comunque prefigurato  $\geq 0$ ).

(7) Supponiamo ad es. che l'offesa sia dovuta ad un sasso che abbia colpito la voluta in un suo punto, determinando una scalfittura anche leggera. Si avrà allora, nel rilievo, una variazione brusca del II d. c., anche molto sensibile e strettamente localizzata, ma con corrispondente influenza minima sull'andamento del I dc. Una buona restituzione invece, eliminerà la variazione e mostrerà andamento dolce in entrambi i dc.

(8) Il fatto d'aver trovato più volte coppie di valori  $\theta_1, \theta_2$ , di massimo o di minimo relativi per  $\rho(\theta)$  tali che  $\theta_2 = \theta_1 + 360^\circ$  (quasi esattamente), potrebbe spiegarsi come effetto di una leggera contrazione di tutta la voluta, come si riconoscerà su esempi (v. fig. 6). Analogamente per la funzione  $\varphi(\theta)$ . Non è però escluso che tali coincidenze siano attribuibili alla mano dell'artefice, sia questa guidata da una esigenza estetica o no.

(9) Ricordiamo l'opportunità che la lettura avvenga contemporaneamente sul disegno chiamato « grafico polare di ricerca », sui diagrammi, sulla tabellazione ed infine sulla « visualizzazione polare » di quest'ultima, tutti relativi all'indagine condotta su di una stessa voluta. Gli assi sono stati fatti passare per il centro dell'occhio, che diviene così « polo ». Ad esso vanno riferite tutte le misure. L'asse iniziale è quello, verticale od orizzontale, precedente l'inizio della voluta. Tutte le operazioni fanno fondamentale riferimento al piano orizzontale sul quale poggia l'abaco. Sulla II tavola, ad es., sono riportati i dati relativi al monumento ed il grafico che chiamiamo « grafico polare di ricerca »; quindi i due diagrammi cartesiani, l'uno esattamente sotto i corrispondenti valori di  $\theta$  dell'altro, ciascuno dei quali sviluppa, lungo una stessa orizzontale, le variazioni di  $\theta$  da  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ; in corrispondenza, e parallelamente a queste, quelle da  $360^\circ$  a  $720^\circ$  ed infine quelle da  $720^\circ$  a  $1080^\circ$ . È possibile così osservare le eventuali analogie che si verificano col periodo di  $360^\circ$ , sui diversi avvolgimenti e che sono state evidenziate da linee di richiamo verticali e da altri accorgimenti grafici. Infine compare la tabellazione dei valori ottenuti, anch'essa incolonnata per giri completi di  $360^\circ$  per mettere in evidenza i valori omologhi di ogni giro, che risultano perciò allineati. Segue in calce un disegno di « visualizzazione polare della tabellazione » con evidenziati i valori significativi di  $\varphi(\theta)$ .

L'unità di misura scelta per il raggio vettore  $\rho$  è, come abbiamo detto, la decima parte del raggio dell'occhio; quella scelta per l'eccedenza angolare  $\varphi$ , il grado sessagesimale.

(10) L'indagine è stata da noi condotta per confronto, anche sulle volute teoriche proposte da Vignola e da Goldmann con risultati ad andamento naturalmente molto diverso.

(11) Questo fatto può aver indotto in errore Hambidge ed altri autori, facendo loro ritenere che alcune delle volute joniche abbiano lungo certi archi e addirittura (per affrettata estrapolazione) nella loro interezza, andamento logaritmico (vedi [11]).

(12) È ciò forse dovuto alla volontà di suscitare una percezione visiva di maggior armonia dello sviluppo della voluta attorno al suo occhio? I numerosissimi esempi di accorgimenti prospettici usati comunemente dagli artisti greci potrebbero essere di convalida a tale ipotesi (v. per es. [4] vol. X p. 275-6, fig. 5-7).

Inoltre ricordiamo che F. C. Penrose [12] aveva condotto rigorose misure sul Partenone, nel 1846, dalle quali aveva rilevato come gli architetti greci avessero ottenuto il senso euritmico dell'opera per mezzo di varie deformazioni. Nella sua essenza, il concetto di « euritmia » è contenuto in una massima di Eliodoro di Larissa, pervenutaci su di un frammento di una sua opera di architettura, nella quale si afferma che le opere architettoniche devono essere euritmiche non nella realtà, ma riguardo all'apparenza. Anche lo Choisy [9] afferma che venivano usate correzioni ottiche per « togliere ogni freddezza geometrica ».

Di parere analogo, G. Hank (v. L. Grassi « *Storia e cultura dei monumenti* » Soc. Ed. libraria, Milano, 1960, p. 157) introdusse il concetto di « prospettiva soggettiva ». Ricordiamo inoltre la nostra nota (17) al I cap. sulla prospettiva come intesa dal Vignola.

(13) Ad es., anche dell'architettura odierna, viene fatta una ben precisa differenziazione fra quella funzionale e quella organica. C. Bragdon (citato nella bibliografia del « *Saper vedere l'architettura* » di Bruno Zevi), nel suo « *Architecture and Democracy* » (New York 1918) definisce l'architettura ordinata (arranged) « razionale, artificiosa, creata non creativa, immaginata non immaginativa, prodotta dal talento e governata dal gusto ». L'architettura organica sarebbe invece « il prodotto di un'oscura necessità interiore di auto-espressione, che è il subcosciente », è creata e creativa, immaginata e immaginativa, antieucleidea, « nel senso che è più ricca dimensionalmente, in quanto suggerisce l'estensione in direzioni e regioni, in cui lo spirito si trova a suo agio, ma di cui i sensi non danno relazione al cervello ».

(14) Quanto alla leggera contrazione di cui alla lettera d) del n. prec., essa potrebbe spiegarsi con esigenze, ancor sempre di carattere prospettico, dipendente dal particolare collocamento del capitello rispetto ad una posizione dell'osservatore, ipotizzata dall'architetto come « normale » (ad esempio la posizione centrale di fronte alla facciata). Ma, per una spiegazione da un punto di vista più complesso, cfr. Panayotis Michelis « *Remarques esthétiques sur l'architecture grecque* », negli « *Atti del XVI Congresso di Storia dell'Architettura in Atene* » (editi nel 1977 dal « Centro di Studi per la Storia dell'Architettura » in Roma) pp. 27-52.

(15) Nella prefazione di Attilio Frajese all'opera « *Le spirali* » di Archimede (U.T.E.T., Torino, 1974), si legge (a p. 313): « Ben comprende il lettore di quest'opera l'entusiasmo di Galileo, che si riferì all'opera stessa come « *le maravigliose spirali d'Archimede* » ».

(16) L'importanza data dagli antichi greci alle costruzioni con riga e compasso, esprimono questa esigenza. Si osservi anche che le volute derivanti dal « *De architectura* » di Vitruvio, sono per l'appunto eseguite interamente con i soli due strumenti, la riga ed il compasso.

(17) Le coniche furono scoperte da Menecmo (IV sec. a.C.) e dalla sua Scuola, ma gli « *Elementi* » di Euclide (ca. 300 a.C.) le ignorano.

(18) Apparvero nella matematica greca anche altre curve non costruibili con riga e compasso, per es. la famosa curva di Archita (IV sec. a.C.). E tuttavia, per quanto se ne ha notizia, il loro studio non venne approfondito, o almeno quelle curve non entrarono a far parte delle teorie geometriche sistematizzate.

(19) Conosciamo personalmente un solo esempio del genere: è il pentagramma a lati inflessi, stella a 5 punte, riprodotto schematicamente in fig. 15 (il pentagramma a lati rettilinei ivi tratteggiato, è stato qui sovrapposto a scopo di confronto).

(20) Uno di questi risale all'epoca Chou (dinastia fra il 1050 ed il 250 a.C.). Si tratta di un'ampolla a forma di civetta, conservata nel Museo Cernuschi di Parigi (v. « *Capolavori nei secoli* », F.lli Fabbri editori, Milano, 1962, vol. III p. 23) (vedi fig. 16).

NOTE E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] *Dizionario Enciclopedico Italiano*, Ist. Poligrafico dello Stato, 1961.

[2] *Vitruvius Pollio*, architetto e ingegnere del I sec. a.C., noto soprattutto per il suo «*De Architectura*» in 10 volumi, pubblicato, si presume, fra il 27 ed il 23 a.C. e dedicato ad Augusto.

Nei suoi scritti egli riafferma gli stretti legami fra aritmetica, musica, geometria, astrologia ed architettura. («*Critica d'arte*», n. 139, p. 62. Silva «*Pitagorismo e metriche architettoniche nell'antichità*»).

[3] *Claudio Tiberi*, «*Mnesicle architetto*» Officina Edizioni Roma, collana «*Rapporti di architettura*» diretta da P. Portoghesi, nov. 1964.

[4] *Enciclopedia Universale dell'Arte*, Istituto per la collaborazione culturale Venezia-Roma 1958-1966.

[5] *Jacopo Barozzi da Vignola* (1507-1573). «*Regole delli cinque ordini di Architettura*» commentato dal Reyceud II Edizione Paravia, Torino. In tale opera l'autore giunge a fissare pochi rapporti chiari e semplici, sfoltoendo le regole allora seguite d'ogni superfluità ed astrusità.

[6] *Giovanni Poleni* (1683-1761). «*Exercitationes Vitruvianae primae*», hoc est. Joannis Poleni commentarius criticus de M. Vitruvii Pollionis architecti... Patavi... apud J. Manfré, 1739.

[7] *Nikolaus Goldmann*, (1611-1665), «*Voluta jonica Vitruvii Hactenus amissa restituta*», v. [6] p. 313.

[8] *Stuart Yames* (1723-1778) c. *N. Revett* (1720-1804). «*The antiquities of Athens*» London 1772-1816. Edizione italiana «*Le antichità di Atene*», Milano, 1832. Questi ed altri disegni metrici vennero eseguiti dal 1751-53 e pubblicati nel 1762. Si tratta di uno studio accurato delle antichità greche.

[9] *Auguste Choisy*, (1841-1909), ingegnere e architetto autore, fra l'altro, dell'«*Histoire de l'architecture*», edition Vincent, Freal e C., Paris, 1954.

[10] *Augusto Cavallari-Murat*, «*Le exercitationes vitruvianae approdo neoclassico di Simone Stratico (1733-1824)*» Quaderni della Biblioteca filosofica di Torino, n. 122, anno 1978.

[11] *Tay Hambidge*, studioso americano, cercò di dimostrare che l'arte greca del IV e VI secolo è fondata sull'uso dei rettangoli dinamici. Autore fra l'altro dell'opera «*The Parthenon and other Greek temples. Their dynamic symmetry*» New Haven, 1924.

[12] *F. C. Penrose*, illustre e preciso studioso delle antichità greche, come J. Pennethorne. Autore di «*An investigation of the Principles of Architecture*», Londra, 1851 e '88, studio meticoloso ritenuto fondamentale per gli specialisti.

[13] Atti del XVI Congresso di Storia dell'architettura, Atene, 29 settembre, 5 ottobre 1969 alle pagine da 27 a 52.

***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.***

Direttore responsabile: **MARIO FEDERICO ROGGERO**

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

Spedizione in abbonamento postale GR III/70 - Mensile

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - CORSO SIRACUSA, 37 - TORINO