

SARA ISGRÒ

APPUNTI SULLE FORTIFICAZIONI ITALIANE  
DELLE ALPI ORIENTALI DALL'ETÀ POST UNITARIA  
ALLA PRIMA GUERRA MONDIALE E SULLE ATTUALI  
PROSPETTIVE DI RESTAURO E VALORIZZAZIONE

INTRODUZIONE

Il presente contributo ha origine nella tesi di dottorato con la quale ho inteso affrontare il tema delle fortificazioni militari italiane presenti nell'Arco alpino orientale, realizzate in un arco temporale che va dall'età post-unitaria al primo conflitto mondiale, declinandolo dal punto di vista della loro conoscenza, tutela e restauro<sup>1</sup>.

L'obiettivo è stato quello di approfondire il tema dell'arte fortificatoria, un tempo riservata ai soli specialisti – ingegneri e tecnici del genio e d'artiglieria – guardandolo dal particolare angolo visuale dell'esperto di restauro architettonico: un patrimonio materiale e immateriale, fatto di vestigia di fortificazioni, trincee, camminamenti, caverne, postazioni di mitragliatrici e cannoni, teleferiche, strade, mulattiere e piccoli posti di sepoltura.

Lo studio del sistema di fortificazioni permanenti, sovente frutto di studiosi locali, è stato spesso orientato a comprendere gli aspetti prettamente militari, quali il continuo e incessante riferimento alle artiglierie in numero, consistenza, dislocazione, ecc. Una volta escluse alcune singolarità, essi ricuciono attraverso le memorie, le immagini, le pagine dei diari dei soldati austro-ungarici ed italiani i diversi aspetti del vivere al fronte, talvolta descrivendo il succedersi dei fatti politici, storici, economici.

Quello che si rileva è che finora gli studi sulle fortezze italiane non hanno trovato una degna compiutezza; delle loro caratteristiche costruttive, della loro vicenda prebellica; si è inoltre parlato e scritto poco, quasi esclusivamente in relazione o in contrapposizione ai fronteggianti baluardi imperial-regi.

Purtroppo, la frammentarietà del materiale archivistico indagato e i pochi studi, a livello bibliografico, sul sistema di fortificazione permanente italiano non hanno per-

---

<sup>1</sup> S. Isgro, *Ingegneria militare e fortificazioni nell'Arco alpino orientale. Dall'età post unitaria al primo conflitto mondiale. Conoscenza, tutela e restauro*, tesi di Dottorato in Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, 20 febbraio 2019.

messo di approfondire l'aspetto costruttivo-tecnologico dei singoli forti italiani; tuttavia, attraverso la messa a sistema dei dati raccolti, è stato possibile trarre delle considerazioni sull'effettiva risposta del sistema permanente italiano al primo conflitto mondiale oltretutto la messa a fuoco, tra tanti, di due importantissimi altri temi di indagine, quali il rapporto tra fortificazioni e sito ed il contributo dato dagli ingegneri militari all'architettura civile dei primissimi anni '20 del secolo XX.

Pur nella consapevolezza che delineare un percorso storiografico che restituisca, in modo esauriente, lo stato dell'arte sul tema della "Grande Guerra" risulti piuttosto arduo, essendo la bibliografia sulla Prima guerra mondiale in continuo aggiornamento, la ricerca è partita da un'ampia disamina bibliografica, condotta presso le Biblioteche Nazionali Centrali di Firenze e Roma e presso le biblioteche del Museo dell'Arma del Genio di Roma e del Museo Storico della Guerra di Rovereto, avvalendosi di una approfondita ricerca archivistica condotta presso l'archivio dell'Istituto di Storia e Cultura dell'Arma del Genio di Roma, l'archivio del Museo Storico della Guerra di Rovereto e l'Archivio di Stato di Vienna. A tale ricerca sulle fonti è stata affiancato lo studio sul campo di alcuni forti italiani e austro-ungarici.

Oggi, sulla base dei primi risultati della ricerca sul sistema di fortificazione permanente italiano, ancora in fieri, possiamo a ragione affermare che i forti rappresentano un interessante caso di studio: in essi infatti si assiste ad un continuo rincorrersi tra le specialità dell'Artiglieria e del Genio, in cui la prima si trova sempre in posizione di vantaggio rispetto alla seconda.

#### ASPETTI TIPOLOGICO-COSTRUTTIVI DEI FORTI ITALIANI E AUSTRIACI

Dalla lettura delle carte d'archivio di Roma e Vienna, oltretutto dal rilievo diretto di alcuni forti italiani e austro-ungarici, quello che si nota con una certa evidenza è la notevole differenza tra i secondi, costruiti "alla prova" dei mortai da 305 mm, già compresi tra le artiglierie del parco d'assedio dell'esercito austro-ungarico (con cupole d'acciaio di 330 mm e masse di calcestruzzo o cemento armato di 4-5 m di spessore); e le batterie italiane che avevano corazzature limitate a 165 mm e masse cementizie di 2-2,5 m, capaci di resistere efficacemente alle offese dei soli medi calibri.

Inoltre, le cupole delle opere italiane – del diametro di 5 m, a saetta molto ridotta – erano di forma lenticolare alquanto schiacciata, così da presentare una superficie sfuggente ai tiri di lancio, ritenuti più minacciosi; nelle opere austriache, invece, questo stesso elemento è di forma ovoidale, con diametro di base di 2,60 m, così da opporsi efficacemente agli effetti dei tiri arcuati dei grossi mortai e si componevano di un unico elemento, a differenza delle cupole italiane composte da due o tre parti (Figg. 1-3).

La bocca da fuoco, che nelle installazioni italiane sporgeva completamente dagli orecchioni alla volata (Fig. 4), in quelle austriache è protetta per intero dalla cupola e

l'avancorazza, spinta fino alla massa muraria per circa due metri, si componeva di soli due pezzi, il che conferiva al complesso una maggiore robustezza, mentre nelle installazioni italiane l'avancorazza era costituita da sei pezzi e sprofondava nella massa di calcestruzzo soltanto di un metro. La disposizione lineare delle cupole (Fig. 5), mantenuta costante nelle opere italiane, non veniva invece seguita in quelle austriache nelle quali, durante la guerra italo-austriaca, furono costruite delle false cupole in cemento per trarre in inganno l'attaccante (Fig. 6).

Al di là degli aspetti costruttivi, è tuttavia la concezione tattica che appare profondamente diversa. I forti italiani sono stati pensati per battere le fortezze avversarie e impedire l'eventuale avanzata delle truppe lungo le valli e pertanto venivano collocati su cime elevate, quasi inaccessibili, e armati con cannoni in grado di assicurare un esteso campo di tiro. Quelli austriaci nascevano invece per fungere da potenti caposalda a sostegno della fanteria, inseriti all'interno di un più ampio sistema difensivo fatto di trincee e postazioni in grado di appoggiarsi a vicenda e di resistere per lunghi periodi anche con poche truppe.

La "guerra dei forti" lungo il fronte italo-austriaco durò pochissime settimane e ciò è uno dei grandi paradossi della Prima guerra mondiale: da parte italiana, uno sforzo trentennale dal punto di vista finanziario e logistico, vanificato da nuovi armamenti che hanno messo fuori uso le fortezze. Seppur progettate e costruite secondo le più moderne concezioni tecnologiche del tempo, alla prova del fuoco le fortificazioni italiane, costruite solo pochi anni prima dello scoppio del conflitto in base al piano Ferrero, si rivelarono superate dall'evoluzione delle artiglierie, perdendo irrimediabilmente, sin dai primi giorni del conflitto, le loro capacità operative.

L'evoluzione delle tecniche costruttive dei forti rimanda direttamente alla prassi costruttiva del tempo e si intreccia strettamente con le molteplici conseguenze della rivoluzione industriale, per la qual cosa l'ingegneria militare finì col disporre di ulteriori materiali e di nuove tecnologie.

Nei forti italiani ritroviamo un variegato repertorio dei diversi fatti concomitanti – politica, economia, industrializzazione – che hanno segnato la storia italiana all'indomani dell'Unità.

Studiando i forti, con le loro cupole d'acciaio e le masse di calcestruzzo colato (che gradualmente si sostituirono alle opere in muratura), lo storico può leggere le scelte della politica estera, l'inadeguatezza della politica militare e la crescita dell'industria metalmeccanica.

La cultura dell'ecllettismo, evidente in molte realizzazioni in pietra e propria degli interventi successivi alla firma della Triplice Alleanza, sulla soglia del Novecento cedette il passo ai nuovi materiali, acciaio e calcestruzzo. Al riguardo, è stato interessante comprendere come i diversi Stati coinvolti nel conflitto abbiano pian piano iniziato a farsi, attraverso la corsa agli armamenti, una guerra incruenta ma non priva di conseguenze, molto tempo prima dello scoppio del conflitto.

Detta guerra si combatté attraverso la costruzione di edifici militari, nei poligoni d'artiglieria, nei laboratori chimici. Bange contro Krupp, Saint Chamond contro Gruson, Châlons contro Cotroceni, torri di ferro e di ghisa giranti, oscillanti e a scomparsa, a uno o a due pezzi, cannoni e granate, polveri nere e brune e sostanze esplosive più o meno misteriose e terribili, calcestruzzi e metalli.

Le prove di tiro comparative, eseguite sulle masse di conglomerato artificiale e di granito di Baveno dell'antico forte Cerro sul lago Maggiore (1864)<sup>2</sup>, misero in evidenza una proprietà caratteristica dei conglomerati, che ne rendeva assai opportuno l'impiego nelle opere di difesa: l'urto dei proiettili non dava luogo a fenditure radiali e a conseguenti disgregamenti della massa e la loro azione rimaneva circoscritta al punto di percossa. Per tale proprietà, nelle opere di difesa i conglomerati artificiali risultavano preferibili a quelli naturali, anche allo stesso granito<sup>3</sup>.

La superiorità di resistenza dei primi venne confermata dalle esperienze di Kummersdorf (1884) e di Bourges (13 dicembre 1886 - 10 gennaio 1887) (Tavv. 1-6) che mostrarono le singolari qualità di resistenza del calcestruzzo cementizio all'urto e allo scoppio delle granate torpedini. Tali deduzioni ebbero poi ampia conferma nelle successive prove di tiro eseguite al campo di Châlons (1888) e al poligono di Schoorl in Olanda (giugno-luglio 1892)<sup>4</sup> (Tavv. 7-11).

Il volume *La fortification du temps présent* (1885)<sup>5</sup>, in cui il generale belga H.A. Brialmont sviluppò le sue idee sulle trasformazioni da introdurre nella fortificazione permanente, e *L'influence du tir plongeant et des obus-torpilles sur la fortification* (1888)<sup>6</sup>,

---

<sup>2</sup> C. Leonardi, *Relazione sulle esperienze del tiro delle artiglierie rigate contro i muri, eseguite sul Lago Maggiore dal 22 agosto al 22 ottobre 1864*, in: "Giornale del Genio Militare", fasc. 3 (1865), pp. 77-108.

<sup>3</sup> *Ibidem*; si veda anche: E. Rocchi, *Le forme ed i materiali della nuova fortificazione*, "Rivista di Artiglieria e Genio", (1888), vol. II, pp. 46-47.

<sup>4</sup> Cfr. E. Leithner, *La fortificazione permanente e la guerra di fortezza trattate secondo le fonti più recenti*, a cura di E. Rocchi (2 voll.), Roma 1895, qui vol. I, pp. 344-368; si veda inoltre E. Rocchi, *La fortificazione attuale*, "Rivista di Artiglieria e Genio", vol. II (1892), pp. 5-43.

<sup>5</sup> Cfr. H. A. Brialmont, *La fortification du temps présent*, Bruxelles 1885.

<sup>6</sup> H. A. Brialmont, *L'influence du tir plongeant et des obus-torpilles sur la fortification*, Bruxelles 1888.

pubblicato solo tre anni più tardi, coerentemente con la particolare situazione dei risultati delle esperienze di tiro contro opere murarie, condotte a partire dal 1865, permettono di comprendere quello che Brialmont definisce *le grand dessarroi* (il grande scompiglio) in cui si trovarono gli ingegneri militari di fine sec. XIX<sup>7</sup> di fronte alla rapida evoluzione delle artiglierie.

Le esperienze di tiro contro i manufatti di calcestruzzo dovevano fornire elementi utili alla soluzione di due ordini diversi di problemi: il primo relativo al possibile consolidamento di opere esistenti, il secondo riguardante le nuove costruzioni.

Al riguardo sono interessanti le soluzioni presentate da Brialmont per entrambi i casi: innanzitutto ha distinto le parti esposte direttamente al tiro (come anelli di copertura delle avancorazze nelle torri girevoli e volte protette da uno strato di terra sabbiosa minore di 6 m o di terra argillosa, minore di 8-9 m) e le parti non esposte, come piedritti, muri di sostegno, muri d'ala, ecc. Per le prime ha indicato un calcestruzzo cosiddetto al quarto, formato da un volume di cemento, 1½ volume di sabbia e quattro parti di ghiaia silicea. Per le altre parti un calcestruzzo meno consistente, formato di un volume di cemento, tre di sabbia e sette di ghiaia.

#### RICERCA E SPERIMENTAZIONE SUL CALCESTRUZZO DA IMPIEGARSI NELLE FORTIFICAZIONI. CENNI

All'aumento di efficacia dell'azione delle artiglierie si rispose con un'efficace reazione, rappresentata dalla costante ricerca e sperimentazione di nuovi materiali, forme e tecniche costruttive.

Si riconobbero come materiali di conveniente impiego: il calcestruzzo, il ferro e i suoi derivati. Ovviamente ogni Stato fece ricorso ai materiali disponibili, evitando per quanto possibile di ricorrere a quelli stranieri, e ciò nel doppio intento di sottrarsi a ogni forma di dipendenza dagli altri Paesi e di limitare la spesa. I calcestruzzi sperimentati all'estero erano di vario tipo e composizione, ma nella maggior parte il componente principale era il cemento Portland, in altri il trass<sup>8</sup> del Reno, in nessuno la pozzolana<sup>9</sup>.

In relazione all'alone di incertezza che all'epoca incombeva sulla chimica dei cementi, al pari di quella sulle malte, Enrico Rocchi, nel saggio *Le forme e i materiali della nuova fortificazione*<sup>10</sup>, evidenziò che studiare i diversi esperimenti eseguiti in vari Stati (dove

---

<sup>7</sup> F. Lo Forte, *Ancora il ferro nella fortificazione (a proposito di un libro del generale Brialmont)*, "Rivista di Artiglieria e Genio", vol. III (1888), p. 9.

<sup>8</sup> Ibidem.

<sup>9</sup> Ibidem.

<sup>10</sup> E. Rocchi, *Le forme ed i materiali della nuova fortificazione*, "Rivista di Artiglieria e Genio", vol. I (1888), pp. 367-408; ivi., *Le forme*, vol. II, pp. 30-78.

la necessità d'impiego del calcestruzzo su larga scala, nella costruzione delle opere, era fuori discussione) sarebbe stato preferibile a indicazioni squisitamente teoriche.

Si riconobbero due tipi di calcestruzzo, a seconda che nella sua composizione venisse utilizzata malta di sabbia e cemento Portland (calcestruzzo di cemento)<sup>11</sup> o malta di calce e pozzolana (calcestruzzo di Pozzolana). Fra i due tipi di calcestruzzo esisteva in primo luogo una differenza relativa al tempo necessario per l'indurimento: il calcestruzzo di cemento, infatti, raggiungeva il massimo grado di durezza molto più velocemente rispetto al calcestruzzo di pozzolana.

Da molteplici esperienze fatte (fra cui quelle di Bucarest nel 1885-1886)<sup>12</sup> si evinse che il calcestruzzo di cemento rispetto a quello di pozzolana presentava sufficiente durezza per resistere all'urto dei proiettili ordinari, ma anche al doppio effetto di penetrazione e di scoppio delle granate-mine.

Il comandante Mougin, che in Francia aveva presieduto alla costruzione degli spalti di calcestruzzo di molte torri girevoli e aveva diretto l'esecuzione delle gettate eseguite con lo stesso materiale a Cotroceni (Romania), rimase dell'avviso che il calcestruzzo di pozzolana non avrebbe mai raggiunto la durezza specifica necessaria a resistere agli effetti dei nuovi mezzi di distruzione e che pertanto il calcestruzzo di cemento dovesse essere impiegato sia nel rinforzo di quelle parti delle opere fortificate esposte all'urto dei proiettili, sia nella costruzione delle coperture orizzontali alla prova dei tiri di sfondo<sup>13</sup>.

Nelle opere di fortificazione realizzate nei Paesi Bassi venne impiegato del calcestruzzo costituito da 18 parti di frantumi di laterizi ferrioli e 10 parti di malta formata con sabbia, calce idraulica e *trass* del Reno (Tab. 1).

Fino all'autunno del 1886 nel poligono di Oldebrock (Olanda)<sup>14</sup> furono sperimentate le seguenti composizioni di calcestruzzo di cemento:

- a) 3 parti di ghiaia, 1 parte di sabbia, 1 parte di cemento Portland.
- b) 4 parti di ghiaia, 1½ parte di sabbia, 1 parte di cemento Portland.
- c) 5 parti di ghiaia, 1½ parte di sabbia, 1 parte di cemento Portland.

Giacché il cemento è uno degli elementi che determina il grado di durezza del calcestruzzo, variandone le proporzioni si ottiene una scala graduale di durezza diffe-

---

<sup>11</sup> Rocchi, *Le forme*, vol. II, cit., p. 47.

<sup>12</sup> La composizione del calcestruzzo sperimentato a Bucarest è: «Una carriola di cemento Portland, inglese, della marca Johnson, che, in seguito ad otto giorni d'indurimento (uno all'aria libera e sette nell'acqua) presentava una forza di resistenza alla trazione di 30 Kg per cmq». Cfr. Rocchi, *Le forme*, vol. II, cit. p. 41.

<sup>13</sup> «Inoltre da un esame accurato di un frammento del calcestruzzo della torre francese appare evidente che questo materiale, per omogeneità e durezza non differiva da una pietra basaltica». *Esperiences de Bukarest, Extrait du rapport de la commission Néerlandaise*, Bruxelles 1886, pp. 42-43.

<sup>14</sup> Rocchi, *Le forme*, vol. II, cit., p. 47.

| Numero d'ordine idraulica | Denominazione della Malta       | Sua composizione in volume |        |       |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------|-------|
|                           |                                 | Calce                      | Sabbia | Trass |
| 1                         | Malta di calce                  | 10                         | 11     | —     |
| 2                         | Malta ordinaria                 | 10                         | 10     | —     |
| 3                         | Malta di trass-bastardo, debole | 10                         | 8      | 2     |
| 4                         | Malta di trass-bastardo         | 10                         | 6      | 3     |
| 5                         | Malta di trass-bastardo, forte  | 10                         | 4      | 4     |
| 6                         | Malta di trass forte            | 10                         | —      | 5     |

Tab. 1 - La malta impiegata per la formazione del calcestruzzo nella proporzione 10:18.

renti, di cui le composizioni (a) (b) (c) sopra indicate costituiscono un esempio. Se il calcestruzzo molto ricco di cemento (a), per la sua grande durezza specifica, presenta maggiore resistenza allo schiacciamento e quindi alla penetrazione, dall'altra parte risulta più vetroso e rigido, ovvero più soggetto a fessurarsi sotto l'urto dei proiettili rispetto a un calcestruzzo meno duro, cioè meno ricco di cemento.

Nelle diverse composizioni di calcestruzzo si assiste a un fenomeno simile a quello riscontrato nella resistenza dei metalli, fra i quali i più duri (l'acciaio e la ghisa indurita, che presentano maggiore resistenza alla penetrazione dei proiettili rispetto al ferro laminato) risultano anche i più soggetti a fendersi sotto gli urti. Da tali esperienze emerse quindi che il calcestruzzo della composizione (c), meno ricco di cemento, era anche più resistente agli urti dei proiettili.

La proporzione di cemento Portland che entra nella composizione (c) – che differiva di poco rispetto a quella realizzata nelle prove di Bucarest, e anche a quella normalmente adottata in Belgio e in Germania (che comprende 5 parti di ghiaia, 1½ di sabbia, 1 di cemento) – sembrò anche la più adatta a rispondere alle esigenze sopra accennate (Tab. 2).

Detta porzione di cemento, in volume, poco differisce dalla proporzione, in peso, di [sic] 350 a 400 kg per mc di calcestruzzo in opera, che viene dal generale belga H. A. Brialmont ritenuta come necessaria per ottenere un buon calcestruzzo<sup>15</sup>.

Nella costruzione dei forti della Mosa (teste di ponte di Liegi e di Namur) (Fig. 7), il calcestruzzo destinato per i piedritti e per le volte risultò più ricco di cemento, e pre-

<sup>15</sup> Ibidem. Queste composizioni poco differivano da quelle normali, la sabbia e la ghiaia venivano estratte dal fiume Mosa (Francia) e Sambre (Francia-Belgio).

| ID | Oggetto delle prove   | Francia              | Belgio               | Germania             | Danimarca            | Svizzera             | Inghilterra                          | Russia                             | Romania              | Valori adottabili in Italia        |
|----|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 1  | Densità   | —                    | 1,3                  | —                    | —                    | —                    | —                                    | —                                  | 1,3                  | 1,3                                |
| 2  | Finezza   | —                    | 15%                  | 10%                  | —                    | 20%                  | 15%                                  | 15%                                | 15%                  | 15%                                |
| 3  | Durata della Presa (in minuti)<br>minima<br>massima                                   | 30<br>180            | 30<br>—              | 30<br>120            | —<br>—               | 30<br>120            | 60<br>—                              | —<br>—                             | 60<br>—              | 30<br>180                          |
| 4  | Resistenza alla trazione (Kg)<br>a) cemento puro<br>b) cemento e sabbia normale       | 20 <sup>1</sup><br>8 | 25 <sup>3</sup><br>— | —<br>16 <sup>4</sup> | 25 <sup>3</sup><br>— | —<br>16 <sup>4</sup> | 25 <sup>3</sup><br>9,83 <sup>4</sup> | 25 <sup>3</sup><br>10 <sup>5</sup> | 25 <sup>3</sup><br>— | 25 <sup>3</sup><br>16 <sup>4</sup> |
| 5  | Resistenza allo schiacciamento  | —                    | —                    | 160 <sup>4</sup>     | —                    | 150 <sup>4</sup>     | —                                    | —                                  | —                    | 150 <sup>4</sup>                   |
| 6  | Acqua per l'impasto delle mattonelle:<br>a) di cemento puro<br>b) di cemento e sabbia | —                    | —                    | —                    | —                    | —                    | —                                    | 20a30%                             | —                    | 25%<br>8%                          |

Tab. 2 - Nella tabella sono riportati i risultati di alcuni esperimenti fatti all'estero sui calcestruzzi.  
 Nota: (1) dopo 7 giorni; (2) la finenza è rappresentata dal residuo nello staccio di 900 maglie per cmq; (3) dopo 7 giorni di cui 1 all'aria e 6 di immersione in acqua; (4) dopo 28 giorni; (5) dopo 29 giorni, 1 all'aria e 28 nell'acqua (da E. Rocchi, 1900).

cisamente formato da 1 volume di cemento tipo Portland, 2 volumi di sabbia grossa e 3 volumi di ghiaia; il calcestruzzo meno ricco di cemento, destinato alle fondazioni e ai rinfianchi, era composto da 1 volume di cemento, 4 volumi di sabbia grossa e 6 volumi di ghiaia<sup>16</sup> (Tabb. 3, 4).

| Numero d'ordine | Composizione della Malta in volume |       |       |        | Proporzio di volume | "cmq Resi" | Relazione tra la diminuzione della quantità di cemento nell'unità di volume e la corrispondente diminuzione della resistenza allo schiacciamento, per cmq, nella malta |  |
|-----------------|------------------------------------|-------|-------|--------|---------------------|------------|--|--|
|                 | Portland Cemento                   | Trass | Calce | Sabbia |                     |            | Diminuzione della quantità di cemento nell'unità di volume   | Diminuzione della resistenza allo schiacciamento per cmq della malta |
|                 |                                    |       |       |        |                     | K          |  | K  |
| 1               | 1                                  | —     | —     | 3      | 0,250               | 318        | 10   | —  |
| 2               | 1                                  | —     | 1/4   | 5      | 0,160               | 291        | 10   | —  |
| 3               | 1                                  | —     | 1/2   | 6      | 0,133               | 226        | 10   | 2  |
| 4               | 1                                  | —     | 3/4   | 5      | 0,149               | 154        | 10   | 3  |
| 5               | 1                                  | —     | 1     | 10     | 0,083               | 94         | 10   | 4  |
| 6               | —                                  | 1     | 1     | 1      | 0,000               | 81,6       | 10   | 5  |

Tab. 3 - Specchietto con indicate le resistenze delle diverse sostanze idrauliche, presentate al Congresso di Berlino il 26 febbraio 1887, oltreché la resistenza allo schiacciamento presentata da alcune composizioni di malta, lasciate essiccare all'aria, dopo 28 giorni (da E. Rocchi, 1900).

| Composizione della malta in peso |       |        | Resistenza alla trazione per cmq in Kg |      |      |      |      |       |      |
|----------------------------------|-------|--------|--|------|------|------|------|-------|------|
|                                  |       |        | settimane                              |      |      |      | anni |       |      |
| Cemento                          | Calce | Sabbia | 1                                      | 4    | 13   | 26   | 1    | 1 1/2 | 2    |
| 1                                | 3     | 16,3   | 20,5                                   | 28,3 | 37,2 | 43,9 | 46,8 | 51,9  | —    |
| 1                                | 1/2   | 6      | 6,5                                    | 12,1 | 26,5 | 27,4 | 35   | 35,4  | 43,8 |

Tab. 4 - Dalla tabella si evince il graduale aumento della resistenza a trazione di due composizioni di malta, la prima a base di cemento, la seconda di cemento e calce (da E. Rocchi, 1900).

<sup>16</sup> Rocchi, *Le forme*, vol. II, cit., p. 54.

Nonostante l'uso dei frantumi di laterizi nella composizione del calcestruzzo consenta di ottenere ottimi risultati dal punto di vista della resistenza allo schiacciamento, nelle composizioni destinate a resistere all'azione dei proiettili esplosivi non se ne ritiene idoneo l'impiego. I frantumi di pietre basaltiche, dello spessore medio compreso tra 3 e 4 cm, sono frequentemente impiegati per la formazione del calcestruzzo in Germania, ove manca della buona sabbia fluviale. Sembra inoltre che i frantumi di basalto, e anche quelli di granito, per la loro durezza, potessero dar luogo nel calcestruzzo a inconvenienti simili a quelli attribuiti a un'eccessiva quantità di cemento (Tab. 5).

La piccola ghiaia fluviale (*gravier*), esclusivamente impiegata in Olanda, ove se ne possiede dell'eccellente, e in Belgio, era senza dubbio il materiale di più conveniente impiego per la formazione del calcestruzzo. Al riguardo, da uno studio sopra i cementi di Alzano Maggiore, sintetizzati nella tabella seguente, si nota come la costituzione fisica della sabbia influenzi la resistenza a compressione delle malte (Tab. 6).

Considerato che il calcestruzzo acquista solidità e durezza per effetto di reazioni chimiche, e che l'acqua adoperata nell'impasto è il mezzo che determina tale reazione, è evidente che la quantità e qualità dell'acqua impiegata, e soprattutto, la sua temperatura dovevano esercitare un'influenza fondamentale sulla riuscita più o meno favorevole del lavoro<sup>17</sup>.

Le acque prive di sali sono le più adatte; la presenza dei cloruri e dei solfati di metalli terrosi ritarda la presa; i carbonati alcalini, invece, l'accelerano. Salvo la circostanza del ritardo, non si avevano prescrizioni che vietassero l'impiego dell'acqua marina nella confezione delle malte, tanto di cemento che di calce idraulica.

Poco adatte erano invece le acque selenitose e magnesiache, nonché quelle che contengono materie organiche; erano invece da escludersi le acque torbide, contenenti in sospensione terre e altre sostanze:

L'acqua necessaria per l'impasto deve essere in giusta proporzione. Per parte dell'agglomerato essa è abbastanza esattamente definita: come meglio può ritenersi che il cemento Portland richiede 250 l per tonnellata. Le temperature basse rallentano la presa, ma a 5° sotto lo 0°, i migliori risultati si ottengono a temperature fra 10° e 18°; tuttavia fuori da questi limiti si può ancora lavorare senza pregiudizio della riuscita finale. Quando fosse indispensabile lavorare con temperature ancora più basse bisognerebbe impiegare acqua salata, con che si abbassa di molto il grado in cui avviene la congelazione, la quale riuscirebbe pernicioso per la compattezza. Sembra pure indicato per l'impasto di malta in tali condizioni l'impiego di soluzione di soda (soluzione di carbonato di sodio al 10%). [...] Le temperature alte (superiore ai 20°) accelerano la presa, che, alle volte, si può essere

---

<sup>17</sup> G. Vacchelli, *Le costruzioni in calcestruzzo ed in cemento armato*, Milano 1903, pp. 65-66.

| INDICAZIONI<br>RELATIVE AI CEMENTI IMPIEGATI   | Quantità<br>di<br>cemento<br>ogni m <sup>3</sup><br>di sabbia<br>(in Kg.) | Quantità<br>d'acqua<br>occorre<br>nell'<br>impasto<br>di 100<br>Kg. di<br>malta<br>(in litri) | Volume<br>della malta<br>(in m <sup>3</sup> ) | Peso<br>specifico<br>dei provini | Resistenza per cm <sup>2</sup> in Kg. |              |           |           |           |           |                   |              |           |           |           |           |
|--|---|---|---|----------------------------------|---------------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  |   |   |   |                                  | alla trazione                         |              |           |           |           |           | alla compressione |              |           |           |           |           |
|  |   |   |   |                                  | 7<br>giorni                           | 28<br>giorni | 1<br>anno | 2<br>anni | 3<br>anni | 4<br>anni | 7<br>giorni       | 28<br>giorni | 1<br>anno | 2<br>anni | 3<br>anni | 4<br>anni |
|  |   |   |   |                                  | Kg.                                   | Kg.          | Kg.       | Kg.       | Kg.       | Kg.       | Kg.               | Kg.          | Kg.       | Kg.       | Kg.       | Kg.       |
| Cemento N. 1<br>Peso del litro: 1330<br>Residuo allo staccio { di 900 m.: 10.5<br>di 4900 m.: 38.0 | 150   | 9.0   | -   | -                                | Kg.                                   | Kg.          | Kg.       | Kg.       | Kg.       | Kg.       | Kg.               | Kg.          | Kg.       | Kg.       | Kg.       | Kg.       |
|  | 250   | 9.5   | -   | -                                | -                                     | -            | -         | -         | -         | -         | -                 | -            | -         | -         | -         | -         |
|  | 350   | 9.5   | -   | -                                | 4.6                                   | 9.0          | 13.4      | 14.3      | 16.5      | 18.7      | 40.3              | 48.7         | 62.0      | 71.7      | 88.3      | 90.0      |
|  | 450   | 10.5  | -   | -                                | 8.2                                   | 12.6         | 19.1      | 19.8      | 21.6      | 22.5      | 49.7              | 88.3         | 141.7     | 145.0     | 178.3     | 175.0     |
|  | 550   | 10.5  | -   | -                                | 11.2                                  | 18.9         | 29.0      | 27.0      | 32.7      | 33.7      | 98.3              | 135.0        | 208.3     | 210.0     | 240.0     | 245.0     |
|  | 650   | 10.5  | -   | -                                | 13.9                                  | 22.5         | 32.0      | 32.0      | 35.0      | 38.1      | 135.0             | 183.3        | 316.7     | 306.7     | 333.3     | 360.0     |
|  | 800   | 11.0  | 1.005   | 2.19                             | 15.3                                  | 21.1         | 35.2      | 31.4      | 38.5      | 40.8      | 181.7             | 235.0        | 320.0     | 340.0     | 390.0     | 430.0     |
| 1000   | 11.0  | 1.090   | 2.23  | 21.2                             | 31.0                                  | 37.1         | 50.0      | 50.2      | -         | 200.0     | 283.3             | 416.0        | 463.3     | 576.7     | -         |           |
| Cemento N. 2<br>Peso del litro: 1310<br>Residuo allo staccio { di 900 m.: 6<br>di 4900 m.: 30      | 150   | 9.0   | 0.865   | -                                | 1.9                                   | 2.7          | 4.9       | 5.2       | 7.6       | 8.2       | 18.7              | 28.7         | 35.7      | 40.3      | 52.0      | 35.3      |
|  | 250   | 10.0  | 0.865   | -                                | 9.0                                   | 10.1         | 14.9      | 14.7      | 15.4      | 14.1      | 45.3              | 82.0         | 121.7     | 115.0     | 125.0     | 138.3     |
|  | 350   | 10.5  | 0.875   | -                                | 9.8                                   | 16.5         | 23.7      | 20.0      | 24.0      | 24.2      | 73.3              | 136.7        | 210.0     | 206.7     | 216.7     | 231.7     |
|  | 450   | 10.5  | 0.885   | -                                | 16.4                                  | 27.7         | 30.6      | 28.2      | 32.5      | 34.5      | 107.3             | 216.7        | 283.3     | 310.0     | 323.3     | 310.0     |
|  | 550   | 11.0  | 0.900   | -                                | 17.7                                  | 32.5         | 34.5      | 34.5      | 39.5      | 40.5      | 148.3             | 260.0        | 393.3     | 400.0     | 426.7     | 453.0     |
|  | 650   | 11.0  | 0.925   | -                                | 24.6                                  | 38.8         | 41.8      | 39.2      | 43.4      | 45.2      | 185.0             | 353.3        | 410.0     | 426.7     | 456.7     | 503.3     |
|  | 800   | 11.0  | 0.995   | 2.25                             | 25.9                                  | 38.7         | 50.2      | 56.7      | 55.2      | -         | 236.7             | 353.3        | 546.0     | 553.3     | 613.3     | -         |
| 1000   | 11.0  | 1.085   | 2.25  | 31.2                             | 39.5                                  | 54.0         | 63.9      | 57.4      | -         | 238.3     | 357.0             | 540.0        | 620.0     | 646.7     | -         |           |
| Cemento N. 3<br>Peso del litro: 1300<br>Residuo allo staccio { di 900 m.: 0<br>di 4900 m.: 10      | 150   | 9.5   | 0.835   | 1.81                             | 2.4                                   | 3.5          | 8.6       | 12.0      | 12.2      | 11.3      | 25.3              | 30.3         | 42.0      | 55.0      | 60.0      | -         |
|  | 250   | 10.0  | 0.850   | 1.83                             | 4.1                                   | 7.2          | 14.9      | 20.4      | 22.0      | 18.3      | 60.3              | 85.0         | 128.3     | 165.0     | 175.0     | -         |
|  | 350   | 10.5  | 0.850   | 2.00                             | 10.6                                  | 18.4         | 33.2      | 32.2      | 34.5      | 33.5      | 115.0             | 156.7        | 243.3     | 313.0     | 340.0     | -         |
|  | 450   | 10.5  | 0.850   | 2.00                             | 19.2                                  | 28.9         | 40.2      | 45.1      | 47.0      | 44.0      | 195.0             | 230.0        | 416.7     | 420.0     | 500.0     | -         |
|  | 550   | 11.0  | 0.895   | 2.21                             | 24.5                                  | 36.2         | 54.8      | 55.2      | 58.5      | 50.0      | 181.7             | 283.3        | 520.0     | 590.0     | 625.0     | -         |
|  | 650   | 11.0  | 0.940   | 2.21                             | 28.1                                  | 43.0         | 49.5      | 56.7      | 60.7      | 54.0      | 275.0             | 343.3        | 525.0     | 580.0     | 625.0     | -         |
|  | 800   | 11.5  | 1.010   | 2.23                             | 33.7                                  | 47.4         | 57.7      | 64.0      | 65.9      | 66.9      | 260.0             | 416.7        | 603.3     | 633.3     | 656.7     | -         |
| 1000   | 11.5  | 1.100   | 2.22  | 29.7                             | 47.5                                  | 57.0         | 65.6      | 68.0      | 68.4      | 283.3     | 420.0             | 600.0        | 723.3     | 680.0     | -         |           |

Tab. 5 - (da G. Vacchelli 1903, p. 66).

| QUALITA'<br>DELLE<br>SABBIE NATURALI | Costruzione fisica o grado<br>granulometrico della sabbia |  |  |   | Resistenza in Kg. per cm <sup>2</sup><br>alla compressione, della malta fatta con<br>400 Kg.    200 Kg.<br>di cemento per m <sup>3</sup> di sabbia<br>dopo giorni |     |     |     |    |     |
|--------------------------------------|---|--|--|---|---|-----|-----|-----|----|-----|
|                                      | Ciotoli<br>da m/m 8<br>a m/m 5                            | Grani<br>grossi<br>da m/m 5<br>a m/m 3 | Grani<br>medi<br>da m/m 2<br>a m/m 1/2 | Grani<br>fini<br>inferiori<br>a m/m 1/2 | 7   |     |     | 28  |    |     |
|                                      |   |  |  |   | 7   | 28  | 84  | 7   | 28 | 84  |
|                                      | Grossa del Serio . . . . .                                | 15                                     | 23                                     | 51                                      | 11  | 133 | 167 | 321 | 31 | 57  |
| Fina del Serio . . . . .             | 6   | 12                                     | 33                                     | 59                                      | 43  | 81  | 113 | 16  | 23 | 38  |
| Grossa del Ticino . . . . .          | 3   | 8                                      | 63                                     | 26                                      | 108   | 155 | 210 | 29  | 41 | 69  |
| Fina del Ticino . . . . .            | -   | 4                                      | 31                                     | 64                                      | 37  | 54  | 73  | 14  | 23 | 31  |
| Grossa dell'Adda . . . . .           | 31  | 22                                     | 24                                     | 23                                      | 139   | 241 | 386 | 51  | 97 | 131 |
| Fina dell'Adda . . . . .             | -   | 18                                     | 35                                     | 47                                      | 28  | 73  | 103 | 19  | 29 | 44  |

Tab. 6 - Resistenza delle malte di cemento Portland (da G. Vacchelli 1903).

obbligati a ritardare con l'aggiunta di cloruro di calcio; l'acceleramento della presa riesce però di danno alla resistenza finale<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Si segnalano a tal proposito i seguenti articoli: *Malte di cemento al cloruro di calcio*, "Rivista di Artiglieria e Genio", vol. IV (1888), pp. 512-517; *Azione del gelo sulle malte*, "Rivista di Artiglieria e Genio", vol. III, (1887), pp. 126-127.

Da alcune esperienze riportate dalla “Rivista di Artiglieria e Genio” risulta, inoltre, che l’impiego di acqua di mare non abbia influenzato la resistenza del calcestruzzo.

Non ci sono indicazioni che attestino l’utilizzo di cloruro di sodio nei calcestruzzi delle opere fortificate costruite dal Genio Militare italiano durante la Grande Guerra; tuttavia è presumibile che questo accorgimento sia stato adottato considerando la quota in cui i forti italiani sono stati costruiti, che ha portato ad avere calcestruzzi di qualità inferiore in ragione dell’enorme escursione termica tra il giorno e la notte che ne ha pregiudicato la corretta maturazione.

In Italia<sup>19</sup> furono applicati i risultati delle esperienze fatte in Europa sui nuovi materiali da utilizzare nella fortificazione ma, come spesso è accaduto, i problemi economici o semplicemente il modo in cui sono state progettate ed eseguite le opere fortificate ne limitarono la resa.

#### DAL PRINCIPIO DELLA MASSA AL PRINCIPIO DELLA DIFESA INDIRECTA

Tutti i particolari d’ordinamento, di costruzione e di armamento delle opere di difesa erette negli ultimi decenni del secolo XIX erano informati al principio della massa e pertanto destinati a vedere menomata la loro facoltà di resistenza a ogni aumento di efficacia dei mezzi d’attacco.

I forti di Liegi e di Namur che il governo belga fece erigere fra il 1885 e il 1886 per tutelare la neutralità dello Stato erano costituiti da una grande massa di calcestruzzo cementizio, di forma pressoché triangolare col saliente smussato, limitato da superfici convesse, atte a favorire il rimbalzo e lo scivolamento dei proiettili. Dal nucleo cementizio affioravano le torri corazzate girevoli, disposte in gruppi.

Nell’interno del nucleo stesso erano ricavati in caverne artificiali i locali che maggiormente importava proteggere dall’azione distruttiva dei nuovi proiettili: la polveriera, i laboratori, la sede degli impianti meccanici ed elettrici, ecc. Indubbiamente la fortificazione ha attraversato un periodo di tentativi, anziché di assoluta trasformazione.

---

<sup>19</sup> Alla data del 1888, come si evince dall’articolo di Lo Forte, nessuno dei calcestruzzi italiani è stato sperimentato dal punto di vista della sua applicazione ai lavori di fortificazione come materiale di resistenza; lo stesso Lo Forte si augura che «presto anche in Italia si facciano delle esperienze sui calcestruzzi formati con composti nazionali e che riguardino sia i calcestruzzi a base di cemento di “fabbrica nazionale”, quanto su calcestruzzi a base di pozzolana e di calce». Cfr.: Lo Forte, *Ancora il ferro nella fortificazione*, cit., pp. 226-227. Al riguardo, Lo Forte avanza la possibilità che tali esperimenti si facciano al poligono di Nettuno affidando alla Direzione del Genio di Roma la cura dei necessari apprestamenti. Cfr.: *Ibidem*.

Nei particolari tecnici e d'ordinamento dei forti della Mosa, progettati e costruiti dal Genio belga sotto l'alta direzione del generale Brialmont si ravvisa la più larga e ben riuscita applicazione delle industrie meccaniche e metallurgiche dell'architettura moderna<sup>20</sup>.

Sulla soglia del Novecento, per affrancare la fortificazione dall'azione distruttiva delle potenti artiglierie si ravvisò l'esigenza di adottare il concetto della resistenza indiretta e dell'occultamento del bersaglio, riducendo ai minimi termini il rilievo e la profondità delle opere.

Un'opera fortificata che rispondeva a tali concetti si riduceva dunque a un banco di calcestruzzo, largo non più di 10 m, non emergente dal terreno, sul quale affioravano le bocche da fuoco, installate dentro pozzi di pianta circolare, protetti da cupola metallica. Il concetto base era quello di creare opere robuste e isolate, possibilmente su rilievi dominanti e quindi al sicuro dalle offese dell'artiglieria nemica e dalle sorprese della fanteria.

In Italia ha prevalso la linea concettuale del belga Brialmont, sotto forma di una sua variante elaborata dal generale Enrico Rocchi: la scuola dei forti corazzati ridotti, a difesa indipendente.

Le forme dell'architettura militare emergenti da tali concetti erano caratteristiche per l'ordinamento delle bocche da fuoco in linea retta<sup>21</sup> e, fra le molteplici installazioni protette che l'industria era in grado di fornire alle artiglierie, quella in pozzi risultava la più opportuna, poiché meglio di ogni altra soddisfaceva i nuovi concetti di occultamento e del minimo bersaglio.

Negli intervalli tra pozzo e pozzo erano collocate le riserve per il munizionamento, mentre dietro la linea dei pezzi e in un piano inferiore solitamente si ricavava un corridoio con copertura a botte ai lati del quale era destinato lo spazio per il ricovero del presidio (Figg. 8-9):

I locali di servizio e i magazzini saranno interrati, e quanto non è strettamente necessario all'interno dell'opera verrà organizzato all'esterno «ed occultato in pieghe del terreno o in caverne»<sup>22</sup>.

Le caverne presero il posto delle caserme, delle polveriere, dei magazzini; si rinunciò al fossato e la difesa ravvicinata venne affidata ai cavalli di frisia, invisibili e indistruttibili.

Ritornò quel concetto di Rocchi per cui

---

<sup>20</sup> E. Rocchi, *Storia delle fortificazioni e dell'architettura militare*, Vol. II, Roma 1908, (rist. Genova 2010, p. 488).

<sup>21</sup> Ibidem.

<sup>22</sup> Rocchi, *Storia delle fortificazioni*, cit., p. 491.

in montagna la fortificazione assurge a vera arte dell'adattamento delle proprie forme al terreno. [...] Lo studio della fortificazione in montagna gioverà a promuovere lo sviluppo di una scuola, che potrebbe chiamarsi opportunista, la quale, dalle multiformi creazioni dell'industria e dai diversi concetti difensivi che si contendono il primato, tragga disposizioni e forme fortificatorie atte a soddisfare i più urgenti bisogni<sup>23</sup>.

Questa affermazione apre a una riflessione che si fa volano per approfondire la ricerca nel rapporto tra architettura fortificata e il sito prescelto per la costruzione di opere militari. Tanto nella "Rivista di Artiglieria e Genio", quanto in una moltitudine di saggi a carattere generale sul sistema di fortificazione permanente, non ci sono studi di ingegneri militari italiani sul sistema di fortificazione permanente (eccezione fatta per il saggio di Cirincione<sup>24</sup> pubblicato nel 1923); ovvero, non troviamo alcuna descrizione dei forti tipo Rocchi, nessun rimando al forte Verena (i cui spari sancirono l'ingresso dell'Italia nel primo conflitto mondiale), o ad altro forte, neppure tra i diversi saggi sulle operazioni in guerra nei diversi anni del conflitto. Occorre chiedersi il perché di una simile lacuna: forse per rispondere a esigenze di segretezza? Anche a guerra finita?

Stupisce poi il permanere di tale situazione nei diversi manuali e/o libri pubblicati in quegli anni e destinati agli allievi ufficiali dell'Arma del Genio, quindi ai futuri progettisti di fortificazione.

Nei due volumi di Rocchi, *Le fonti storiche dell'architettura militare* (1908)<sup>25</sup> e di Guidetti, *La fortificazione permanente* (1913)<sup>26</sup>, diversi nel titolo ma molto affini nei contenuti, testi scolastici destinati agli allievi ufficiali dell'arma del Genio, si evidenziava una rimarchevole importanza del sito, attribuendo a questo la facoltà di influire sul tipo di forte da realizzarsi.

Pochi erano i trattati che si occupavano del rapporto tra fortificazione e sito: un problema non indifferente, che emergeva prontamente nel momento in cui si passava dalla teoria alla pratica, dall'ideazione alla costruzione della fortezza. Sul finire dell'Ottocento, nei volumi di Antonio Araldi, *Gli ostacoli naturali e la fortificazione* (1892)<sup>27</sup>, vero e proprio saggio di strategia militare, e di Giovanni Sironi, *Saggi di geografia strategica* (1873)<sup>28</sup> (diverso ma allo stesso tempo molto simile a quello dell'Araldi), così come in tutta la storiografia di riferimento, il tema dell'opera di fortificazione è trattato separatamente da quello relativo al sito da fortificare.

---

<sup>23</sup> Ivi, p. 489.

<sup>24</sup> G. Cirincione, *Considerazioni e deduzioni tratte dal comportamento delle opere permanenti sulla fronte trentina durante la grande guerra*, "Rivista di Artiglieria e Genio", vol. II (1923), pp. 140-172.

<sup>25</sup> Rocchi, *Storia delle fortificazioni*, cit.

<sup>26</sup> A. Guidetti, *La fortificazione permanente*, Torino 1913.

<sup>27</sup> A. Araldi, *Gli ostacoli naturali e la fortificazione*, Bologna 1892.

<sup>28</sup> Ibidem.

Le cose cambiarono sulla soglia del Novecento, quando in ragione della corsa agli armamenti delle diverse potenze europee, per affrancare la fortificazione dall'azione distruttiva delle potenti artiglierie, di cui era dotato lo stesso parco d'assedio austro-ungarico, si ravvisò l'esigenza di adottare il concetto della resistenza indiretta e dell'occultamento del bersaglio, riducendo ai minimi termini il rilievo e la profondità delle opere. Il concetto base era quello di creare opere robuste e isolate, possibilmente su rilievi dominanti e quindi al sicuro dalle offese dell'artiglieria nemica e dalle sorprese della fanteria.

Da qui una maggiore attenzione all'ambientamento delle opere dando il via a diversi interventi di mascheramento e di mimetizzazione. Ritornò quel concetto di Rocchi per cui «in montagna la fortificazione assurge a vera arte dell'adattamento delle proprie forme al terreno»<sup>29</sup>.

Il volume di De Antoni e Guidetti, *Studi di opere di fortificazione di montagna* (1900)<sup>30</sup>, in cui sono raccolte diverse iconografie di forti "tipo", *sine nomine*, adagiati su diverse orografie e quote del terreno, conferma a nostro avviso quel dettame di Rocchi per cui, a partire da "tipi" prestabiliti, il progetto dei forti avrebbe dovuto piegarsi all'orografia del sito, giacché

la montagna si presenta come l'ambiente più atto a suggerire provvedimenti pratici, derivanti dall'esame puro e semplice delle necessità del caso ed imposti dalle condizioni locali, come transazioni tra il desiderabile e il realizzabile, tra le esigenze di ordine tecnico e quelle di ordine economico [...] L'ingegnere militare deve cercare nel terreno l'ispirazione per i suoi progetti<sup>31</sup>.

Il volume di De Antoni-Guidetti offre dunque una chiave di lettura consapevole del perché dell'assenza di tavole di progetto di forti nei diversi volumi, dispense e sinossi, allora consegnate agli allievi ufficiali dell'arma del Genio, ovvero a quelli che sarebbero stati i futuri progettisti di fortificazioni, e implicitamente conferma l'assunto per cui

lo studio della fortificazione in montagna giova a promuovere lo sviluppo di una scuola opportunistica la quale, dalle multiformi creazioni dell'industria e dai diversi concetti difensivi che si contendono il primato, tragga disposizioni e forme fortificatorie atte a soddisfare i più urgenti bisogni<sup>32</sup>.

---

<sup>29</sup> G. Sironi, *Saggi di geografia strategica*, Torino 1873.

<sup>30</sup> Rocchi, *Storia delle fortificazioni*, cit.

<sup>31</sup> C. De Antoni, A. Guidetti, *Studi di opere di fortificazione di Montagna*, Torino 1900, p. 120.

<sup>32</sup> Rocchi, *Storia delle fortificazioni*, cit.

## CONFRONTI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il sistema di fortificazione permanente, patrimonio di altissima complessità e specificità tecnica e costruttiva, espressione di un'efficace risposta all'esigenza di un piano di difesa concepito a livello nazionale, è monito per una precipua attenzione conservativa, anche in ragione delle trasformazioni subite a causa dell'abbandono a guerra finita, delle distruzioni operate dai recuperanti e, negli ultimi anni, delle trasformazioni legate ai plurimi e vari interventi di restauro, manutenzione e ripristino.

Nei forti ritroviamo storie diverse che hanno lasciato

segni legati al vivere nel forte, con tutta la carica di informazioni che suggeriscono sull'architettura militare e sulla vita dei soldati (dalle tracce legate al trasporto delle armi ai dispositivi ottici per il controllo; dai sistemi di ventilazione a quelli elettrici; ecc); segni legati ai bombardamenti, al disarmo, agli sventramenti dei recuperanti, all'abbandono, all'azione della natura. Segni, la cui stratificazione rappresenta quell'*hic et nunc* che caratterizza in maniera unica ed irripetibile il carattere di tali manufatti contribuendo a diversificarli anche a fronte della ripetizione delle tipologie costruttive<sup>33</sup>.

Ogni qualvolta la cultura architettonica si cimenta con il complesso tema del restauro ci si trova di fronte alle stesse domande. E se il tema è già complesso di per sé, ancora più complesso diviene se applicato al caso specifico del restauro delle fortificazioni.

La combinazione di montagna, cemento e acciaio, nei casi più felici, raggiunge esiti tecnici stupefacenti e ciò spinge a una maggiore diffusione del "restauro del moderno", con interventi progettuali che oscillano dalla conservazione alla reintegrazione, dalla musealizzazione alla ricostruzione fino ad arrivare ai temi della tutela e della valorizzazione del territorio quale palinsesto denso di significati e valori.

La questione della conservazione e del recupero delle fortificazioni appartenenti alla Prima guerra mondiale appare oggi in tutta la sua complessità, sia per la definizione dei progetti culturali sia per l'approccio teorico relativo ai temi del restauro; così anche come per le effettive difficoltà di esecuzione degli interventi e per le concrete problematiche di gestione che le amministrazioni e gli enti preposti alla loro valorizzazione devono affrontare a lavori conclusi.

Al riguardo, si cita sinteticamente il progetto di tutela del patrimonio storico della Prima guerra mondiale sul territorio degli altipiani vicentini, redatto a valle della legge n. 78/2001 grazie a un accordo programma tra gli enti locali e la provincia di Vicenza, i cui obiettivi generali possono così sintetizzarsi:

---

<sup>33</sup> A. Quendolo (a cura di), *Paesaggi di guerra. Memoria e progetto*, Udine 2014, p.10.

assicurare la salvaguardia del territorio oggetto dell'intervento; individuare le azioni necessarie alla valorizzazione mediante la messa in atto di specifici piani; organizzare le forme di gestione del sistema; ricercare la qualità dell'ambiente storico, naturale e antropizzato e la sua corretta fruizione collettiva<sup>34</sup>.

Ciò, nel febbraio 2005 ha dato l'avvio alla redazione dei progetti esecutivi per ciascuno degli ambiti individuati, che costituiscono i luoghi dell'Ecomuseo, provvedendo a una diversa programmazione delle modalità attuative al fine di ottimizzare le risorse disponibili, il tutto all'interno di un progetto più ampio, approvato dal Comitato tecnico-scientifico speciale per la tutela del patrimonio storico della Prima guerra mondiale, appositamente costituito in seno al Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo, e successiva assegnazione delle risorse previste dall'art. 11, commi 2 e 3 della legge 78/2001.

Diversi gli interventi in tal senso che si sono susseguiti negli ultimi quindici anni, di cui una buona sintesi è raccolta nel testo di Rita Bernini, *Il patrimonio storico della Prima guerra mondiale* (2012)<sup>35</sup>.

Copiosi, dunque, i cantieri che si sono susseguiti in un ampio disegno di restauro architettonico e di valorizzazione paesaggistica; plurimi gli interventi di recupero che hanno spinto le amministrazioni locali a mettere in moto un complesso sistema di progettazione degli interventi e di monitoraggio degli stessi, cui si è affiancato un alacre lavoro di ricerca archivistica che ha permesso di acquisire una preziosa quantità di informazioni utili sia alla definizione dei vari progetti sia all'elaborazione della cartellonistica, montata su strutture in acciaio Cor-Ten.

Diversi gli esempi di intervento di restauro delle fortificazioni che potremmo citare, ma quello che vale la pena di sottolineare è come da ciascuno di essi si evinca che pur partendo da un interesse comune al tema della memoria e dalla consapevolezza del forte legame con il contesto territoriale di appartenenza, i progetti di restauro si articolano con una diversa impostazione metodologica che va dall'interesse quasi archeologico e stratigrafico del forte, talvolta in una condizione di rovina, alla riabilitazione funzionale della costruzione della sua efficienza costruttiva.

Dal momento che il restauro delle fortificazioni è un particolarissimo progetto, nel quale occorre proporre plurime alternative che affrontino il tema della conservazione in

---

<sup>34</sup> M. Carollo, *La valorizzazione dei paesaggi di guerra nelle montagne vicentine attraverso il recupero di trincee, camminamenti e altre fortificazioni campali*, intervento alla *Giornata di Studio Fortificazione campale e camouflagé. Camminamenti, trincee e paesaggi di guerra*, a cura di S. Isgrò, promosso da: Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, Dottorato di Ricerca in Architettura, Patrimonio architettonico e paesaggio: storia e restauro dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, tenutosi a palazzo Gravina a Napoli, 15 marzo 2018.

<sup>35</sup> *Il patrimonio storico della Prima guerra mondiale. Progetti di tutela e valorizzazione a 14 anni dalla legge del 2001*, a cura di R. Bernini, Roma 2012, pp. 60-63.

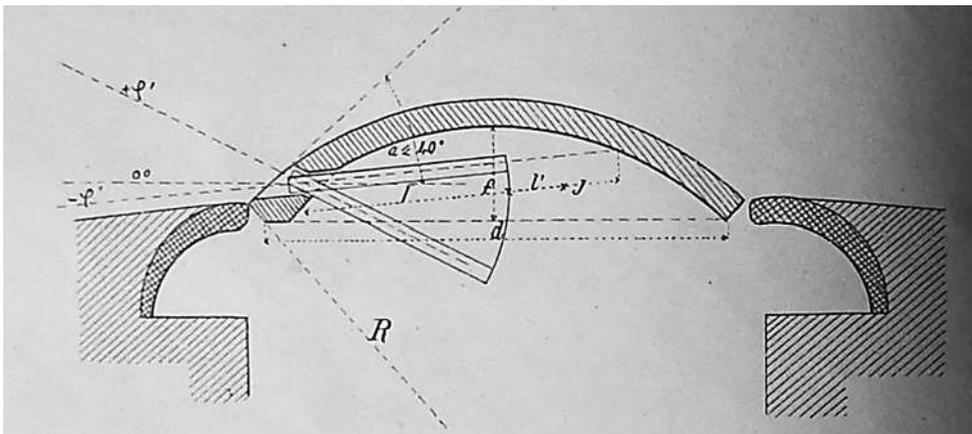
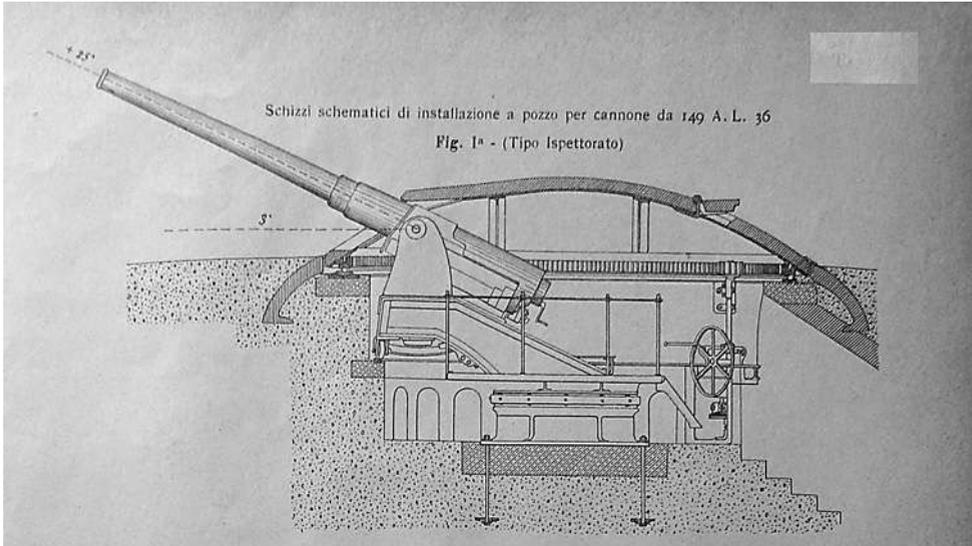
senso stretto, che si spingano fino al mantenimento del degrado non patologico delle strutture e nel quale assume valore la messa in evidenza dei danni subiti dall'edificio, è evidente quanto sia il difficile tema del riadattamento funzionale dei forti, quando è il caso, in efficienti macchine di ricettività museale. Occorre «quasi una stratigrafia della rovina che ci porta a mantenere e mostrare nel progetto e nel programma di restauro le tracce dei bombardamenti, le riparazioni successive, gli squarci provocati dall'estrazione e dal recupero del ferro dai recuperanti nel corso degli anni Trenta del secolo scorso»<sup>36</sup>.

Nei casi più felici la combinazione di montagna, cemento e acciaio, raggiunge esiti tecnici stupefacenti, il cui merito va agli ufficiali del Genio Militare.

I forti, come sentinelle mute, non sono solo monumenti o monito per le generazioni future, ma si presentano quali pagine del grande libro della storia dell'architettura militare da studiare e comprendere con attenzione, per approfondire le relazioni con il mondo dell'ingegneria e dell'architettura civile del XX secolo che, a tutt'oggi, sono ancora da indagare.

---

<sup>36</sup> *Esempi di recupero di siti militari di importanza rilevante dal punto di vista storico, turistico e didattico*, Atti del Convegno *La Memoria nella pietra. Censimento recupero e conservazione delle opere militari 1915/18 tra storia, didattica e memoria* (Lavarone (TN), 19-21 settembre 1997), a cura di F. Collotti, V. Fantini, F. Larcher, E. Trevisani, Ferrara 1998, pp. 47-58 (qui p. 45).



Figg. 1, 2 - Profilo delle cupole corazzate (da Guidetti, *La fortificazione permanente*, cit., tavv. XV-XVI, figg. 4-5).

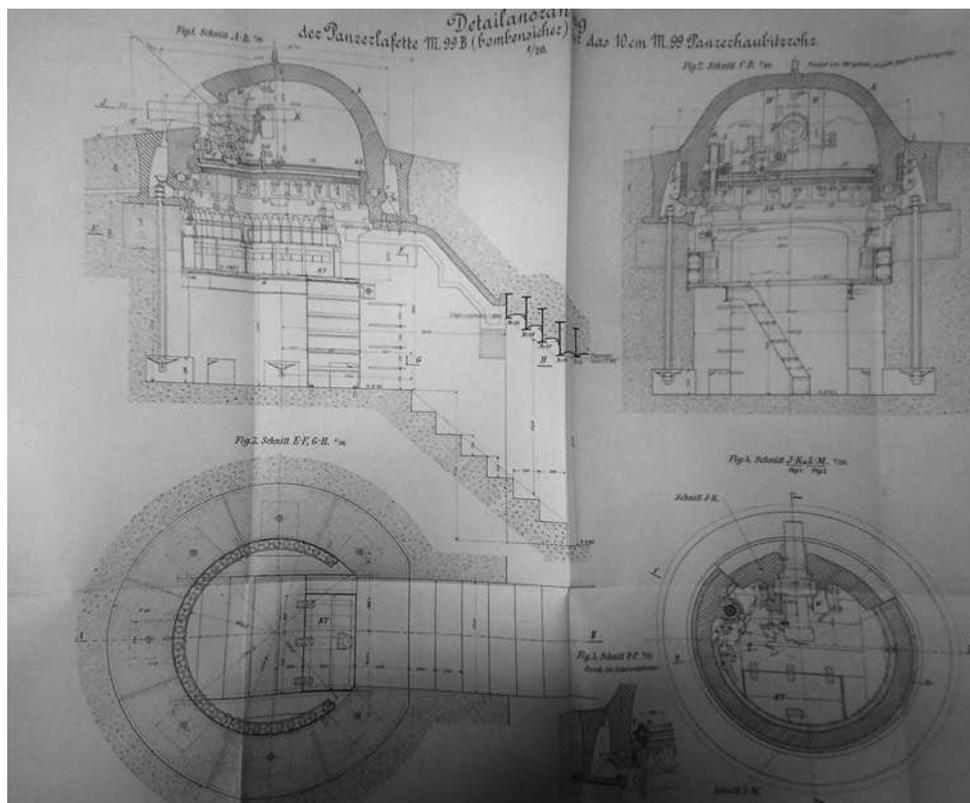


Fig. 3 - Schema di cupola tedesca (da Sammlung von Aufgaben über der Dienst des Geniestabes im Felde u. im Festungskriege).



Fig. 4 - Cupola del Forte Montecchio Nord (foto dell'A., maggio 2016).



Fig. 5 - Forte Montecchio Nord di Colico (LC). Il sistema dell'armamento in copertura. (foto dell'A., maggio 2016).



Fig. 6 - Forte Belvedere (TN). Copia in cemento di una cupola corazzata per obici. (foto dell'A., settembre 2016).

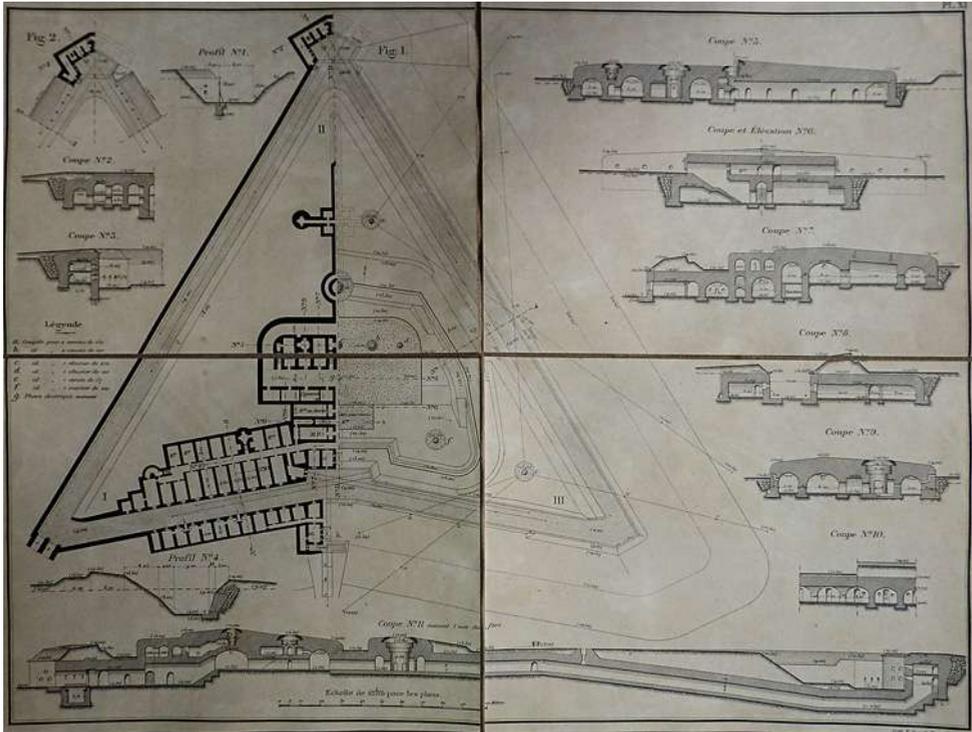


Fig. 7 - Esempio di forte proposto da Brialmont per la fortificazione del fiume Mosa (da Brialmont, *La fortification du temps présent*, cit., tav. 2).

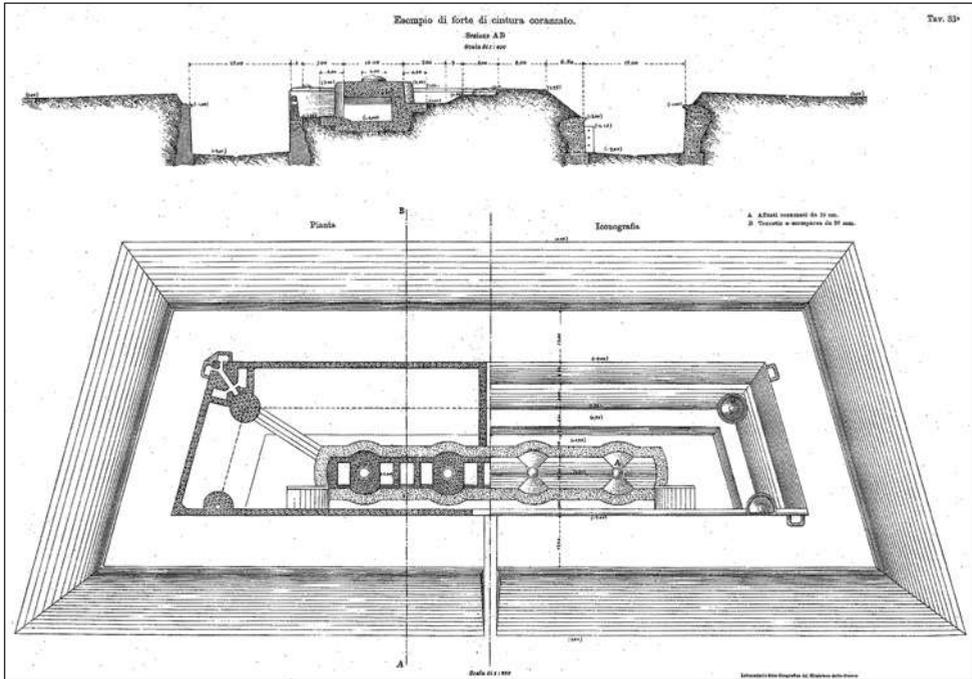


Fig. 8 - Esempio di forte di cintura corazzato tipo Rocchi, pianta e sezioni (da Rocchi 1902).

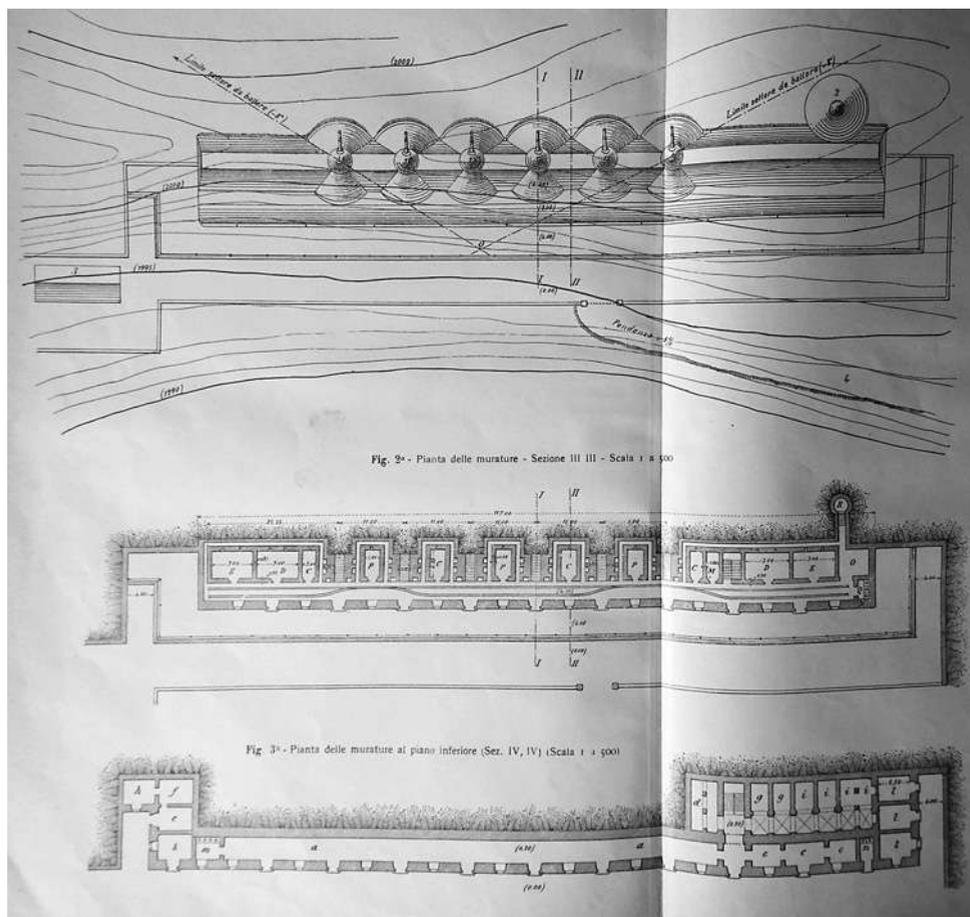


Fig. 9 - Esempio di forte di sbarramento con le artiglierie in pozzi, pianta e sezioni (da Guidetti *La fortificazione permanente*, cit., tav. 36).



Fig. 10 - Forte Campolongo (VI). Portale di accesso alla galleria. (foto dell'A., settembre 2016).



Fig. 11 - Forte Campolongo (VI). Prospetto. (foto dell'A., settembre 2016).



Fig. 12 - Forte Campolongo (VI). Particolare del canale di gronda ricavato nella massa di calcestruzzo. (foto dell'A., settembre 2016).



Fig. 13 - Forte Campolongo (VI). Cupole in acciaio Cort-ten (foto dell'A., settembre 2016).



Figg. 14, 15 - Forte Verena (VI). (foto dell'A., agosto 2016).



Fig. 16 - Forte Verena (VI). Cofano di gola (foto dell'A., agosto 2016).



Fig. 17 - Forte Verena (VI). Seggiovia che dal rifugio Verenetta conduce al forte. (foto dell'A., agosto 2016).



Fig. 18 - Forte Corno (TN). (foto dell'A., agosto 2016).

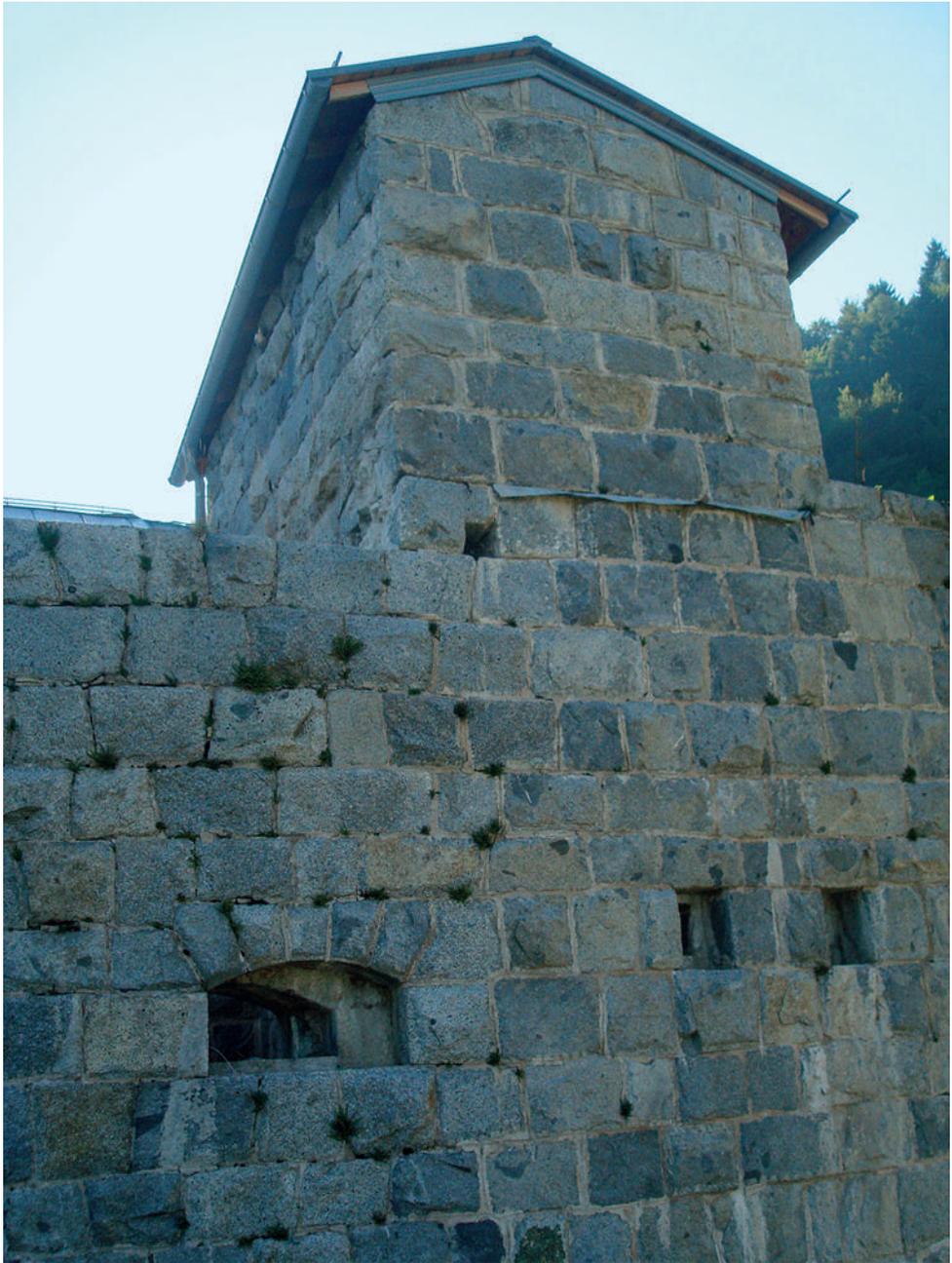
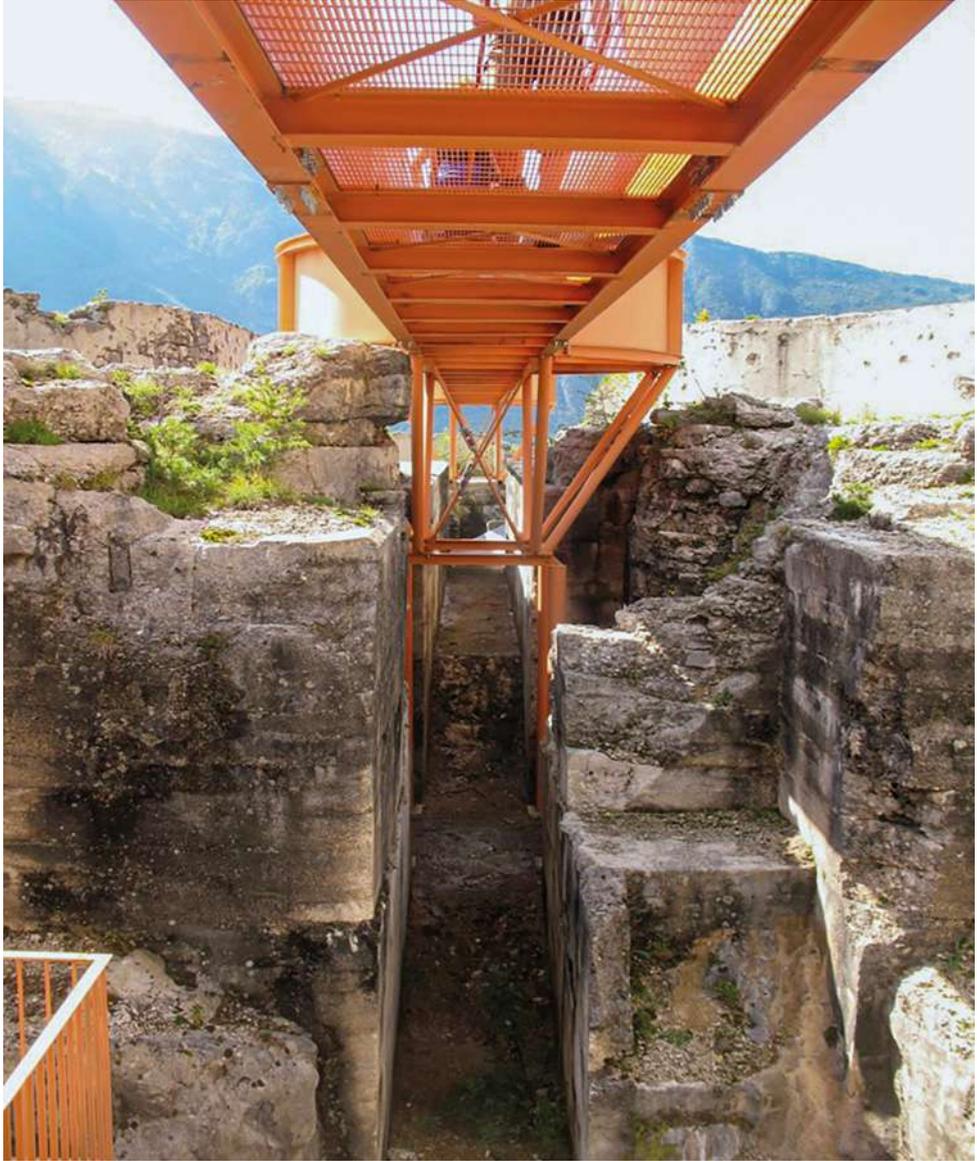


Fig. 19 - Forte Corno (TN). Particolare delle parti reintegrate e distinte dalle originali attraverso l'espedito delle fugature più chiare (foto dell'A., agosto 2016).



Figg. 20, 21 - Forte Pozzacchio (TN) (foto dell'A., agosto 2016).





Figg. 22, 23 - Forte Cadine (TN) (foto dell'A., agosto 2016).



Fig. 24 - Forte Cadine (TN). Interno (foto dell'A., agosto 2016).



Fig. 25 - Forte Cadine (TN). Dettaglio. (foto dell'A., agosto 2016).



Fig. 26 - Forte Dossaccio (TN). (dal portale Trentino Grande Guerra: [www.trentinograndeguerra.it/context.jsp?area=100&ID\\_LINK=242&id\\_context=181](http://www.trentinograndeguerra.it/context.jsp?area=100&ID_LINK=242&id_context=181), sito visitato il 17 agosto 2018).



Fig. 27 - Forte San Biagio-Werk Colle delle Benne (da: R. Acler, G. Malacarne, 2014).



Fig. 28 - Forte monte Lonza (UD) (Foto dell'A., settembre 2016).



Fig. 29 - Forte Werk Tenna (da *Il recupero dei forti austrungarici trentini*, a cura di M. Dallemule, S. Flaim, Provincia autonoma di Trento. Soprintendenza per i beni culturali. Ufficio tutela e conservazione dei beni architettonici, Trento 2014).

Tipo di casamatta N. 1 o diagramma dei colpi.

Fig. 178ª (1/2)

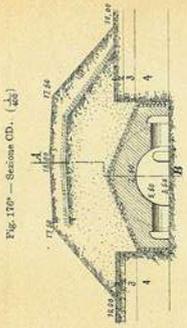
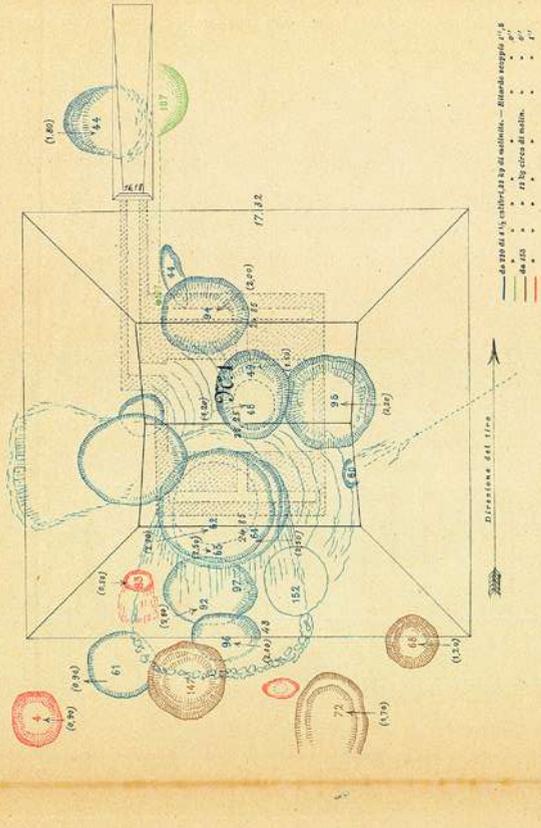


Fig. 176ª - Sezione CD. (1/2)

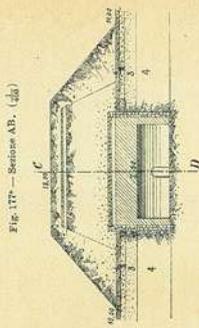


Fig. 177ª - Sezione AB. (1/2)

- 1. Casamatta.
- 2. Direzione del tiro.
- 3. Direzione del tiro.
- 4. Direzione del tiro.

Tav. 1.

Tavv. 1-6 - Disposizione generale delle casamatte sperimentate a Bourges e diagrammi dei colpi tirati (da E. von Leithner, *La fortificazione permanente e la guerra di fortessa*, cit.).

Tipo di casamatta N. 3 e diagramma dei colpi.

Fig. 179<sup>a</sup> — Sezione longitudinale. (1/400)



Fig. 180<sup>a</sup> — Sezione CD. (1/400)

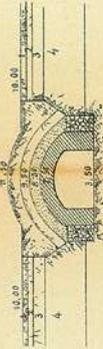
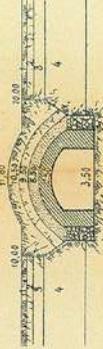


Fig. 181<sup>a</sup> — Sezione EF. (1/400)



1. Terra inerte.
2. Calce di calcinatura usata ad argilla.
3. Cemento di calce e di argilla.
4. Blocchi di calce con argilla impastata.

— da 270.44 e 1/2 calibri: 22 kg di materiale. — Ritrardo scoppio 7", 5  
 — da 215 > 12 kg circa di materia. > 6"  
 — > 5"

L'Ingegnere Gioacchino Perini per il Ministero della Guerra.

Fig. 182<sup>a</sup> (1/50)

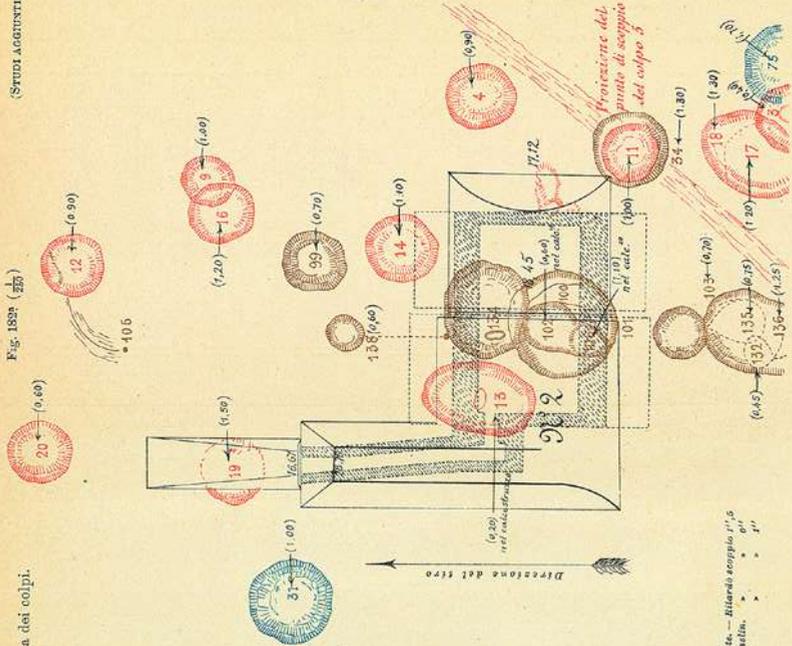
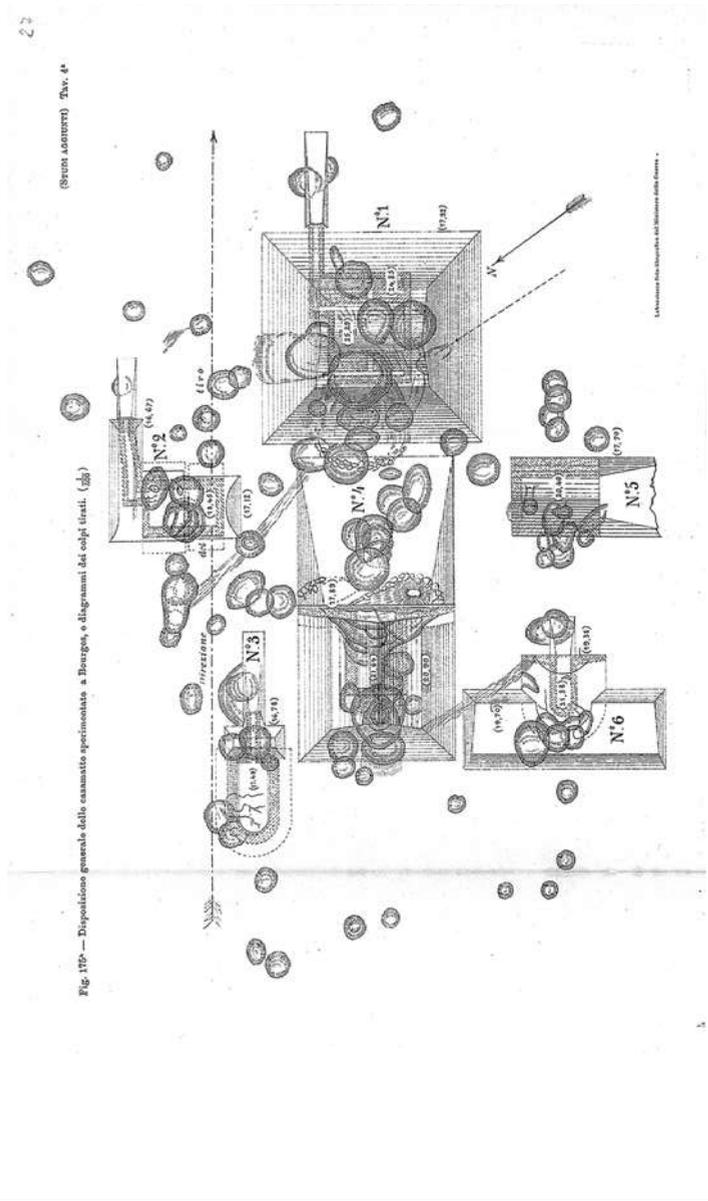






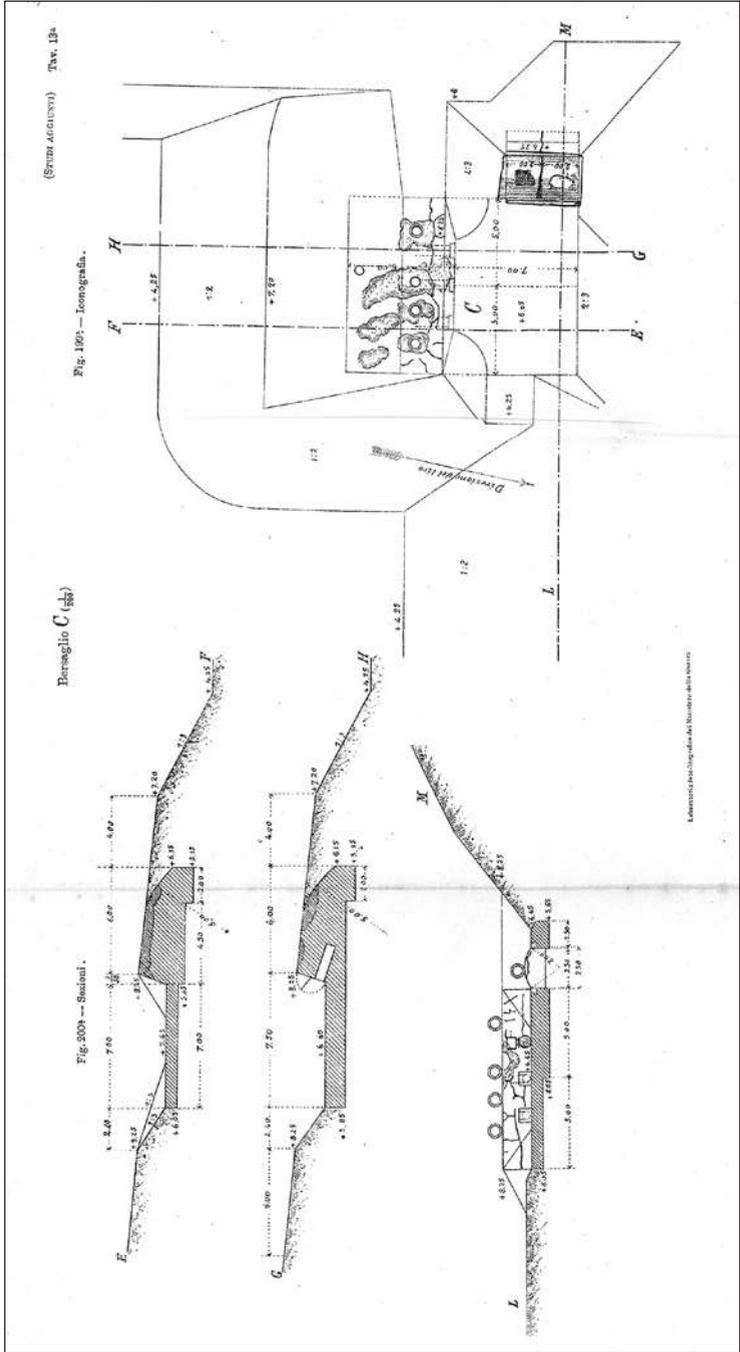


Fig. 179. — Disposizione generale dello scannotto sperimentato a Bourges, e diagrammi dei colpi tirati. (Fig.)



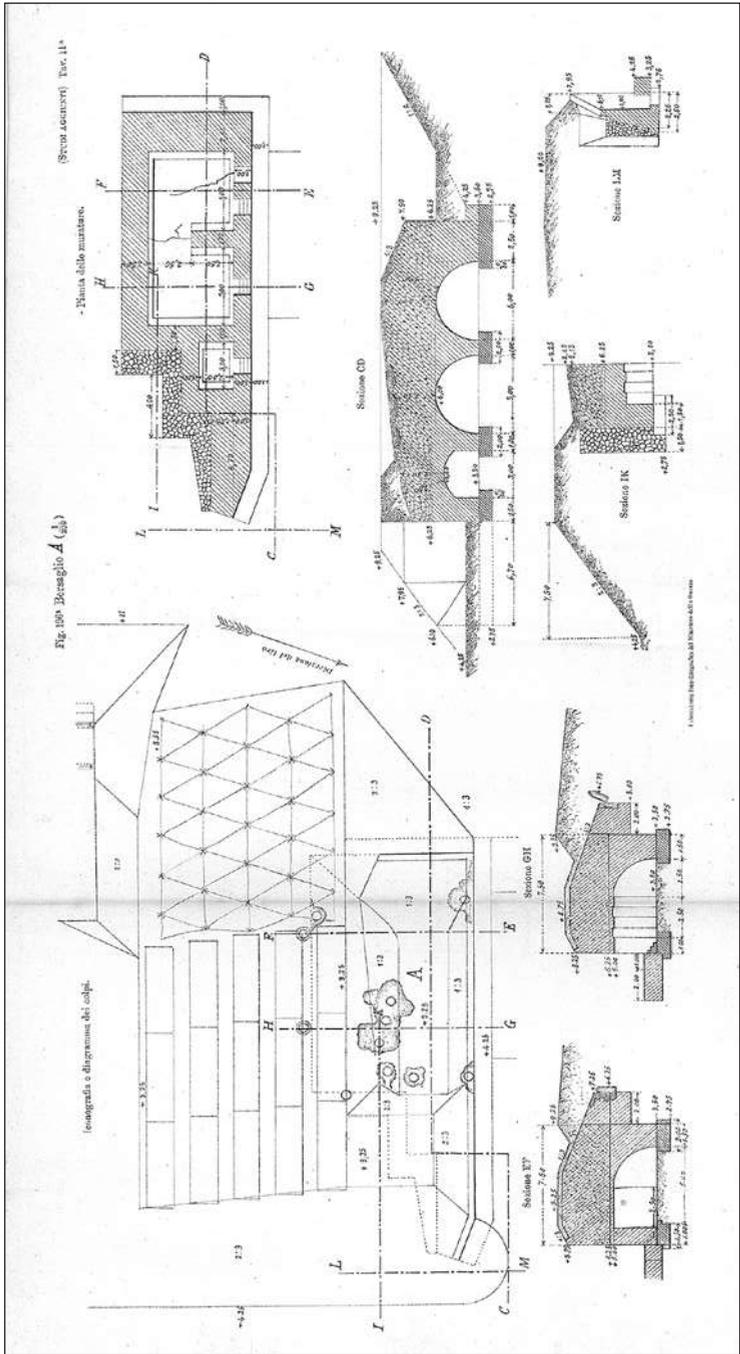
Tav. 6.





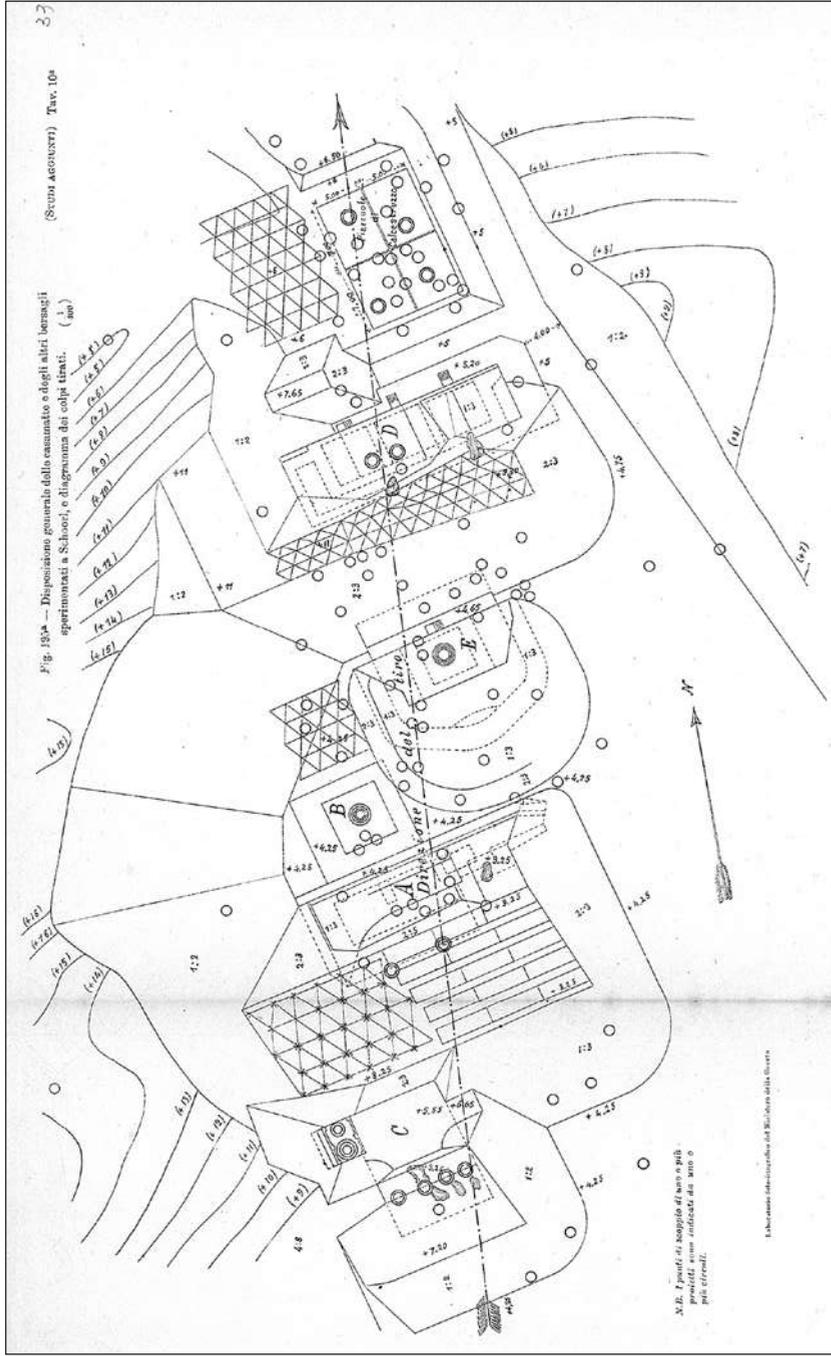
Tav. 8.





Tav. 10.

Fig. 19<sup>a</sup> — Dispositivo generale dello casematte e degli altri benacchi sperimentati a S. Ivo, e diagramma dei colpi tirati.



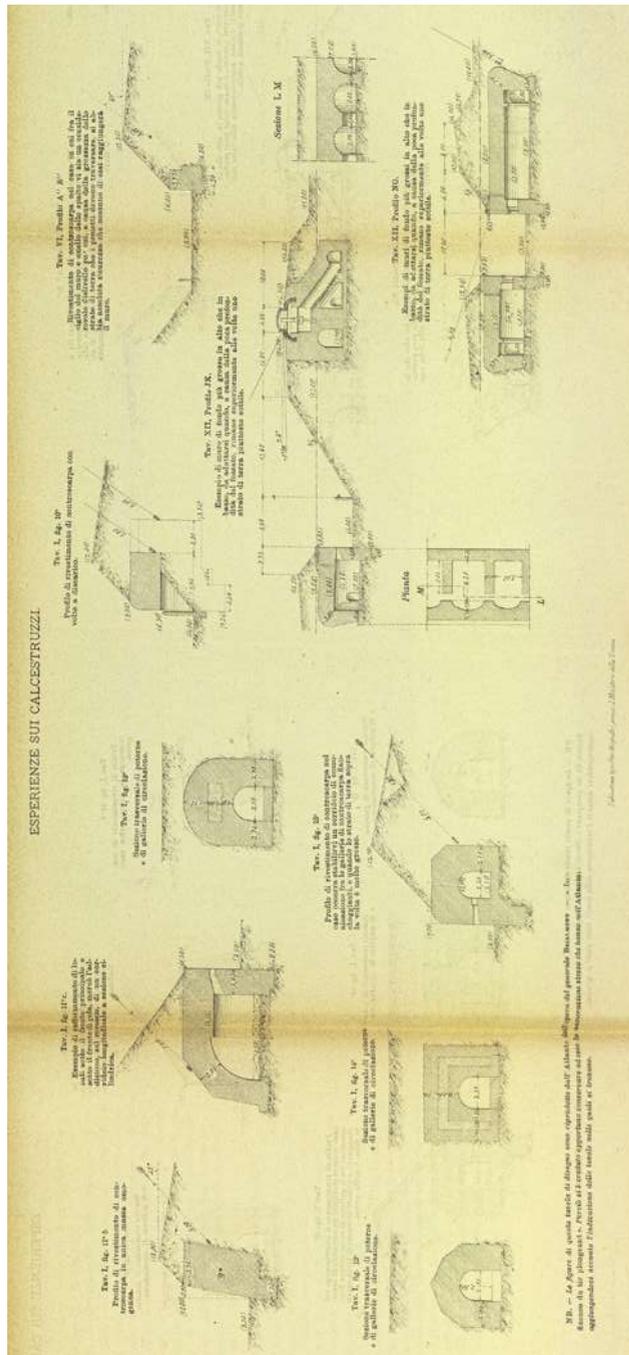
N.B. I punti di scoppio di mine o altri proiettili sono indicati da uno o più cerchi.

Esecuzioni ideometriche del M. Ivo della Guerra.

Tav. 11.



ESPERIENZE SUI CALCESTRUZZI



Tav. 13 - Esperienze sui calcestruzzi (da Brialmont, *L'influence du tir plongeant*, cit.).

