

L'INGEGNERIA CIVILE

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre nel Giornale di tutte le opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

ARCHITETTURA E BELLE ARTI

LA CUPOLA DELLA BASILICA DI S. GAUDENZIO IN NOVARA

Architettura del Prof. Comm. ALESSANDRO ANTONELLI
(Veggansi le tavole XII, XIII e XIV.)

Appunti storici relativi alla Basilica di S. Gaudenzio in Novara.

1. — Può offrire qualche interesse il sunto storico delle origini della Basilica di S. Gaudenzio in Novara, anche a chi, poco curando le fasi della liturgia cristiana, intenda solo spiegarsi l'addentellato che la sua costruzione presentava nella prima metà del nostro secolo — nell'epoca cioè in cui trovavasi la chiesa del Patrono Novarese mancante della Cupola che doveva sorgere sulla crociera delle sue navate.

I.

2. — Dopo Costantino detto il Grande, gli ecclesiastici Capi incominciarono a farsi protettori delle belle arti, e furono essi stessi qualche volta buoni architetti, pittori, scultori, poeti e scienziati. Sotto l'impero di Teodosio, S. Ambrogio, S. Eusebio, Basilio, Gregorio di Nazianzo, S. GAUDENZIO diedero mano all'erezione delle grandiose basiliche dei loro tempi. Quest'ultimo metteva la prima pietra della chiesa di S. Lorenzo in Novara, adattava al culto cristiano la cattedrale, rifatta pochi lustri or sono, già tempio pagano; convertiva in battistero il sepolcro di Umbrena (1) e costruiva fuori le mura della sua città la basilica che da lui si nomò dopo la sua morte e dopo che vi furono deposte le sue spoglie.

Questa basilica extramurana dedicata a S. Gaudenzio venne ampliata nei primi tempi e perfezionata da S. Agabio e da Papiniano e ci vien descritta come cosa di mirabile arte (2): « *templum ingens, templum amplissimum* » in cui erano « *multa veterum operum elegantia fragmenta* ».

Verso la metà del XVI secolo e mentre per la Spagna governava in Lombardia il Gonzaga, si pensò a fortificare Novara restringendone l'ambito, cingendola di nuove mura ed atterrando edifici fuori l'antico mura. Fra questi edifici venne compresa la secolare chiesa di S. Gaudenzio, che con poca pietà demolita nel 1553 per mano dei soldati spagnuoli, lasciava insieme allo scandalo ed al cordoglio nell'animo dei buoni Novaresi, un più tenace amore, una più profonda venerazione pel patrono, le cui ceneri pertanto raccolte diligentemente furono poste in sicuro nella cappella di S. Giorgio della chiesa di S. Vincenzo compresa nell'abitato.

Si pensò al modo di provvedere all'erezione di un nuovo tempio, non ricorrendo all'avara grazia dei celebri mendicanti dominatori, bensì con una proposta fatta nel consesso di tutti i capi-famiglia della città, per la quale si veniva ad imporre il comune sacrificio di un balzello o tassa di sei denari per ogni libbra di carne messa in commercio. Questa forma d'imposizione venne detta il *Sesino*. Era la somma di tanti piccoli sforzi, il tributo di ogni cittadino (la cui proporzione era maggiore pei ricchi), che si reputò bastevole alla magnificenza di un gran tempio la cui pro-

prietà dovea restare sempre devoluta al popolo, ed in cui la memoria umana doveva sacrare, forse più della gloria del patrono, le splendide manifestazioni dell'arte italiana, i lavori di insigni architetti, pittori, scultori ed altri artisti italiani — le opere di più generazioni.

La corte di Madrid sanciva con regio *placet* il decreto del Comune di Novara; gli amministratori di questo si diedero a cercare fra gli architetti più in voga l'autore di un grandioso progetto per una nuova basilica.

3. — Nell'epoca di transizione dal Classico al Barocco troviamo l'architetto designato dai Novaresi ad elevare la nuova Basilica urbana di S. Gaudenzio: il *Pellegrino Pellegrini* detto *Tibaldi*. Egli si può dire imitatore di Michelangelo, più nella pittura che fu sua prima occupazione, che nell'architettura. Da' suoi discepoli, i fratelli Caracci, venne sonoramente chiamato il loro *Michelangelo riformato*.

Quasi tutti gli architetti del XVI secolo riunirono le tre facoltà artistiche di dipingere, scolpire ed architettare, producendo talvolta l'inconveniente gravissimo che l'architetto dovesse adattarsi completamente alle prescrizioni del pittore e dello scultore, mentr'chè parmi più equo doversi costoro informare ai concetti più larghi, più essenziali, di chi deve imperiosamente soddisfare a condizioni date od imposte senza beneficio di elasticità e sufficiente latitudine di immaginazione.

Ad ogni modo sappiamo che il Pellegrini, nato in Val-solda nel 1527 da un abile muratore detto Mastro Tibaldo, studiò a Bologna la pittura sui modelli del Vasari e del Bagnacavallo, e come afferma lo scrittore artista ora citato, il Tibaldi prese il fare di Michelangelo, ma tentò di addolcirne la terribile maniera. Fu a Roma dove strinse amicizia con sommi artisti dell'epoca e probabilmente collo stesso Buonarroti. Poco fruttandogli l'esercizio della pittura, fu dal Mascherino confortato a non disperarsi ed a dedicarsi allo studio dell'architettura, da cui maggior frutto ne avrebbe avuto per la natura dei tempi più a quest'arte propensi.

L'illustre segretario dell'Accademia Clementina, il buon scrittore d'arte, Giambattista Zanotti, ci ha lasciato una pregevole descrizione (1) delle opere pittoriche del Pellegrino, e lo ha celebrato ancora come architetto.

Nei tre o quattro anni (1547-1550) in cui stette a Roma, il Pellegrini si diede allo studio del Classico; e, seguendo la scuola di Michelangelo, si formò quella particolar maniera che è quasi tipica pel suo tempo e che, nel Greco-Romano, tende a slanciarsi in più larghe sfere con maggior spigliatezza e libertà d'azione, che non nella prima scuola del Risorgimento.

Fu coi celebri architetti dell'epoca, Vignola, Giulio Romano, Alessi, Terribilia, Cristoforo Lombardo, chiamato a progettare per la facciata di S. Petronio di Bologna.

Si distinse ad Ancona, ove dipinse in diverse chiese e ove disegnò la rinomata Loggia dei Mercanti. Dal Cardinale Borromeo (S. Carlo) fu chiamato a Pavia per darvi il disegno della Sapienza.

A Milano architettava l'insigne ed ingegnosa chiesa di S. Fedele, detta dal Lomazzo « singolarissima per bellezza, novità e vaghezza d'architettura, fra le fabbriche ideate dal divino ingegno del Pellegrino ».

(1) CARLO MORBIO. *Storia di Novara*, ecc.

(2) BESCAPÈ. *Novara Sacrae*, pag. 26.

(1) *Le pitture di Pellegrino Tibaldi e di Niccolò Abbati, nell'Istituto di Bologna*. Venezia 1761.

I suoi meriti l'avevano fatto eleggere, nel 1570, a supremo architetto del Duomo di Milano, in cui disegnò il pavimento, il Coro, il Battistero, lo Scuròlo o tempio sotterraneo. Progettò, sebbene poco felicemente, le porte di esso Duomo e si meritò la critica di molti architetti e più di tutti di Martino Bassi (1).

Di lui, trassero alcune volte, poco favorevole giudizio, Palladio, Vignola, Bertani e Vasari, suoi contemporanei, non tanto per ragioni di arte, ma di convenienze costruttive, giacchè il Pellegrini si permetteva di esagerare gli intercoloni, di usare all'uopo catene di ferro, ecc.

Conosciuto a Madrid dai dominatori della Lombardia, veniva incaricato di disegni relativi all'Escorial, incominciato nel 1563 da Giambattista di Toledo.

Filippo II, che grandemente proteggeva le arti e pagava lautamente gli artisti, chiamava in Spagna molti artisti italiani, fra i quali il Pellegrino che vi andò nel 1581, e fu per l'iberica regione ciò che nella stessa epoca furono il bolognese Primaticcio ed il modenese Niccolò dell'Abate per la Francia.

Nel Milanese lasciò molte delle sue opere, fra le quali sono notevoli la Chiesa della Madonna presso S. Celso, quella della B. V. di Rho, i disegni sul Santuario di Verallo, del palazzo arcivescovile di Milano, ed infinità d'altre.

Contro le accuse dei suoi nemici fu difeso dal Baglione (2) e dal Cesare Malvasia, che a lungo ne parla nella opera *La Felsina Pittrice*, nomandolo « libero pensatore di arte » e che, come quel gran maestro che egli era, ben poteva qualche volta torsi giù dalla battuta, usare del sovrano artificio di peccare contro l'arte, ecc.

Certamente più autorevoli sono le parole che dice il Bosca (3) a proposito dei progetti fatti per S. M. Cattolica dal Tibaldi:

« Regis Palatium veteri structura conditum: fontem molis excitavit Peregrinus de Peregrinis Archimedes Mediolanensis, cuius ars potissimum emittit fastigium immanium operum, quae in urbibus, agroque Insuabrum admiremur ».

4. — Conoscendo le idee del tempo e l'indole del Pellegrini, è assai più agevole a chi si interessa di cose architettoniche capire gli intendimenti non manifestati da quell'architetto, ma da altri ricavati, per induzione, circa il compimento della basilica di S. Gaudenzio.

Dall'anno 1554 al 1577 e durante il soggiorno in Milano, si occupò il Pellegrini dei disegni di essa basilica, la cui prima pietra fu solennemente collocata nell'anno 1577. Per primi tempi se ne continuò la formazione coll'assistenza dello stesso architetto, e si fecero i lavori più importanti dell'abside e della crociera. La pianta ha la forma della croce latina, derivata dall'antica basilica, come lo voleva il gusto del tempo: la disposizione dei bracci, delle cappelle, dell'abside, delle dipendenze è buona. L'ordinazione è classica, a colonne binate, d'ordine corinzio. Le dimensioni date ai pilastri della crociera, la posizione dei muri controspingenti (vedi tav. xiv, Pianta generale), tutto accenna all'idea della cupola, la caratteristica indispensabile, dopo l'erezione di S. Pietro, delle basiliche latine; puossi asserire di meglio: questa cupola doveva esser di gran mole e di non mediocre altezza, poichè le disposizioni prese lo dimostrano, e si arguisce sapendo che il Pellegrino era conoscitore delle idee di Michelangelo, sull'erezione della cupola di S. Pietro.

Non tutta l'opera per la parte antica attuale, veniva compiuta sotto gli occhi del Pellegrini; anzi, l'avviso di molti si è di credere che la facciata sia stata modificata profondamente da chi seguì il Tibaldi nella direzione dei lavori. L'interno è ad un solo grandioso ordine, detto da qualcuno di puro corinzio, e riproduce in minor proporzione, colle 54 colonne accoppiate e sporgenti pei due terzi dal vivo dei muri, l'effetto delle grandiose basiliche di S. Pietro e di S. Giovanni Laterano; l'esterno è trattato a due ordini sovrapposti con lesene e pilastri addossati al tronco di fac-

ciata, che ricordano abbastanza bene l'interna disposizione. Due colonne addossate a pilastri e che portano un pesante frontone decorativo della unica porta d'ingresso, danno al complesso l'aspetto tormentato e gonfio proprio del barocco, del quale se ne sente insomma vicinissima l'influenza pazza e sregolata.

L'ordine inferiore è corinzio, composito il superiore, in parte simulato dalla sopraelevazione oltre il tetto della chiesa del muro frontale, terminante con frontone decorato dello stemma della città, colla sottoposta iscrizione:

« CIVITATIS NOVARAE ».

Le sei cappelle laterali divise da due colonne, distribuite in numero di tre per ogni lato della maggior navata, non hanno molto sfondo — dall'una all'altra si transita per mezzo di vani lasciati nel doppio muro interposto che serve di sperone a sostegno della volta.

La volta che copre i quattro bracci della croce è slanciata ed ardata, a pieno sesto, con centro rialzato sul piano del cornicione interno, è divisa in tanti campi da archi di maggior spessore (arcs doubleaux) poggiati sugli speroni in corrispondenza delle colonne binate.

L'apparecchio di questi campi di laterizi è ingegnoso, sendo gli strati disposti diagonalmente, rispetto alle generatrici geometriche del volto, ma la mano d'opera vi è poco accudita, come lo si può facilmente constatare, osservandone l'estradosso.

Una solida e ben conservata incavallatura retta sostiene il tetto della chiesa.

Infinità di nicchie decorano gli intercoloni non arcati all'interno ed all'esterno, esse furono più tardi meglio che decorate, riempite di statue di vescovi e di padri della chiesa.

La chiesa veniva ultimata e consecrata l'anno 1659, inaugurandola col canto dell'Inno Ambrosiano in rendimento di grazia per la pace conclusa fra Spagna e Francia! Trista condizione di cose per l'Italia che infelice nella sua esistenza politica, si contentava di inneggiare alla felicità delle altre nazioni.

II.

5. — Più tardi e verso il 1744, dopo che per la pace di Utrecht e di Rastadt, Novara era divenuta suddita dei principi austriaci ed era entrata in periodo di maggior prosperità economica, veniva aggiunto alla basilica dalla parte del braccio destro trasversale, un tempio o *Scuròlo* destinato a conservare in sontuoso deposito le spoglie del patrono. — L'architettura di questo tempio, prettamente barocca, è misticamente ammirevole per l'effetto che da essa emana, pel sentimento melanconico e quasi terribile che vi si prova. — Un vero subisso di denaro si spese in vestirlo di elegante e lucido marmo nero, e di bronzi di difficilissimo getto e di squisita arte, quantunque un po' partecipi nella loro ornamentazione del gusto dei fogliami grassi e contorti del 700. La fede di quei tempi e di quegli uomini inaugurava (1) questa Sagra con una pompa ed un apparato che nè prima nè dopo ebbe per lunga pezza l'uguale.

Molte opere restavano dopo ciò ad eseguirsi per completare la Basilica, ed in primo luogo restava la cupola, che indubbiamente doveva entrare nelle viste e nei progetti del Pellegrino e di chi successe a dirigere la costruzione della chiesa. — Ne fanno specialmente fede oltre le accennate disposizioni della pianta generale — il tentativo della costruzione di arconi di maggior sesto di quelli del volto della chiesa, i *pentimenti* e le modificazioni introdotte nel corso delle costruzioni fatte — indizi della poca abilità di chi avrebbe voluto continuare l'opera del Pellegrini.

6. — Intanto l'esigenza del culto necessitava l'erezione di un *campanile* e si era giunti verso la metà del 700 senza aver più, dopo l'erezione dello Scuròlo, fatti lavori importanti — causa la deficienza di mezzi.

Gli amministratori della chiesa coll'antico dritto del Sesino, avevano credito di denaro verso la municipalità di

(1) *Dispareri in materia d'Architettura e Prospettiva*. Milano.

(2) *Vita dei pittori, scultori, architetti*. Napoli. 1733.

(3) *De origine et statu bibliothecae Ambrosianae*.

(1) PRINA. *Il trionfo di S. Gaudenzio*.

Novara, e poterono pensare all'erezione di una torre campanaria, incaricandone dei disegni l'architetto della Corte di Savoia — Benedetto Alfieri, lo zio del celebre tragico.

Ed ecco in pieno 700, elevarsi accanto ad un'opera del classicismo già corrotto, una torre o campanile che si voglia chiamare, che, commendevolissima per molti riguardi, meravigliosa per difficoltà costruttive e per disposizioni di doppie scale interne — racchiude in sé tutta l'odissea del Barocco. La pianta di questo edificio, da quadrata si trasforma, nelle successive sezioni orizzontali a diverse altezze del piano di terra, in ottagonale con varia proporzione di lati; poscia in ottagonale ad angoli sporgenti e rientranti, quindi in circolare. L'ordinazione massiccia dapprima, dalla forma del dado passa alla piramidale, indi a colonne e lesene doriche accoppiate sugli angoli; ripete la stessa disposizione con altro ordine corintio più grazioso, termina con un attico circolare a fori ovali, decorato di candelabri e con una guglia di gusto cinese su cui s'erge la croce nascente da una palla di bronzo.

Abbona in esso la struttura laterizia: è però ingegnosa la sua compage che all'esterno si presenta esclusivamente di granito e di bronzo nella guglia. I lavori in pietra da taglio sono poco accurati forse per la poca abilità degli operai di quell'epoca e per la qualità della pietra. Veniva ultimato nell'anno 1785 e si può ritenere aver costato da se solo una somma superiore alle 400,000 lire, come risulta dai registri dell'amministrazione di detto campanile.

III.

7. — Un brevetto (29 marzo 1825) di Carlo Felice ristabiliva e riformava l'esazione del Sesino, conglobandola con quella degli altri dazi comunali, ed obbligando la città di Novara a somministrare annualmente lire 12,000 per la fabbrica del Tempio Gaudenziano.

La mercè di questo ristauro l'Amministrazione poté trovarsi, verso l'anno 1840, in floride condizioni pecuniarie giacchè, oltre al continuato assegno delle lire 12,000 annue, molti lasciti e donazioni private vennero fatte alla Basilica, per cui dovea sorgere spontaneo in ognuno il desiderio di vederne ultimata la costruzione con una CUPOLA che si imponesse al luogo del provvisorio soffitto o calotta fatta con centine di legname ed asticelle di legno di castagno intornate di malta e cemento, in cui il Villa avea dipinto un effetto prospettico, a colonne ed ornati, di non molto pregio.

Il disegno della cupola di S. Gaudenzio era riservato all'Antonelli, nè è cosa facile dire con quali grandiose idee l'Antonelli si accinse a meditarne il progetto.

Percorrendo le deliberazioni della Fabbrica di S. Gaudenzio, egli aveva pensato ad istruirsi sul modo di innalzare le cupole.

Sopra la cupola di S. Maria del Fiore e sul S. Pietro di Roma studiò gli apparecchi costruttivi; dal modo di murare dei Romani antichi (1) imparò tutto il rigore delle sue muraure laterizie.

Per l'estetica dell'arte s'ispirò alle rotonde celebri di Atene, ai templi di Venere, al campanile di Pisa. L'idea della sua cupola ritraeva dal tempio circolare dorico di Bramante, esistente in un cortile di S. Pietro in Montorio.

IL GENIO DELLE ALTEZZE NON GLI DIFETTAVA; ultimò le sue cognizioni architettoniche sulle cupole, studiando gli autori, informandosi alle nuove manifestazioni dell'arte, considerando la struttura delle cupole moderne di Parigi e di Londra.

Tornato in Piemonte, già avendo fatto chiaro il suo nome con invenzioni architettoniche lodatissime per ingegno e per ciò che rivelavano un grande amore alle cose patrie e cittadine, ebbe ad eseguire importanti fabbriche a Torino e nel Novarese. La sua attività parve cogli anni moltiplicarsi come per incanto; ce lo dimostrano il Tempio israelitico di Torino e le infinite sue opere compiute e quelle che ha tuttora in corso di costruzione.

Come distinto architetto e come novarese egli era il solo su cui i solerti fabbricieri di S. Gaudenzio potessero ripo-

sare le loro aspirazioni ed il desiderio vivissimo di veder degnamente coronata la loro basilica.

Il Consiglio di Amministrazione della Fabbrica Lapidea di S. Gaudenzio, unanime deliberava in seduta 21 maggio 1840:

« Considerando che all'abbellimento e perfezione del tempio patronale l'opera più lodevole, la cupola, vi manca, e che il suo disegno non fu lasciato dal Pellegrini o sfortunatamente si è perduto, e volendo approfittare della scienza ed abilità del valente architetto novarese Alessandro Antonelli, sono (i congregati fabbricieri) venuti in determinazione di commettere al medesimo di formare e presentare il disegno della cupola.... colla speranza di vederlo effettuato sotto la sua direzione, o se non altro di lasciare ai posteri un eccitamento a farlo proseguire e rendere così compiuta una tanto magnifica e sontuosa basilica che sarà sempre il più bell'ornamento della città... ».

L'Antonelli accettava l'onorevole incarico promettendo « di nulla risparmiare onde l'opera riuscisse meno imperfetta e corrispondesse il meglio che per lui si potrebbe alla generale architettura », e si accingeva allo studio dell'opera con grandissima attività, col desiderio che pari ai suoi sforzi fossero stati i mezzi pecuniari della Fabbrica per poter svolgere l'immane progetto di cui tutto era invaso. — E già nel 1841 presentava un primo disegno della cupola colla modificazione da apportarsi alla facciata della Basilica per ottenere l'unità di concetto tanto cercata nelle opere del classicismo.

(Continua)

Ing. LEANDRO CASELLI.

GEOMETRIA PRATICA

SULL'ESATTEZZA DELLE MISURAZIONI DI LUNGHEZZE COLLA RUOTA DI WITTMANN

I.

È ben noto che per la misura delle lunghezze si può far uso d'una ruota, ritenendo la lunghezza nota della sua periferia come unità di misura. Tenendo conto del numero dei giri della ruota e moltiplicando questo numero per la periferia della ruota, si ottiene la lunghezza cercata.

Fernel nel 1525 si servì di una delle ruote della sua carrozza per misurare la distanza fra Parigi ed Amiens; ad ottenere il numero dei giri egli aveva una campana a martello nella sua carrozza e ad ogni giro compiuto la ruota stessa dava un colpo di campana.

Circa 20 anni sono Steinheil costruiva a Monaco una ruota (*) destinata a misurare con grande esattezza le basi geodetiche, e Wittmann meccanico a Vienna presentò nell'anno 1875 alla Società Austriaca degli Ingegneri ed Architetti (**) uno strumento misuratore di lunghezze (veggasi la figura qui inserita nel testo) il quale si basa sullo stesso principio e consiste in una ruota (R) girante all'estremità di un bastone (B) e portante un meccanismo contatore del numero dei giri. Questo meccanismo è contenuto in una cassetta di metallo (K) con coperchio di vetro e si compone di 3 o 4 tamburi ad asse orizzontale aventi scolpite in giro sulle loro superficie cilindriche le cifre 0, 1, 2, 3, 9 e dei quali il primo (I) mostra la successiva cifra dopo un giro della ruota, il secondo (II) dopo dieci giri, il terzo (III) dopo cento, il quarto (IV) dopo mille.

Se la lunghezza della periferia importa un metro (***) ed al principio della misurazione tutti i cilindri mostrano zero, dopo che si è percorsa la linea da misurare, si potrà attraverso il coperchio di vetro leggere senz'altro la lunghezza della linea in metri. Se invece al principio della misurazione

(*) *Astronomische Nachrichten*, n° 8721.

(**) *Zeitschrift des österr. Ingenieur und Architekten-Vereins*, anno 1875, fascicolo II e III.

(***) In quanto alle dimensioni dell'istrumento è da osservarsi che il signor Wittmann costruì ruote di 6 dimensioni differenti, ma fra queste per misurazioni pratiche saranno da preferirsi le ruote di 1^m e 2^m di periferia.

(1) CHOISY. *L'art de bâtir chez les Romains*.

i cilindri non fossero a zero e non si volesse perdere tempo a ricondurveli, basta tenerne conto con una prima lettura per detrarre questo numero di più dal numero trovato colla lettura finale.

Il professor Tinter del Politecnico di Vienna descrisse quest'istrumento nel giornale della Società Austriaca degli Ingegneri ed Architetti (*), ma siccome recentemente Wittmann ne modificò la costruzione così ho creduto di darne qui un disegno nel suo presente stato di perfezionamento (Fig. 37).

Nella nostra figura lo strumento è disegnato in elevazione, ed in proiezione orizzontale nella scala di $\frac{1}{4}$. Sull'asse *a* della ruota *R* è calettata una piccola ruota dentata, la quale ne muove un'altra dello stesso raggio, e con questa un disco *d*, portante un solo dente. I quattro tamburi I, II, III e IV portano ognuno sul loro asse due dischi, uno dei quali ha 10 scanalature e l'altro non ha che un dente. Il disco *d* ha la stessa velocità angolare della ruota *R*, quindi ad ogni giro completo della ruota *R*, il disco *d* imbocca in una nuova scanalatura del disco I e lo fa muovere di un decimo di giro; dopo 10 giri del disco *d*, il dente del disco *d*, che avrà compiuto a sua volta un giro, muoverà di un decimo di giro il cilindro II e così di seguito.

(*) *Zeitschrift des österr. Ingenieur und Architekten-Vereins*, anno 1875, fascicolo II e III.

La corona anulare *C*, divisa in dieci parti, serve a leggere le frazioni della intiera periferia. Così p. es. se la lunghezza della periferia della ruota *R* è di un metro, si potranno leggere i decimetri e stimare anche i centimetri coll'aiuto dell'indice *Z*. Stando alle nostre due figure si leggerebbe 9220^m.68.

II.

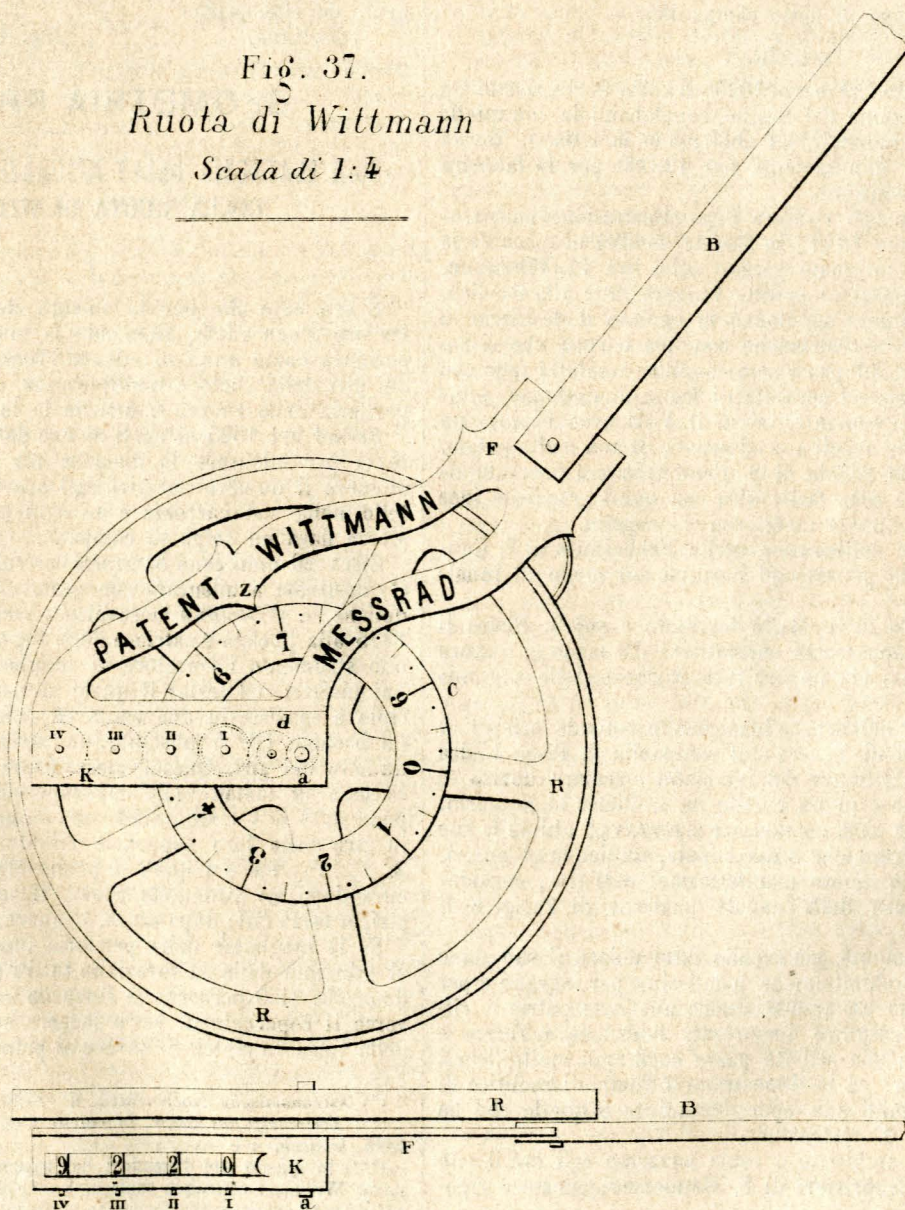
Il prof. Tinter per determinare l'esattezza delle misurazioni colla ruota di Wittmann aveva misurato diverse lunghezze e pubblicò il risultato delle sue ricerche nell'articolo di cui ho fatto cenno più sopra. Siccome la natura del terreno ha su queste misurazioni grande influenza, così scelse per le sue ricerche linee sopra terreni differenti e precisamente:

- 1° Sopra cattivo selciato;
- 2° Sopra un viottolo ben mantenuto e ben compresso;
- 3° Fra le rotaie di una ferrovia a cavalli dove il selciato non era in troppo buono stato;
- 4° Sopra un regolo di ferrovia (per questo ultimo gruppo di misure adoperò una ruota appositamente costruita).

Siccome la velocità della ruota ha pure un'influenza sull'esattezza delle misure, così si sono fatte diverse misure avendo anche riguardo a questa condizione.

Le misurazioni del prof. Tinter (circa 150) condussero

Fig. 37.
Ruota di Wittmann
Scala di 1:4



alla conclusione che anche nelle condizioni le più sfavorevoli le misurazioni fatte colla ruota equivalgono precisamente a buone misurazioni eseguite colla catena: in condizioni alquanto più favorevoli le misurazioni colla ruota sono assai più esatte di quelle fatte colla catena, e si avvicinano anzi ai risultati che si otterrebbero colle aste metriche.

Il prof. Tinter con una ruota della periferia di 2^m trovò per misurazioni fatte con velocità media sopra un viottolo ben mantenuto

per 200 300 400 500 metri di lunghezza
l'error medio di una misurazione = $\pm 0.16 \pm 0.17 \pm 0.15 \pm 0.18$

e quindi l'esattezza = $\frac{1}{1338} \frac{1}{1880} \frac{1}{2676} \frac{1}{3340}$

Nell'aprile del corrente anno i professori Lorber di Leoben e Schleich di Winterthur, pubblicarono contemporaneamente i risultati delle loro ricerche sullo stesso oggetto, le quali erano state eseguite affatto indipendentemente le une dalle altre. Il prof. Schleich (*) adoperò per le sue misurazioni una ruota del meccanico Corrado Baer di Norimberga in principio non differente da quella di Wittmann ed avente 2^m di periferia.

Le 260 misurazioni di Schleich fatte sopra 8 differenti qualità di terreno e pelle quali egli osserva che:

1° Nelle misurazioni non venne usata maggior cura ed attenzione di quanto si usa in pratica per le misurazioni in genere;

2° I misuratori non erano ancora esercitati in tale genere di misurazioni;

3° La costruzione della ruota non era da considerarsi come del tutto perfezionata;

Condussero a risultati pienamente soddisfacenti, ed egli conchiuse che quest'istrumento meritava che gli ingegneri fermassero su di esso la loro attenzione, avuto specialmente riguardo al grande risparmio di tempo.

Quanto alla velocità da darsi alla ruota, così Tinter come Schleich osservarono che ottengono migliori risultati quando il misuratore cammina al passo ordinario. In terreno assai irregolare Schleich consiglia di camminare un po' più lentamente.

Lo Schleich trovò inoltre che le misurazioni fatte colla ruota su certe qualità di terreno risultano sempre minori e su altre qualità di terreno invece sempre maggiori di quelle fatte con aste metriche e quindi a seconda della natura del terreno determinò una correzione positiva o negativa da farsi alla trovata lunghezza.

Così p. es. avrebbe determinato:

Su lastricato di granito la media circa di	$-\frac{1}{800}$
» strada coperta di ghiaia id.	$+\frac{1}{400}$
» selciato ordinario id.	$-\frac{1}{600}$
» strada provinciale id.	$+\frac{1}{1700}$
» nuove strade id.	$+\frac{1}{100}$
Sui prati id.	$-\frac{1}{550}$

Da questi risultati (benchè non affatto esatti) risulta che le misurazioni su terreno ben piano riescono ordinariamente maggiori e quelle su terreno di superficie irregolare riescono invece minori delle vere lunghezze.

Secondo Schleich l'error medio delle misurazioni colla ruota su terreno abbastanza regolare è eguale all'error medio delle misurazioni colla catena.

III.

Il prof. Lorber adoperò per le sue misurazioni una ruota di Wittmann della più recente costruzione, quella stessa che ho più sopra descritto, e la cui periferia aveva la lunghezza di 1^m. Le linee misurate erano determinate mediante picchetti in distanza da 20 a 40^m e si trovavano su di un prato che per misurazioni con altri istrumenti doveva dirsi terreno favorevole, non così però per le misurazioni colla ruota perchè alcune zone erano coperte di fresco concime o cosparsa di ramoscelli d'albero. Le misurazioni vennero fatte quasi tutte dallo stesso misuratore, il quale teneva il bastone inclinato di circa 60° verso l'orizzonte e camminava con passo ordinario.

La inclinazione del terreno verso l'orizzonte era tanto piccola da potersi trascurare.

Dopo ripetute ricerche si trovò la lunghezza della periferia della ruota = 1^m.003 e di questa correzione si tenne conto nel calcolo.

Farò qui seguire nella Tabella I i risultati delle 1350 misurazioni del prof. Lorber fatte su 62 linee differenti sopra prato falciato (terreno favorevole), e nella Tabella II i risultati di 140 misurazioni fatte su 8 linee diverse sopra prato coperto di concime (terreno sfavorevole).

TABELLA I.

N°	l	m ²	m
1	20.18	0.000280	0.017
2	20.22	345	19
3	20.22	1556	40
4	20.24	139	12
5	20.24	500	22
6	20.51	222	15
7	21.51	400	20
8	23.86	300	17
9	27.62	178	13
10	32.01	189	14
11	32.95	157	13
12	38.04	289	17
13	40.35	0.000300	0.017
14	40.38	622	25
15	40.38	1755	42
16	40.43	456	21
17	40.47	1845	43
18	40.60	271	17
19	42.44	1178	34
20	50.33	475	22
21	54.64	267	16
22	60.31	0.001778	0.042
23	60.36	135	12
24	60.36	500	22
25	61.09	800	28
26	66.53	228	15
27	69.52	938	31
28	69.83	644	25
29	80.37	0.000400	0.020
30	80.39	1500	39
31	80.43	427	21
32	80.50	889	30
33	80.64	4778	69
34	80.67	1267	36
35	81.71	1933	44
36	86.45	400	20
37	88.03	1004	32
38	99.64	411	20
39	100.36	0.001138	0.034
40	100.48	350	19
41	100.62	1378	37
42	100.71	1138	34
43	100.94	2400	49
44	101.05	244	16
45	102.58	556	24
46	109.22	1856	43
47	117.85	689	26
48	120.84	0.000950	0.031
49	120.87	1027	32
50	122.28	2045	45
51	133.33	778	28

(*) Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart, aprile 1877, p. 241.

Segue TABELLA I.

N°	<i>l</i>	<i>m</i> ²	<i>m</i>
52	137.62	0.001117	0.033
53	142.27	3578	60
54	148.66	982	31
55	161.86	3244	57
56	162.73	950	31
57	175.19	2751	53
58	179.58	1638	41
59	182.62	1670	41
60	187.60	3579	60
61	230.03	2010	45
62	237.92	2561	51

TABELLA II.

N°	<i>l</i>	<i>m</i> ²	<i>m</i>
1	120.57	0.006690	0.082
2	140.94	0.006567	0.081
3	140.97	0.009089	0.095
4	160.36	0.013018	0.114
5	197.69	0.009139	0.097
6	198.02	0.004500	0.067
7	229.60	0.012958	0.114
8	230.32	0.014000	0.118

In queste Tabelle *l* indica la lunghezza della linea misurata ed *m* l'error medio.

Il prof. Lorber divise le rette contenute nella Tabella I in 8 gruppi, dei quali il primo contiene tutte le rette fra 20 e 40^m, il secondo tutte quelle fra 40 e 60^m, il terzo fra 60 e 80^m, il quarto fra 80 e 100^m, il quinto fra 100 e 120^m, il sesto fra 120 e 160^m, il settimo fra 160 e 200^m, e l'ottavo fra 200 e 240^m.

Per questi gruppi calcolò la media lunghezza *L* ed il medio errore *M* dalle formole

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n}$$

ed

$$M^2 = \frac{m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2}{n}$$

calcolò per le ottenute lunghezze medie *L* gli errori che si commetterebbero misurando colla catena, secondo la formula

$$m = 0.003\sqrt{L}$$

ed ottenne la seguente

TABELLA III.

GRUPPO	<i>L</i>	<i>M</i> ²	<i>M</i>	Medio errore d'una misurazione d'una lunghezza <i>L</i> , colla catena
1	24.80	0.000380	0.020	0.015
2	43.34	0.000796	0.028	0.020
3	64.00	0.000718	0.027	0.024
4	83.88	0.001301	0.036	0.028
5	103.76	0.001106	0.033	0.031
6	132.27	0.001497	0.039	0.035
7	174.93	0.002305	0.048	0.040
8	233.98	0.002286	0.048	0.046

Da questa Tabella risulta che l'esattezza delle misurazioni colla ruota, per terreno assai favorevole, si avvicina di molto all'esattezza delle misurazioni colla catena. Per le misurazioni fatte sul terreno coperto con concime (terreno irregolare sfavorevole) l'errore medio delle misurazioni colla catena è assai minore di quello delle misurazioni colla ruota.

Dalla Tabella III si vede inoltre che anche con questo strumento gli errori medii non crescono proporzionalmente alla lunghezza, essendosi trovato dal prof. Lorber la formula

$$m = 0.0036\sqrt{L}$$

Il miglior terreno per le misurazioni colla ruota è un prato di fresco falciato; per strade inghiaiate e sopra strade selciate con cubi di granito si trovò l'error medio maggiore perfino di quello delle linee misurate su prato coperto da concime.

La velocità della ruota, dissi più sopra, avere influenza nei risultati delle misurazioni; però quest'influenza non è grande quando la ruota non ha da sorpassare molti ostacoli nella sua corsa.

Il prof. Lorber in base alle sue misurazioni venne alla conclusione seguente:

« La ruota di Wittmann sarà da adoperarsi soltanto in terreno sensibilmente piano quantunque inclinato. I migliori terreni per adoprare la ruota sono i prati falciati, le vie per pedoni, ecc., in questi casi l'esattezza delle misurazioni fatte colla ruota si avvicina assai all'esattezza della catena; la qual cosa non ha luogo su strade coperte di ghiaia, ecc.

« I risultati riescono sempre minori del vero quanto più grande è il numero degli ostacoli che la ruota deve sormontare e quanto più grande è la velocità colla quale si cammina. I risultati sono in generale maggiori delle vere lunghezze quando non vi sono ostacoli da sormontare.

« Da tutto questo risulta che la ruota può essere adoperata solamente in alcuni casi speciali dal geometra per lavori di rilievo di qualche importanza; mentre per gli ingegneri agricoli, i quali si occupano della misura e della sistemazione dei prati, e per l'agricoltura in generale deve essere considerato come uno strumento che risparmia molto tempo e fatica, e che merita senza dubbio di essere adoperato generalmente ».

Leoben, 22 agosto 1877.

GIO. NICOLÒ IVANCICH.

MECCANICA APPLICATA

CONSIDERAZIONI TEORICHE E DEDUZIONI PRATICHE SUL MIGLIOR IMPIEGO DELL'ARIA COMPRESSA NELLE LOCOMOTIVE.

1. — L'applicazione dell'aria ad una tensione superiore a quella ordinaria dell'atmosfera non avvenne che in questo secolo. Prima del 1839 l'aria veniva usata quasi esclusivamente alla tensione esterna per penetrare nell'acqua mediante le campane da palombaro o coi battelli sottomarini; ma nel 1839 l'ingegnere Triger trovò il modo di impiegare l'aria ad una pressione superiore ad un'atmosfera per l'escavazione di pozzi, per lavori subacquei e suggerì anche la maniera di servirsene in tutte le industrie per trasmettere la forza a grandi distanze.

Quest'ultima idea del Triger rimase infruttuosa si può dire fino al 1852, nel quale anno il professore Colladon, di Ginevra, propose al governo piemontese di applicarla all'escavazione di gallerie sia come fluido motore, che come mezzo di trasmissione — proposta che abilmente svolta ed applicata dal nostro Sommeiller diede origine alla sua perforatrice e contribuì a mandare ad effetto l'allora contrastata opera del traforo del Fréjus.

Da quell'epoca l'aria compressa ricevette successivamente tante e così utili applicazioni, che oggi si può considerare come un agente meccanico d'altrettanta importanza quanto quella che ha il vapor d'acqua, e forse non è lontano il giorno in cui servendosi della proprietà che ha l'aria di trasportare la forza motrice a qualunque distanza e in quella quantità richiesta, verrà impiegata come fluido motore nella piccola industria distribuendo la forza motrice a domicilio come già si pratica per il gas illuminante.

2. — Fra tutte le applicazioni dell'aria compressa che in questi ultimi anni destarono maggior interesse, la più importante è quella che si riferisce al suo impiego nei motori locomobili delle strade ferrate, cioè nelle locomotive. Il far agire una locomotiva servendosi dell'aria compressa non è tuttavia un'idea nuova, ed anche tralasciando di parlare della loco-

motiva costrutta a Parigi nel 1840 dai signori Andraud et Tessiè per la strada di Chaillot, basta dire che fin dal 1858 il Sommeiller fece costruire ed applicare una locomotiva ad aria compressa sopra una diramazione della linea Torino-Genova. Però l'applicazione che prima fu coronata da un vero successo fu quella fatta al traforo del Gottardo, ove l'ingegnere Ribourt fece nel 1875 costruire dall'officina del Creusot una locomotiva ad aria compressa, in cui la pressione dell'aria nel serbatoio era di 14 atmosfere ed entrava nei cilindri a sole 4 o 5 atmosfere. Successivamente il signor Mekarski a Parigi l'applicò alla trazione dei tramway aggiungendovi un apparecchio (denominato calefattore) destinato a riscaldare e saturare di vapore acqueo l'aria prima che questa entri nei cilindri.

Or bene, l'esaminare come l'aria compressa si comporti quando viene impiegata come fluido motore nelle locomotive, conoscere quali sono gli inconvenienti a cui dà luogo, vedere il modo di ovviarli od almeno attenuarli, credo sia cosa che può interessare chi si occupa di questioni ferroviarie — tanto più che quando questo genere di motore sarà convenientemente studiato potrà forse condurre alla soluzione del problema che oggidì si agita anche fra gli ingegneri pratici e riguardante le ferrovie economiche.

Allorquando si sarà trovata una locomotiva ad aria compressa che soddisfacendo alle esigenze del servizio utilizzi il più che sia possibile la forza elastica dell'aria, chi sa che non convenga adottarla sulle linee a scartamento ridotto dell'Alta Italia, cioè in quelle linee che non presentando un lunghissimo percorso e per loro natura scendendo dalle valli trasversali tributarie della gran valle del Po, vanno a far capo alla rete principale. Queste valli ricche di corsi d'acqua presentando il vantaggio di somministrare con poco costo una quantità di forza motrice, porgono il mezzo di produrre economicamente l'aria compressa necessaria per alimentare le locomotive.

Intanto avendo letto qualche scritto riguardante le locomotive ad aria compressa ed avendovi in mezzo ai molti pregi scorto qualche cosa che a me parve non troppo esatto, m'accinsi a studiare dal lato teorico il problema ed esaminare in quali condizioni e con quali avvertenze si dovrà l'aria impiegare nelle locomotive. I risultati a cui arrivai e che sotto riporto, quantunque teorici, hanno però un indirizzo pratico e spero potranno alcun poco servire di guida per chi volesse studiare il modo di applicare l'aria compressa alle locomotive.

3. — Applicando direttamente l'aria compressa ad una locomotiva ordinaria colla semplice sostituzione dell'aria al vapor d'acqua, si andrebbe incontro al grave inconveniente a tutti noto di un abbassamento tale di temperatura da produrre il congelamento dell'acqua e degli ingrassi, e quindi da compromettere il movimento della macchina.

Per farci prima d'ogni cosa un'idea di quest'abbassamento di temperatura, basta osservare che per la rapidità dei colpi l'aria introdotta nei cilindri motori si può con molta esattezza supporre non riceva nè trasmetta calore e quindi lavori espandendosi secondo la legge adiabatica; in quest'ipotesi prossima al vero tutto il lavoro di dilatazione si fa a spese del calore proprio dell'aria, ed allora la relazione che lega la pressione p_0 e la temperatura assoluta τ_0 iniziali alla pressione p_1 e temperatura τ_1 finali, sappiamo dalla termodinamica essere

$$\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\gamma} = \frac{\tau_0}{\tau_1}$$

nella quale $\gamma=1.41$. — Dando al rapporto $\frac{p_1}{p_0}$ successivi valori crescenti si potranno avere i successivi valori corrispondenti del rapporto $\frac{\tau_0}{\tau_1}$ e supponendo che τ_1 , cioè la

temperatura assoluta che ha l'aria dopo l'espansione sia quella almeno che corrisponde al zero ordinario, cioè $\tau_1=273^\circ$, si potranno avere i valori da darsi a τ_0 affinché espandendosi l'aria, la sua temperatura non venga al disotto del zero centigrado e non produca gli inconvenienti sopra lamentati.

Questi calcoli trovansi registrati nel seguente quadro A, che sino al rapporto $\frac{p_0}{p_1}=15$, ricavi dall'opera: *L'air comprimé et ses applications*, di A. Pernolet, ed al quale vi aggiunti i valori corrispondenti ai rapporti di $\frac{p_0}{p_1}$ eguali a 16, 18 e 20:

QUADRO A.

Valori di $\frac{p_0}{p_1}$	Valori di $\frac{\tau_0}{\tau_1}$	Valore da darsi a τ_0 affinché $\tau_1=273^\circ$	Temperatura iniziale espressa in gradi centesimali
2	1,2226	333°, 76	60°
3	1,3752	375, 43	102
4	1,4948	408, 08	135
5	1,5948	435, 38	162
6	1,6813	459, 00	186
7	1,7582	479, 98	207
8	1,8276	498, 93	226
9	1,8912	516, 30	243
10	1,9500	532, 35	259
11	2,0044	547, 20	274
12	2,0556	561, 18	288
13	2,1040	574, 40	301
14	2,1497	586, 86	313
15	2,1931	598, 70	325
16	2,2396	611, 40	338
18	2,3174	632, 65	359
20	2,3894	652, 30	379

Volendo adunque impiegare dell'aria secca, per esempio a 7 atmosfere e farla dilatare sino ad un'atmosfera, si dovrà dare all'aria una temperatura di 207 gradi ordinari affinché dopo l'espansione si riduca a zero gradi centigradi.

Per questa ragione quando nel 1873 il signor Favre pensò di servirsi al traforo del Gottardo delle locomotive ordinarie adoperando l'aria compressa, fu obbligato di far passare questa, entro un tubo, attraverso il focolare della locomotiva stessa e poscia condurla ai cilindri motori.

4. — Ma anche adoperando l'aria sufficientemente riscaldata non si eliminano tutti gli inconvenienti, e fra questi devono annoverare i due più importanti: le fughe d'aria e la continua variazione della pressione nella caldaia o serbatoio.

L'aria specialmente riscaldata e secca come sin qui la si è supposta, ad una pressione alcun poco elevata passa facilmente attraverso le chiusure e sfugge talvolta dai cassetti passando tra questi e il piano dello specchio. Inoltre di mano in mano che si prende aria nel serbatoio la sua pressione va sempre diminuendo e quindi il macchinista è continuamente obbligato a variare il periodo d'introduzione e il grado d'espansione dell'aria; sarebbe quindi necessario di far sì che l'aria arrivasse nei cilindri ad una pressione sempre costante e che contenesse del vapore acqueo, procurando nel tempo stesso di impiegare aria a non troppo elevata pressione e compatibile col lavoro che essa deve generare per soddisfare alle esigenze della trazione.

A ciò pensarono l'ingegnere Ribourt nella sua locomotiva ed il signor Mekarski nel suo tramway ad aria compressa: il primo interponendo fra la caldaia ed i cilindri un piccolo serbatoio denominato regolatore, nel quale mediante valvole la pressione vien mantenuta costante ad un grado assai inferiore a quello che essa ha nella caldaia e da cui viene poi somministrata ai cilindri; il secondo invece volendo adoperare aria a più elevate pressioni pensò eziandio di riscaldarla ed allora introdusse un terzo apparecchio (calefattore) contenente acqua riscaldata a circa 170° o 180° ; attraverso a questo l'aria passa, si riscalda, si satura di vapore d'acqua e indi va al regolatore della pressione.

Il processo Mekarski è più complicato ma molto migliore di quello dell'ingegnere Ribourt; difatti esso riscalda l'aria saturandola di vapore e quindi permette una pressione di introduzione ed un'espansione nei cilindri molto maggiore che nol consenta la locomotiva Ribourt del 1875. Si po-

trebbe anche ovviare agli inconvenienti sopra lamentati della diminuzione di temperatura ed alle fughe senza ricorrere al riscaldamento dell'aria ed al calefattore, ma rivestendo i cilindri motori di una camicia di vapore oppure facendo circolare una corrente d'acqua calda attorno ad essi; in questa guisa l'aria si dilaterrebbe a spese non del calore proprio (dilatazione adiabatica) ma del calore che le verrebbe trasmesso dal cilindro, ed allora la sua dilatazione avverrebbe a temperatura costante, e basterebbe quel poco di vapore acqueo che sempre porta con sé l'aria dalla compressione per produrre la necessaria lubrificazione interna del cilindro. Questo processo manifestamente è difficile a realizzarsi e presenta molte difficoltà pratiche.

5. — Premesse le quali cose, suppongo stabilito il volume o la capacità della caldaia-serbatoio, che come carro di scorta, sempre accompagna la locomotiva, fissata la tensione che ha in essa l'aria e quindi noti il suo peso ed il suo stato fisico; il problema che più grandemente può interessare gli ingegneri è quello di stabilire il modo di ricavare da questo determinato peso d'aria il massimo lavoro possibile. Chi, data la pressione in caldaia, scegliesse arbitrariamente e senza alcun criterio la pressione dell'aria nel regolatore, può non ricavare dall'aria stessa tutto quel lavoro che dovrebbe ritrarre; e sarebbe in errore chi credesse che per ottenere un maggior lavoro dal peso fisso d'aria del serbatoio, convenisse sempre accrescere la pressione nel recipiente che fa da regolatore. Infatti, per una determinata pressione nel regolatore è manifesto che si utilizza dell'aria del serbatoio quella parte in peso dato dalla differenza fra i pesi di due volumi d'aria, eguali fra loro ed al volume della caldaia, ma di pressione rispettivamente eguale a quella iniziale ed a quella che deve avere nel recipiente regolatore; è poi facile accorgersi che di mano in mano che si fa crescere la pressione nel regolatore questa differenza ossia il peso d'aria che viene utilizzata diminuisce. Per altra parte il lavoro prodotto dall'aria a parità di peso, p. es., 1 chilogramma, cresce col crescere della pressione iniziale (restando fissa la pressione finale).

Ma il lavoro che vogliamo avere dalla caldaia che fa da serbatoio è dato dal prodotto del lavoro corrispondente all'unità di peso d'aria per il peso d'aria che si può ricavare dal serbatoio stesso; ora di questi due fattori uno cresce col crescere della pressione nel regolatore, l'altro invece diminuisce, quindi è evidente che vi deve esistere una certa pressione nel regolatore per la quale questo prodotto è un massimo.

Questa pressione nel regolatore colla quale si può ricavare il massimo lavoro dalla quantità d'aria contenuta in caldaia, varia col variare della pressione nella caldaia stessa: ma una volta fissata la pressione in questa rimane anche fissata od almeno obbligata la pressione in quello.

Nell'intento di far cosa alcun poco utile, mi sono appunto proposto di determinare questa pressione da assumersi nel regolatore corrispondentemente a diversi valori della pressione in caldaia, onde il lavoro che si ricava da tutta l'aria contenuta in caldaia sia il più grande possibile.

6. — Per fare questa determinazione ecco la via da me seguita: Si consideri un chilogramma d'aria della caldaia-serbatoio; di questo chilogramma siccome una parte si utilizza passando nel regolatore e la restante parte resta inattiva nella caldaia, così si calcoli il peso d'aria utile, corrispondente ad 1 chilogramma nella caldaia, nell'ipotesi che la pressione nel regolatore si assuma di 2, 3, 4, ecc., fino a 20 atmosfere. (Questo peso d'aria è dato dalla differenza fra l'unità ed il peso d'aria che rimane in caldaia; e quest'ultimo, a sua volta, è dato dal rapporto dei volumi specifici dell'aria alla medesima temperatura, p. es., $\tau=283'$, ma rispettivamente alla pressione iniziale ed a quella che deve avere nel regolatore, o più speditamente dal rapporto di queste due pressioni). — Ciò fatto si calcolino a parte i differenti lavori che un chilogramma d'aria ad una data temperatura somministra espandendosi da una pressione iniziale di 2, 3, 4, 20 atmosfere sino ad un'atmosfera; moltiplicando ciascuno di questi lavori pel rispettivo peso d'aria utilizzata si avrà il lavoro che dà ogni chilogramma d'aria della caldaia. Così, p. es., supponiamo la pressione in caldaia di 30 atmo-

sfe e siasi trovato che per ogni chilogramma d'aria compressa che passa nel regolatore, per esempio, a 10 atmosfere si utilizzi il solo peso π ; inoltre si sia ricavato che un chilogramma d'aria a 10 atmosfere espandendosi sino ad 1 atmosfera, produce un lavoro L' , allora $\pi \times L'$ rappresenterà il lavoro che si ricava da un chilogramma d'aria che da 30 atmosfere nella caldaia passa a 10 atmosfere nel regolatore per lavorare poscia dilatandosi sino ad 1 atmosfera.

Facendo questo calcolo, e supponendo la pressione in caldaia successivamente di 10, 15, 20, 25, 30 e 40 atmosfere si avrà per ciascuna delle sei ipotesi i differenti valori del lavoro ricavato da 1 chilogramma d'aria compressa quando la pressione nel regolatore varia da 2, 3, 4, ecc., fino a 20 atmosfere, in altre parole si avranno sei serie di valori del lavoro di 1 chilogramma d'aria compressa; scegliendo il più gran valore di ciascuna di queste serie e cercando qual è la pressione del regolatore che le corrisponde, questa rappresenterà per quella serie, cioè per quella supposta pressione in caldaia, la pressione conveniente da adottarsi nel regolatore. Intanto dirò che il lavoro L del chilogramma d'aria a differenti pressioni iniziali fu calcolato supponendo che l'espansione avvenga secondo una legge adiabatica, ipotesi molto prossima alla realtà giacché, come si è già osservato, essendo i colpi rapidi l'aria non ha tempo nel cilindro di ricevere o di trasmettere calore. Secondo questa ipotesi chiamando:

A l'equivalente meccanico del calore;

c il calore specifico dell'aria a pressione costante;

π il peso d'aria che si vuole considerare espresso in chilogrammi;

p_0, τ_0 la temperatura assoluta e la pressione iniziali dell'aria;

p_1, τ_1 la temperatura assoluta e la pressione finali dell'aria;

L il lavoro che si ricava del peso π d'aria espresso in chilogrammi si avrà

$$L = A c \pi \tau_0 \left\{ 1 - \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right\}$$

od anche

$$L = A c \pi \tau_0 \left\{ 1 - \frac{\tau_1}{\tau_0} \right\}$$

nelle quali facendo $A=425$; $c=0,2375$; $\gamma=1,41$ e dando a $\frac{p_1}{p_0}$ successivi valori da 2, 3, ecc., fino a 20, si ricava dapprima il seguente:

QUADRO B.

Valori di $\frac{p_1}{p_0}$	Valori di $\frac{\tau_1}{\tau_0}$	Valori del lavoro L	Osservazioni
20	0,4185	58,695 $\pi \tau_0$	I valori di $\frac{\tau_1}{\tau_0}$ furono ricavati dal quadro A sopra riportato.
16	0,4465	55,868 $\pi \tau_0$	
14	0,4652	53,981 $\pi \tau_0$	
12	0,4864	51,841 $\pi \tau_0$	
10	0,5129	49,161 $\pi \tau_0$	
8	0,5471	45,714 $\pi \tau_0$	
7	0,5688	43,524 $\pi \tau_0$	
6	0,5948	40,899 $\pi \tau_0$	
5	0,6270	37,649 $\pi \tau_0$	
4	0,6690	33,410 $\pi \tau_0$	
3	0,7272	27,535 $\pi \tau_0$	
2	0,8179	18,880 $\pi \tau_0$	

Poscia dando a π i valori che si ricavano nelle differenti ipotesi della pressione in caldaia di 10, 15, 20, 25, 30 e 40 atmosfere si potrà ricavare quest'altro quadro C nel quale v rappresenta il volume specifico che l'aria ha nella caldaia ed alla temperatura ordinaria di 10 centigradi, ed il lavoro è quello ricavato nell'ipotesi che l'espansione si faccia sino ad 1 atmosfera, cioè per $p_0=1$.

QUADRO C.

Pressione nel regolatore in atmosfere	Peso π d'aria utilizzata per ogni chilogramma d'aria della caldaia	Lavoro in chilogrammetri prodotto o ricavato da 1 chil. d'aria della caldaia	Osservazioni
6	0,40	16,359 τ_0	Pressione in caldaia 10 atmosfere $v=0,080192$ = Massimo lavoro
5	0,50	18,824 τ_0	
4	0,60	20,046 τ_0	
3	0,70	19,274 τ_0	
2	0,80	14,704 τ_0	
12	0,200100	10,373 τ_0	Pressione in caldaia 15 atmosfere $v = 0,053454$ = Massimo lavoro
10	0,333425	16,391 τ_0	
8	0,466730	21,336 τ_0	
7	0,533398	23,215 τ_0	
6	0,600055	24,541 τ_0	
5	0,666713	25,101 τ_0	
4	0,733360	24,501 τ_0	
3	0,800028	22,028 τ_0	
2	0,866685	15,929 τ_0	
16	0,200	11,173 τ_0	Pressione in caldaia 20 atmosfere $v = 0,040096$ = Massimo lavoro
14	0,300	16,194 τ_0	
12	0,400	20,736 τ_0	
10	0,500	24,580 τ_0	
8	0,600	27,428 τ_0	
7	0,650	28,291 τ_0	
6	0,700	28,629 τ_0	
5	0,750	28,236 τ_0	
4	0,800	26,728 τ_0	
3	0,850	23,404 τ_0	
2	0,900	16,542 τ_0	
20	0,200180	11,749 τ_0	Pressione in caldaia 25 atmosfere $v = 0,0320706$ = Massimo lavoro
16	0,360124	20,119 τ_0	
14	0,440191	23,762 τ_0	
12	0,520088	26,961 τ_0	
10	0,600090	29,501 τ_0	
8	0,680062	31,088 τ_0	
7	0,721196	31,389 τ_0	
6	0,760044	31,085 τ_0	
5	0,800040	30,121 τ_0	
4	0,840031	28,065 τ_0	
3	0,880022	24,231 τ_0	
2	0,920016	16,910 τ_0	
20	0,341381	20,037 τ_0	Pressione in caldaia 30 atmosfere $v = 0,026408$ = Massimo lavoro
16	0,473105	26,431 τ_0	
14	0,530967	28,662 τ_0	
12	0,604825	31,354 τ_0	
10	0,670691	32,971 τ_0	
8	0,736553	33,671 τ_0	
7	0,769484	33,491 τ_0	
6	0,802413	32,817 τ_0	
5	0,835345	31,450 τ_0	
4	0,868276	29,000 τ_0	
3	0,901206	24,815 τ_0	
2	0,934138	17,169 τ_0	

Segue il QUADRO C.

Pressione nel regolatore in atmosfere	Peso π d'aria utilizzata per ogni chilogramma d'aria della caldaia	Lavoro in chilogrammetri prodotto o ricavato da 1 chil. d'aria della caldaia	Osservazioni
20	0,500	29,847 τ_0	Pressione in caldaia 40 atmosfere $v = 0,020048$ = Massimo lavoro
16	0,600	33,520 τ_0	
14	0,650	35,087 τ_0	
12	0,700	36,288 τ_0	
10	0,750	36,871 τ_0	
8	0,800	36,571 τ_0	= Massimo lavoro
7	0,825	35,907 τ_0	
6	0,850	34,764 τ_0	
5	0,875	32,943 τ_0	
4	0,900	30,069 τ_0	
3	0,925	25,469 τ_0	
2	0,950	17,461 τ_0	

L'ispezione dei valori di L contenuti in quest'ultimo quadro conduce immediatamente a stabilire le seguenti conclusioni importantissime per la pratica:

Quando è dato un serbatoio d'aria compressa, o in altri termini è data una caldaia di locomotiva ripiena d'aria compressa e vuoi avere da essa il massimo lavoro totale, supposta l'espansione avvenga secondo una legge adiabatica e sino a che la sua pressione discenda ad un'atmosfera;

1° Non si può fissare arbitrariamente la pressione nel recipiente regolatore;

2° La pressione nel regolatore varia e dipende da quella che l'aria ha nella caldaia-serbatoio;

3° Supposta la pressione nel serbatoio successivamente di 10, 15, 20, 25, 30 e 40 atmosfere per avere un massimo di lavoro, si dovrà nel regolatore far discendere questa pressione rispettivamente a 4, 5, 6, 7, 8 e 10 atmosfere.

7. — Se invece di supporre l'espansione dell'aria secondo una legge adiabatica, si potesse con apparecchi convenienti ottenere quest'espansione a temperatura costante, allora il lavoro somministrato da un chilogramma d'aria che dalla pressione p_0 e volume specifico v_0 passa alla pressione p_1 e volume specifico corrispondente v_1 sarà dato dalla relazione

$$L' = p_1 v_1 \times 2,3 \log \frac{v_1}{v_0}$$

nella quale facendo $p_0 = 1$ atmosfera = 10333 chilogrammi; $v_1 = 0,0080192$ e v_0 eguale al volume specifico che ha l'aria successivamente a 2, 3, 20 atmosfere ed alla temperatura media di 10 centigradi, si ricavano i diversi valori di L' corrispondenti ad 1 chilogramma d'aria a differenti pressioni iniziali che si dilata sino ad 1 atmosfera i quali valori sono trascritti nel seguente quadro D.

QUADRO D.

Valore della pressione iniziale p_0	Lavoro L' raccolto da 1 chilogramma d'aria compressa in chilogrammetri	Valore della pressione iniziale p_0	Lavoro L' raccolto da 1 chilogramma d'aria compressa in chilogrammetri
20	24796,50	7	16106,15
16	22948,50	6	14830,25
14	21843,30	5	13321,30
12	20567,40	4	11474,20
10	19058,35	3	9093,15
9	18186,30	2	5737,15
8	17211,40	—	—

Servendoci dei valori di L' riportati in questo quadro e moltiplicandoli pel peso d'aria, che alle diverse pressioni

in caldaia ed alle differenti pressioni nel regolatore viene utilizzato, si avranno i lavori che si possono ritrarre da 1 chilogramma d'aria compressa contenuta nella caldaia nelle differenti ipotesi di pressione nel serbatoio e nel regolatore.

Questi lavori trovansi riportati in quest'altro

QUADRO E.

Valori di p_0 ossia di $\frac{v_1}{v_0}$	Pressione in caldaia 10 atmosfere volume specifico 0,080192		Pressione in caldaia 20 atmosfere volume specifico $v = 0,040096$		Pressione in caldaia 40 atmosfere volume specifico $v = 0,020048$	
	Peso d'aria utilizz- zata	Lavoro in chg.-mt. disponibile per 1 chil. d'aria in caldaia	Peso d'aria utilizz- zata	Lavoro in chg.-mt. disponibile per 1 chil. d'aria in caldaia	Peso d'aria utilizz- zata	Lavoro in chg.-mt. disponibile per 1 chil. d'aria in caldaia
20	—	—	—	—	0,50	12398,25
16	—	—	0,200	4589,70	0,60	13769,10
14	—	—	0,300	6552,99	0,65	14198,15
12	—	—	0,400	8226,96	0,70	14397,18
10	—	—	0,500	9529,18	0,75	14293,76
9	—	—	0,550	10002,46	0,775	14094,38
8	—	—	0,600	10326,84	0,800	13769,12
7	—	—	0,650	10469,00	0,825	13287,58
6	0,400	5932,10	0,700	10381,18	0,850	12605,71
5	0,500	6660,15	0,750	9990,97	0,875	11656,14
4	0,600	6884,52	0,800	9179,36	0,900	10326,78
3	0,700	6365,21	0,850	7729,18	0,925	8413,01
2	0,800	4589,72	0,900	5163,44	0,950	5450,28

Questi risultati stabiliscono le seguenti norme:

1° Che anche nel caso in cui l'espansione dell'aria compressa avviene a temperatura costante, si verificano le due prime leggi state sopra stabilite pel caso di un'espansione adiabatica;

2° Che supposta la pressione nel serbatoio rispettivamente di 10, 20 e 40 atmosfere, per avere da quest'aria il massimo di lavoro si dovrà procurare che nel recipiente regolatore la pressione sia rispettivamente di 4, 7 e 12 atmosfere.

8. — A queste conclusioni fui condotto nell'ipotesi che l'aria sia perfettamente secca, ciò non avvenendo in pratica massime quando l'aria passa attraverso al calefattore si potrebbe dubitare che esse debbano essere modificate quando l'aria trovasi satura di vapor d'acqua. Ma ciò non avviene giacché la presenza del vapore nel cilindro, mentre produce un lavoro di dilatazione per conto proprio, non fa che accrescere di poco il lavoro di dilatazione dell'aria introdotta nei cilindri, accrescimento dovuto al calore che le vien trasmesso da quella porzione di vapor d'acqua che nella dilatazione si condensa.

Intanto per meglio completare quanto venni esponendo, farò osservare che il fattore τ_0 che entra nelle espressioni del lavoro nell'ipotesi di espansione adiabatica (quadro C), in generale è variabile fra $273^\circ + 130^\circ$ e $273^\circ + 180^\circ$; ponendo in media $\tau_0 = 420^\circ$ si ricavano per i differenti valori del lavoro massimo corrispondente ad una data pressione in caldaia, i seguenti:

Pressione in caldaia	Pressione nel calefattore	Lavoro massimo
10 atmosfere	4 atmosfere	8149,30 chg.-mt.
15 »	5 »	10542,40 »
20 »	6 »	12024,20 »
25 »	7 »	13183,40 »
30 »	8 »	14141,80 »
40 »	10 »	15485,80 »

Questi massimi paragonati con quelli che nel quadro E risultano nell'ipotesi di espansione isoterica, fanno vedere che, anche a parte la difficoltà pratica di realizzare questa seconda legge di dilatazione, la legge di dilatazione adiabatica è quella che somministra un maggior lavoro dell'aria. È però vero che per ottenere questo accrescimento di lavoro si deve spendere una quan-

tità di calore, ma non è meno vero che coll'espansione isoterica debbesi anche spendere calore per mantenere nel cilindro la temperatura costante.

Coll'aiuto di questi quadri e conoscendo la natura della strada ed il peso da rimorchiarsi (in altre parole conoscendo il lavoro che durante tutto il suo tragitto la locomotiva deve sviluppare) ed assumendo fra i dati la capacità sempre limitata della caldaia, si vede come non sia difficile fissare la pressione dell'aria compressa in caldaia e nel regolatore in guisa che mentre si ottiene una soddisfacente trazione si abbia anche il massimo d'economia dell'aria stessa.

Sarebbe ora interessante esaminare e studiare la stessa questione, riguardante la pressione da adottarsi nel regolatore, in modo analitico, tanto più che si arriverebbe a conclusioni più generali di quelle sopra stabilite; ma di questo ad altra volta se non mi faranno difetto la lena ed il tempo.

Ing. ANGELO BOTTIGLIA.

SUNTO DEI LAVORI DI ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE

SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI CIVILI A PARIGI.

Il tunnel sotto la Manica. — Nella seduta del 18 maggio il signor Lavalley ha descritto la struttura geologica del terreno nel passo di Calais.

I trivellamenti in mare cominciarono fin dal 1875 e proseguirono a partire dalla costa francese e proseguirono fin quasi alla costa inglese, non avevano dato indizi nè di fessure, nè di alcun ripiegamento d'importanza degli strati. Anche in prossimità della costa francese l'argilla e gli strati di creta, sollevati in questo punto dai grès verdi, circondano queste rocce senza punto interrompersi ad onta della forte ondulazione.

Nella bella stagione dell'anno passato la Società del tunnel sottomarino ricominciò le trivellazioni in mare, dopo avere alquanto migliorato i suoi apparecchi coll'aggiunta di un piccolo verricello a vapore per il sollevamento della trivella, e così col risparmio di un lavoro penoso agli operai e grande risparmio di tempo tra due operazioni successive.

I pressi della costa francese erano stati abbastanza esplorati nell'anno precedente perchè fosse il caso di non ritornarvi sopra.

Si fecero invece numerosi assaggi nella parte di mezzo dello stretto. I punti esplorati nella prima campagna erano apparsi troppo distanti fra loro; e fra dessi si eseguirono altre trivellazioni per poter tracciare colla massima esattezza possibile le curve che determinano sul fondo dello stretto le superficie di separazione dei diversi letti di posa degli strati. Si poterono avere saggi così tra loro vicini da escludere la possibilità della esistenza tra i punti esplorati di qualsiasi accidente di qualche importanza.

Solo al nord-est del banco del Varne si incontrò una località ove la sonda non incontrò che sabbia e ghiaia. Ma quivi è evidente che essendovi il banco a difesa contro la corrente dei flutti, le alluvioni hanno potuto deporsi, e nascosero il fondo. Ma l'andamento degli strati a destra e sinistra di questa località non lascia alcun dubbio che se vi ha forse un po' di basso fondo, il dislivello non può essere che di poca importanza.

Come presso la costa francese, le linee di affioramento, deviando dalla loro direzione generale, segnalano il ripiegamento dei Quénocs, così pure in sulla costa inglese la direzione egualmente deviata di queste linee era indizio di altro accidente, che si dovette minutamente studiare. Epperò tra la costa inglese ed il banco del Varne, permettendolo la vicinanza della costa, si sono fatte tali e tante esplorazioni da poter riguardare questa parte del suolo sottomarino come le regioni terrestri ove la creta è alla superficie del suolo. Il fenomeno che qui si presenta, benché un poco più complicato di quello dei Quénocs, non dà luogo ad alcuna difficoltà per l'esecuzione del tunnel.

Oggidi si conoscono adunque, e si sono perfettamente disegnate, le diverse zone, ossia i diversi banchi di creta so-

vrapposti che costituiscono il fondo dello stretto, ed accertata la costanza dello spessore degli strati medesimi dalla Francia all'Inghilterra; ed è perfettamente possibile un tracciato che pur soddisfacendo a certe condizioni altimetriche per le rampe di discesa e di salita rimanga in un determinato strato di creta, nella creta di Rouen, ad es., la cui impermeabilità è stata nuovamente riconosciuta presso Sanguatte. Così il tunnel potrà essere tracciato in modo da soddisfare alle volute condizioni di economia nella sua costruzione, di facilità nei raccordi colle ferrovie dei due paesi, ed infine di celerità e comodità per l'esercizio.

Le difficoltà di geometria pratica per il tracciamento del tunnel sottomarino. — L'ingegnere Larousse nella stessa seduta assicurò i paurosi sulla facilità di ottenere la coincidenza nell'interno del tunnel dei lavori incominciati dai due imbocchi, quand'anche il tunnel non dovesse seguire una linea retta.

Anzitutto, la triangolazione anglo-francese del 1862 che rilega le due costiere dello stretto, permetterà di conoscere con grande esattezza la distanza dei pozzi praticati dai due lati all'imbocco della galleria.

D'altra parte le lunghezze e gli angoli dei diversi allineamenti in galleria saranno misurati a misura del progresso dei lavori, e si otterranno così tutti gli elementi per calcolare la lunghezza e la direzione della galleria che dovrà in un istante qualsiasi riunire i lavori e chiudere il poligono.

Certamente gli errori che si commettono nelle diverse operazioni, relative alla misura degli angoli e dei lati del poligono, produrranno una certa deviazione negli assi delle gallerie, ed è il valore di questa deviazione finale nel bel mezzo della galleria, o quanto meno un valor massimo di questo errore che conviene conoscere.

Per giungervi l'autore suppone che in ogni operazione parziale l'errore raggiunga un valor massimo e che tutti gli errori combinino in uno stesso senso ad aumentare la deviazione.

Ammette:

1° Nella misura delle lunghezze l'errore di 1/10000, ossia di un decimetro per chilometro.

2° Nella puntata semplice del cannocchiale l'errore di 2".

3° Nella lettura degli angoli, fatta per ripetizione o per reiterazione un gran numero di volte, l'errore di 3" alla superficie della terra, e di 4" nell'interno del tunnel per tener conto delle difficoltà di vedere, ecc.

Con queste cifre, le quali, soggiunge l'autore, sembreranno certamente esagerate di fronte ai perfezionamenti ottenutisi negli strumenti di geodesia, si giungerebbe ai risultati seguenti:

1° Nel caso di un tracciato rettilineo, sebbene le operazioni si riducano a poche, pure gli errori possibili, principalmente nel riportare entro il tunnel la direzione presa alla superficie del suolo, potrebbero cagionare uno scarto tra asse ed asse di m. 1.88 o di m. 2.22 secondochè l'allineamento sarà dato da una sola posizione del teodolite ad ogni imbocco, o da due posizioni dello strumento, una all'origine e l'altra verso il mezzo.

2° Nel caso di un tracciato composto di due tratti rettilinei riuniti con una curva di 2700 metri di raggio, e 2500 metri di sviluppo, l'accumulazione degli errori darebbe luogo nel mezzo del tunnel ad uno scarto massimo di m. 4.40 tra gli assi delle due gallerie.

3° Nel caso di un tracciato di cinque curve tale da seguire assai da vicino le linee di livello della superficie della argilla, (il quale tracciato è dovuto all'ingegnere delle miniere signor Potier, e può essere considerato come un limite di tutte le sinuosità possibili) a malgrado del gran numero di osservazioni necessarie, il massimo scarto degli assi del tracciamento non sarebbe che di m. 8.35; ossia passerebbe di poco la larghezza del tunnel, che sarebbe progettata di 8 metri.

Ogni dubbio sulla possibilità di ricongiungere i lavori dev'essere adunque rimosso, e questa conclusione, sempre

a detta del sig. ing. Larousse, è tanto più giustificata inquantochè l'ipotesi dell'accumulazione degli errori tutti in un medesimo senso, e di un errore così grande per ogni operazione, è cosa affatto improbabile.

SOCIETÀ DELL'INDUSTRIA MINERARIA IN FRANCIA.

Dati pratici per la trazione meccanica sulle ferrovie a binario ridotto. — I seguenti dati si riferiscono alla ferrovia a binario ridotto destinata a congiungere gli stabilimenti di Decazeville e di Firmy, e le miniere in ferro di Mandallazan, di Kaymar, di Lunel, e di Marcillac.

1. **Andamento della ferrovia.** — Lunghezza 20 chilometri; per un terzo in salita verso Marcillac, col 13 per mille, un terzo in piano, ed un terzo in discesa del 7,5 per mille.

2. **Costo del binario.** — I regolì in ferro sono a doppio fungo, e pesano 16 chilogr. per metro corrente. Il costo del binario in opera per metro corrente è di lire 12; in questo prezzo i regolì entrano per lire 7.04.

3. **Vagoncini.** — Non vi sono molle di sospensione. La cassa è lunga m. 2,25, larga m. 1,10, alta m. 0,50. Il diametro delle ruote è di m. 0,50. La distanza fra gli assi è m. 0,80. Ogni vagone pesa a vuoto 860 chilogrammi, e 3800 chilogr. a carico completo. Il costo di ogni vagone a freno è di 350 lire.

4. **Locomotive.** — Ve ne sono cinque. Sono a 4 ruote indipendenti. Le casse dell'acqua sono ai fianchi delle caldaie. Il diametro delle ruote è di m. 0,66. La distanza fra gli assi m. 1,10. Il raggio minimo delle curve è di 50 metri. Pesano in servizio 5000 chilogrammi. Hanno 10 metri quadrati di superficie di riscaldamento. Sviluppano una forza di 12 cavalli. Consumano 9 chilogr. di carbon fossile per chilometro, e costano 12 mila franchi ciascuna.

Camminano colla velocità di 15 chilometri, rimorchiando in piano 12 volte il loro peso, ed una volta appena il loro peso sulla pendenza limite del 4,5 per cento.

Ogni macchina può trasportare giornalmente 4500 tonnellate a 100 chilometri di distanza su linea orizzontale. Il peso di minerale trasportato annualmente da ogni macchina è in media di 50 mila tonnellate.

5. **Confronto delle spese di locomozione a vapore con quelle a trazione animale.** — Fino al 1870 la trazione era fatta col mezzo dei cavalli; ed ecco le medie annuali delle spese di esercizio:

	Servizio	
	con locomotive	a cavalli
Trazione	0,060	0,090
Via	0,028	0,032
Materiale	0,014	0,035
Totale	0,102	0,157

ISTITUTO DEL FERRO E DELL'ACCIAIO.

Necessità di maggiore istruzione tecnica in Inghilterra. — Nelle tornate primaverili del 1877, il dott. Siemens che successe nella carica di presidente al signor Menelaus, nel suo discorso d'inaugurazione toccò oltre gli altri argomenti anche quello sulla necessità dell'istruzione tecnica in Inghilterra. Le cose dette non hanno certamente nulla di nuovo per noi, e avrebbero tutto al più rivestito un certo quale carattere di originalità ove il dott. Siemens fosse veramente un inglese anzichè un dotto tedesco acclimatatosi in Inghilterra.

In un paese difatti, dove uno si acquista l'istruzione tecnica col mezzo di 25 e più mila lire date a qualche ingegnere di grido, a condizione che il medesimo gli insegni tuttocchè che egli sa, e tuttocchè che dovrebbe sapere, dove è stata finora negletta qualsiasi specie d'istruzione teorica, occorre non poco coraggio a farsi innanzi e raccomandare che si istituiscano scuole tecniche in ogni centro industriale, dimostrando il beneficio che ne trassero le altre nazioni, come la Francia, la Germania, l'Italia, ecc.

La questione dei combustibili. — L'argomento prediletto del dott. Siemens, e su cui si fermò più a lungo, è quello della questione dei combustibili.

In un recente viaggio fatto in America egli potè farsi un'idea dell'immensa superficie dei depositi di carbon fossile del nuovo mondo.

Ecco anzitutto un quadro dal quale apparisce l'estensione dei terreni carboniferi dei diversi paesi, e la loro produzione nel 1874:

	Superficie in miglia quadrate	Tonnellate estratte nel 1874
Gran Bretagna	11.900	125.070.000
Germania	1.800	46.658.000
Stati Uniti	192.000	50.000.000
Francia	1.800	17.000.000
Belgio	900	14.670.000
Austria	1.800	12.280.000
Russia	11.000	1.392.000
Nuova Scozia	18.000	1.052.000
Spagna	3.000	580.000
Altri paesi	28.000	5.000.000
	270.200	273.702.000

Facendo in seguito alcuni calcoli basati sulle relazioni dei *coal commissioners* dell'Inghilterra, egli giunge alla conclusione che supponendo un accrescimento annuo d'estrazione di 3.300.000 tonnellate, l'esaurimento totale delle ricchezze minerali di codesto paese avverrebbe dopo 250 anni solamente.

In America ha grande importanza l'antracite, potendosi essa utilizzare nella fabbricazione del coke, mescolandola con carboni grassi, quando il suo grado di compattezza ed il modo di comportarsi al fuoco, non ne permettono l'impiego diretto negli alti-forni.

Anche i combustibili di minor valore, come le ligniti e la torba devono egualmente chiamare l'attenzione dell'ingegnere metallurgico, il quale deve provarsi a dissecarli, comprimerli, ed occorrendo, carbonizzarli per renderli più appropriati agli usi industriali.

Esistono pure sorgenti di gas naturali, la cui combustione può essere fatta servire alla metallurgia. E, per es., il dott. Siemens ha visto nei pressi di Pittsburg, in Pensilvania, 70 e più forni da pudellare alimentati col gas naturale che vi è condotto da ben 25 chilometri di distanza. Veramente il signor Valton, uno dei giurati francesi all'esposizione di Filadelfia, non avrebbe constatato che 7 forni attivati in quella località nel modo suindicato. Vi ha dunque qui od uno sbaglio di cifra, od un aumento ben rapido a sei mesi di distanza.

Altre sorgenti di forza motrice. — Elevandosi a considerazioni d'ordine più generale sul modo di servirsi di tutte le energie fisiche della natura, il dott. Siemens si fa la domanda se non sia possibile di utilizzare un po' meglio le cadute d'acqua, sia portando le industrie ove le cadute si trovano, sia trasmettendo a distanza la forza idraulica per mezzo di apparecchi analoghi a quelli di Armstrong.

Accenna inoltre ad una nuova maniera di utilizzare la forza, servendosi delle macchine magneto-elettriche. Un albero in ferro di 7 centimetri di diametro può trasmettere a 50 chilometri di distanza una forza di 1000 cavalli trasformata in luce capace di illuminare una città di 20.000 abitanti.

Per sviluppare una forza motrice equivalente alla caduta del Niagara che è di 17.000.000 cavalli-vapore, occorrerebbe, in ragione di 2 chilog. per cavallo di forza, consumare annualmente altrettanto carbon fossile quanto se ne estrae oggidì in tutto il mondo. Attendiamo pertanto che vengano utilizzate le cadute del Niagara almeno per illuminare il mondo intero.

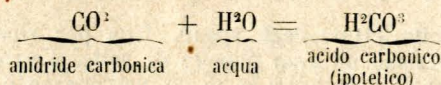
CHIMICA APPLICATA

SULLE ALTERAZIONI CUI POSSONO ANDAR SOGGETTE LE ACQUE lungo i tubi di piombo

per B. DE BENEDICTIS, *Colonnello del genio* (*).

Se nelle grandi condutture di acqua si adoprano i tubi di ghisa, perchè quelli di argilla cotta a causa della loro fragilità non sarebbero adatti che in casi eccezionali, d'altra parte si fanno, assai opportunamente, le diramazioni dal condotto principale ai singoli luoghi abitati, con tubi di piombo, siccome quelli che per la loro cedevolezza si piegano alle curvature più svariate che si presentino nei casi particolari. Ma il piombo e i suoi composti sono velenosi, e i loro effetti sull'economia animale si manifestano soprattutto dietro l'assorbimento lunga pezza continuato di piccolissime quantità di questo metallo, le quali, accumulandosi nell'organismo possono produrre un vero avvelenamento cronico, che per lo più si appalesa sotto la forma della così detta *colica saturnina*, alla quale pur troppo sono soggetti gli artefici che lavorano il piombo, gli stagnatori, i vasellai, i macinatori di colori, gli operai delle fabbriche di minio, di biacca, ecc. Ecco perchè sovente si è destata l'apprensione del pubblico sulle condutture dell'acqua nei tubi di piombo, ma i giornali hanno forse esagerati ora i pericoli, ora l'innocuità di codesti tubi. Cosicchè parmi che non debba essere affatto estraneo all'ingegneria questo scritto, in cui ho cercato ordinare ed analizzare i fatti più importanti accertati finora alla chimica sull'azione reciproca dell'acqua e del piombo, onde si veggia in quali casi sieno da evitare i tubi di questo metallo per la condotta delle acque, e quando si possano impiegare senza pericoli di sorta.

Il piombo, al pari di tutti i metalli, è insolubile nell'acqua. Che se esso è capace di alterarla più o meno, gli è per l'azione dell'ossigeno sciolto nell'acqua stessa, il quale comincia per trasformare il piombo in ossido, su cui reagiscono poscia e l'acqua medesima e l'anidride carbonica (CO²) sciolta in questa, e che i chimici moderni ammettono che vi si trovi allo stato di acido carbonico.



È noto infatti che tutte le acque esposte all'aria, se ne appropriano gli elementi, in ragione del *coefficiente di solubilità* dei gas, il che darebbe, su 100 volumi d'aria assorbita:

Ossigeno in soluzione vol. 33,6;

Azoto » » 66,4;

che sono presso a poco le proporzioni relative in cui le acque correnti e le acque piovane contengono sciolti l'ossigeno e l'azoto dell'aria. Inoltre l'acqua piovana può contenere dell'anidride carbonica che assorbi dall'atmosfera, e l'acqua corrente può contenerne maggior copia, perchè questo gas, com'è noto, può trovarvisi non solo sciolto, ma altresì allo stato di carbonato acido di calcio (bicarbonato dell'antica teoria). A segno che il Pélégot trovò in 1 litro di acqua piovana cent. cub. 0,5 di anidride carbonica, e in 1 litro dell'acqua della Senna nientemeno che cent. cub. 22,6 di questo gas.

Ciò premesso notisi che il piombo ha molta affinità per l'ossigeno dell'aria, a segno che mentre la sua frattura recente ha uno splendore metallico piuttosto vivo, il pezzo di metallo invece, stato lungo tempo esposto all'aria libera, si fa bruno e privo di splendore, a causa di un nero strato che si forma alla sua superficie e si arresta ivi; il quale si ammette essere del sottossido di piombo, espresso dalla formula Pb²O. — Anzi il Berzelius ritiene essere questo il composto che si forma quando si riscalda il piombo al-

(*) Dal *Giornale di Artiglieria e Genio*, Parte 2^a, 1877.

l'aria libera al disotto del suo punto di fusione. E il Lavoisier dice che il piombo a contatto dell'acqua di fiume può coprirsi talvolta di uno strato di questo sottossido, il quale preserva il piombo sottostante dal nuovo contatto dell'acqua.

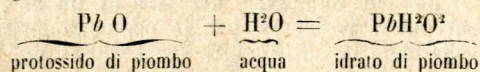
Oltre del sottossido di piombo esiste il protossido di piombo, — PbO — che è il prodotto più stabile che si ottiene con la definitiva calcinazione del piombo all'aria libera, e che può generare tutti i sali di questo metallo. Vediamo adunque in quali condizioni si possa formare questo protossido nelle condutture e nei serbatoi di piombo, quali composti ne nascano, secondochè le acque siano pure o inquinate da sostanze straniere, e quali conseguenze ne possa trarre l'ingegneria.

I.

Azione del piombo sull'acqua aerata bensì ma purissima; cioè che contenga in soluzione solo ossigeno e azoto ma non anidride carbonica, nè sali o altre sostanze straniere.

Secondo il Miller il piombo non si ossida in un'atmosfera perfettamente secca, nè quando è chiuso in un tubo contenente acqua dalla quale, mercè l'ebullizione, si sia scacciata tutta l'aria; il che spiega perchè il piombo immerso in quest'acqua priva d'aria conservi inalterato il suo splendore. Ma se l'acqua sia bensì pura (cioè priva di sali e di sostanze organiche in soluzione) ma aerata, il piombo si ossida rapidamente, a spese dell'ossigeno sciolto nell'acqua, e forma il detto protossido di piombo. Così, agitando in una campanella di vetro dell'aria e dell'acqua con un po' di piombo molto diviso, questo si ossida; e secondo il Schoenbein, si formerebbero anche tracce di ozono e di acqua ossigenata. Ora, una volta formatosi questo protossido di piombo nelle vasche o nei tubi di piombo contenenti dell'acqua, vari casi possono darsi.

1° Quando l'acqua contenga i soli elementi dell'aria, ma sia priva affatto di acido carbonico, il protossido di piombo, una volta formatosi, può talvolta sciogliersi nell'acqua; e siccome l'esperienza dimostra che la soluzione ha reazione alcalina, così conviene dire che il detto protossido, nello sciogliersi, si trasformi in idrato di piombo, combinandosi con una molecola d'acqua, come indica l'equazione seguente:



Questo idrato è un precipitato voluminoso, formato da prismi microscopici, pochissimo solubile nell'acqua. Imperocchè il protossido di piombo non si scioglie che nella proporzione di $\frac{1}{7000}$ circa nell'acqua (1); per conseguenza

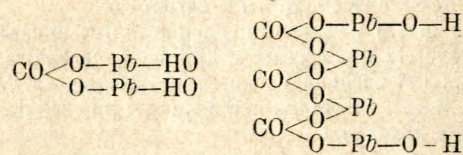
1 chilogramma, ossia 1 litro di acqua non potrebbe contenere, tutto al più, che millig. 0,133 di piombo (2). La seguente esperienza dello Stolba dimostra la possibilità di provocare rapidamente, con l'intervento del calorico, la formazione di questo idrato di piombo. Si faccia bollire dell'acqua pura con entro del piombo granulato e diviso: vi sarà sviluppo d'idrogeno (1 a 2 cent. cubi in 10 minuti per 10 a 20 gr. di piombo) e si vedrà il liquido intorbidarsi per la formazione dell'idrato di piombo, il quale gli comunica una reazione fortemente alcalina.

Questo idrato di piombo può formarsi anche in altri casi, essendo provato che il piombo, posto a contatto di una soluzione acquosa di cloruro di sodio, si copre a poco a poco di una crosta bianca contenente dell'idrato, del carbonato, e del cloruro di piombo, cosicchè l'acqua verrebbe a con-

tenere del piombo in dissoluzione. Ed ecco perchè la stagnatura delle casseruole di rame, che ha per iscopo di ricoprire il rame di uno strato metallico meno ossidabile di lui e resistente alla più parte dei liquidi alimentari, non è scevra di pericoli, quando allo stagno si aggiunga il piombo oltre certi limiti. Siccome col solo stagno si otterrebbe uno strato molto sottile, che non resisterebbe lungamente, così si suole aggiungere non più del 18 per 100 di piombo per formare uno strato metallico più grosso e anche per maggiore economia e per rendere più facile il lavoro, inquantochè la lega di stagno e piombo si fonde più facilmente e aderisce meglio alle pareti di rame. Ma oltrepassando il detto limite, si può incorrere in gravi pericoli, che l'esperienza ha spesso confermato, dappoichè quando lo stagno è in lega col piombo, la sua ossidazione a temperatura elevata è più rapida, massime nell'acqua salata, e allora in quest'acqua vi si può trovare del piombo in dissoluzione (1).

Si noti però che la detta proporzione del 18 per 100 di piombo non si può dire affatto scevra di pericoli, perchè il sig. Fordos, avendo versata dell'acqua nei recipienti di stagno adoprati negli ospedali di Parigi e contenenti solo il 10 per 100 di piombo, vide dopo pochi di le pareti interne ricoperte di un sedimento bianco facilmente solubile nell'acido acetico e che presentava tutti i caratteri di un sale di piombo. Lo stesso accadde pel vino, per l'aceto e per la limonata (2).

2° Può accadere altresì, anzi accade spessissimo, quest'altra relazione. Il protossido di piombo, e soprattutto l'idrato descritto, assorbono facilmente l'anidride carbonica che sempre trovasi sospesa nell'aria atmosferica; per conseguenza, una volta formatosi l'idrato di piombo, se persiste il contatto dell'aria libera, si possono formare degli idrocarbonati di piombo; per esempio:



Ecco perchè il vapore acqueo, misto all'aria e all'anidride carbonica, agisce molto energicamente sul piombo puro. A conferma di che notiamo che, quando una soluzione di idrato di piombo è esposta all'aria, si formano dei cristalli aventi lucentezza serica, i quali sono appunto dell'idrocarbonato di piombo e nell'acqua, dopo poche ore, non rimane che una piccolissima quantità di idrato di piombo. Fortunatamente questo idrocarbonato è il sale di piombo più insolubile nell'acqua, perchè questa non ne scioglie che $\frac{1}{4000000}$ (3) quindi la sua presenza non può attossicar l'acqua. Da ciò si vede che il piombo che si trovasse nell'acqua purissima allo stato di idrocarbonato, dovrebbe dirsi sospeso anzichè sciolto nel liquido: di sorta che, a simiglianza di quel che accade pel corrispondente sale di zinco, potrebb'esserne separato mercè la filtrazione a traverso un doppio filtro di carta. Ecco perchè alcuni autori, come il Kersting ed il Warrentrapp, raccomandano adottare nelle condutture domestiche un piccolo filtro di carbone il quale, secondo essi, varrebbe a trattenere non solo le minime quantità di piombo sospese nell'acqua, ma anche quelle che vi fossero allo stato di dissoluzione.

Alcuni autori osservano che questo idrocarbonato di piombo insolubile, depositosi in parte sulle pareti di piombo sotto forma di un insieme di cristalli microscopici bianchi, le proteggerebbe dal successivo contatto dell'acqua. Questo idrocarbonato di piombo costituisce quella crosta bianca che suol esservi sulle pareti dei bacini e dei serbatoi di piombo, precisamente a livello dell'acqua, appunto perchè ivi è intervenuta anche l'azione dell'aria. Difatti i chimici hanno osservato che l'azione del piombo sull'acqua raggiunge la massima intensità quando esso è alternativamente a contatto dell'aria e dell'acqua. Lo stesso idrocarbonato si forma

(1) WURTZ, *Dict. de Chim.*, pag. 1077.

(2) Infatti abbiamo dalla chimica:

peso atomico del piombo $Pb = 207$
» » dell'ossigeno $O = 16$

Peso molecolare del protossido di piombo $PbO = 223$; quindi potremo stabilire la proporzione:

$$223 : 207 = \frac{1}{7000} : x;$$

donde si trae $x = 0,000133$.

(1) WURTZ, op. cit., pag. 1284.

(2) *Annuario scientifico*. Anno 12, 1876, pag. 167.

(3) WATT A., *Dictionary of Chemistry*. Vol. III, pag. 479.

sui tetti di piombo e ne abbrevia la durata, perchè l'acqua piovana, portando via questo sale, rimette a nudo la superficie del metallo, la quale si ossida di nuovo (essendo l'acqua piovana aerata e quasi pura, massime dopo le prime piogge) quindi si forma nuovamente il sale a spese del piombo, e così di seguito. Cioè si ha un fenomeno analogo a quello della crosta verdastra che formasi sulle statue di bronzo e sugli oggetti di rame esposti all'aria libera, la quale crosta non è che dell'idrocarbonato di rame, generato dall'anidride carbonica e dal vapore acqueo sospesi nell'atmosfera e che hanno reagito sull'ossido di rame formatosi da prima sulla superficie del metallo. Adunque si conchiude che: *l'acqua purissima, la quale sia stata qualche tempo in vasche foderate internamente di piombo, può contenere sciolto in minime quantità e sospeso in maggior copia dell'idrato di piombo e dell'idrocarbonato di piombo.*

II.

Azione del piombo sull'acqua contenente (oltre dell'aria) dell'acido carbonico in soluzione.

Se l'acqua che è a contatto col piombo, contenga una sensibile quantità di acido carbonico in soluzione, le cose cambiano, perchè l'idrocarbonato di piombo, che si fosse già formato, è bensì insolubile nell'acqua pura, ma è alquanto solubile nell'acqua carica di acido carbonico, quindi può sciogliersi in essa e comunicarle le sue venefiche qualità. Ecco perchè sarebbe dannoso il tenere lunga pezza dell'acqua di Seltz o della birra a contatto col piombo; ed ecco perchè le acque piovane, che sogliono assorbire l'anidride carbonica dell'atmosfera, se cadono o dai tetti o dai terrazzi rivestiti di piombo, possono contenere talvolta del piombo in dissoluzione. E lo stesso dicasi delle acque correnti che fossero ricche di acido carbonico.

L'unico mezzo per depurar l'acqua in questo caso sarebbe l'ebullizione, la quale scaccia l'anidride carbonica e lascia precipitare del carbonato neutro di piombo — $PbCO_3$ — che, per essere insolubile nell'acqua, si può separare mercè la semplice filtrazione.

III.

Azione del piombo sull'acqua contenente minima quantità di carbonati e di solfati.

L'esperienza dimostra che la presenza di certi sali nell'acqua, anche in minime proporzioni, come i carbonati, i solfati, ed i fosfati, impedisce la formazione del protossido, dell'idrato, e dell'idrocarbonato di piombo, cioè rende inattivo questo metallo rispetto all'acqua. E una prova di questo fatto si ha in ciò che nell'acqua inquinata dalle più deboli tracce di codesti sali, il piombo immerso dentro conserva il suo splendore metallico.

Soprattutto è degna di nota l'azione protettiva del carbonato acido di calcio — $CaH_2(CO_3)_2$ — perchè, in virtù della presenza di questo sale, le acque di sorgente non reagiscono grandemente sul piombo; cioè a dire che la quantità di protossido di piombo sciolto è ridotto a minime proporzioni.

Invece altri sali non neutralizzano addirittura l'azione del piombo sull'acqua ma la modificano, come la seguente esperienza eseguita a Manchester ne fornisce la più bella conferma (1). Duecento litri dell'acqua potabile di Manchester, contenuti in un recipiente della superficie di 1 metro quadrato, giunsero a dissolvere gr. 0,94 di piombo. Un pari volume di acqua, estratta da un pozzo, potè dissolvere gr. 1,477 di piombo; mentre la stessa quantità di acqua distillata, contenente aria sciolta, si appropriò gr. 110,003 di piombo, e priva d'aria non disciolse che gr. 1,829. L'acqua di mare non disciolse che gr. 0,038 di piombo. Queste differenze nelle quantità di piombo, passate in dissoluzione in uno stesso volume di acqua di diverse provenienze, non dipendono da altro che dalla natura e dalla quantità dei principii stranieri contenuti nelle diverse

acque sperimentate. Questo fatto, che la presenza di alcuni sali nelle acque ha la virtù di neutralizzare in tutto o in parte l'azione del piombo, spiega perchè alcune acque sono alterate da questo metallo, e altre no. Così il Belgrand (1) presentò il 10 novembre 1873 all'Accademia di Parigi alcuni pezzi di un tubo di piombo, il quale dal 1670, cioè per più di 200 anni, aveva servito a condurre acqua, e, ciò nonostante, non aveva subito corrosione di sorta. Invece le acque del Tamigi attaccherebbero il piombo ancor più dell'acqua piovana (2), quantunque in generale le acque pure non dissolvano il piombo.

L'unico fatto in cui vi ha discrepanza fra alcuni chimici, si è la natura dei sali che aumentano o diminuiscono l'azione del piombo sull'acqua. Così, la corrosione del piombo, secondo alcuni, sarebbe accresciuta dalla presenza dei cloruri e degli azotati, e diminuita dai solfuri, dai fosfati e dai carbonati; perchè l'ossido di piombo non si scioglie quasi nell'acqua contenente questi sali. Secondo il Christison, i carbonati alcalini (massime il carbonato di ammonio) aumenterebbero la solubilità del protossido di piombo e i solfati la diminuirebbero; ma secondo il Graham, il Miller e l'Hoffmann, ciò non sarebbe vero. In ogni modo si può sempre affermare che le acque calcaree o selenitose non presentano gli stessi pericoli dell'acqua pura ed aerata, come quella di pioggia, la quale più si avvicina, per la sua purezza, all'acqua distillata. I solfati esercitano una vera azione protettiva dell'acqua rispetto al piombo, a segno che la loro assenza nelle acque piovane fa sì che il piombo sia più attivo su queste.

Fortunatamente le buone acque potabili, contenendo pur sempre una piccolissima quantità di sali in soluzione, non possono dissolvere che minime quantità di piombo, e tali da non potere esercitare azione sensibile sull'economia animale. Così, i signori Belgrand e F. Le Blanc hanno bensì confermato recentemente i fatti conosciuti sull'azione scambievole del piombo e dell'acqua pura, ma hanno veduto che l'acqua della Senna non esercita siffatta azione (3). Laonde il Troost dice (*Chimie*, pag. 554): « L'acqua di fiume o di » sorgente, cioè quella contenente una piccola quantità di » cloruro o di solfato, non ha la proprietà di attaccare il » metallo (piombo); quindi per la condotta delle acque potabili si possono impiegare dei tubi di piombo, i quali » però sarebbero pericolosi per le acque di pioggia ». Il che è confermato da altri autori e dal Christison, il quale dice, che se la quantità dei sali contenuti in un'acqua arrivi a $\frac{1}{8000}$, e specialmente se questi sali sono dei carbonati, si possono adoperare senza inconvenienti i tubi di piombo. Si aggiunga che nelle grandi condutture d'acqua, spesso la superficie interna dei tubi si copre di un leggero strato delle materie terrose o minerali sospese nel liquido, il che forma come un intonaco che toglie l'acqua al contatto immediato del metallo.

IV.

Acqua contenente delle tracce di sostanze organiche in soluzione, o delle altre materie sospese.

Le minime quantità di materie organiche sciolte nell'acqua possono modificare e anche neutralizzare l'azione del piombo. Così si è veduto che l'acqua piovana, proveniente dai tetti delle città, è sufficientemente impura per poter agire sul piombo; e parimenti che nell'acqua inquinata da materie organiche, il piombo conserva il suo splendore.

Per contro la presenza di metalli estranei, come forse quella di un chiodo pulito, facilita d'assai l'ossidazione e quindi la dissoluzione del piombo in acqua aerata. Si è anche osservato che il piombo già corroso è più facilmente attaccato dall'acqua di quello che presenti una superficie unita e levigata.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. Paris 1873. T. 77, pag. 1055.

(2) KNAPP, *Chimica tecnologica*, pag. 114. Vol. I.

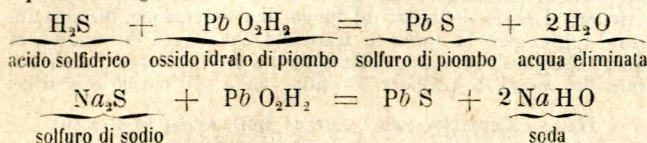
(3) WURTZ, op. cit., pag. 1071.

(1) *Gemlin - Krant - Handbuch der Chemie - Anorganische - Dritter band*, pag. 213, 6ª edizione.

V.

Espedienti proposti per rendere innocui i tubi di piombo.

Uno dei mezzi impiegati per preservare l'acqua che deve attraversare i tubi di piombo si è di trattare questi tubi con una soluzione di acido solfidrico o di solfuro di sodio o di potassio, profittando della nota proprietà che il protossido di piombo e i sali che ne derivano sono decomposti dall'acido solfidrico e dai solfuri alcalini, e vi ha formazione dell'insolubile solfuro di piombo, come dimostrano le equazioni seguenti:



Il solfuro di piombo, essendo insolubile, si depone sulle pareti dei tubi, e viene a formare uno strato salino impermeabile all'acqua, il quale impedisce il successivo contatto di questo liquido col piombo. Ecco perchè si sono impiegati dei tubi così solforati a Francoforte, a Kiel, a Lipsia ed a Wiesbaden (1).

Un altro mezzo proposto già da lungo tempo per preservare i tubi o le vasche di piombo destinati per l'acqua, si è di rivestirli internamente con uno strato di stagno purissimo, in grazia della inalterabilità di questo metallo, quando abbia una superficie unita, e della innocuità dei suoi sali, quando sieno in piccolissima quantità. Lo stagno aggiunto al piombo lo rende più resistente alle azioni dissolventi. Solo è da notare che v'ha una certa discrepanza fra gli autori su questo argomento, perchè alcuni affermano che lo stagno protegga il piombo, altri affermano il contrario. Così l'Elsner's (2) trovò che il piombo in contatto con lo stagno è elettro-positivo, e che i tubi di piombo stagnati sono sovente assai fortemente attaccati. Anche il Pleischl (3) afferma che, contro le idee generalmente ammesse, il piombo sia in rispetto allo stagno elettro-positivo e che precipiti dalle sue soluzioni lo stagno. Il fatto è che da alcuni anni si impiegano tubi di stagno a sottili pareti, grosse circa mezzo millimetro, esternamente rivestiti di piombo e preparati in un modo speciale.

Il Salbach nel *Giornale della illuminazione a gas* (tedesco) dice che cotali tubi, impiegati nella condotta d'acqua della città di Stassfurt nel 1870, hanno dato buoni risultati, e così pure a Vienna, a Dresda, a Bernburg. Essi presentano nonpertanto alcune difficoltà nella loro saldatura, e quando si tratti di fare delle diramazioni o dei restauri; il che dipende dal diverso grado di fusibilità dei due metalli, essendo noto che il piombo del commercio fonde da 320° a 330° C., mentre lo stagno fonde a 225° o più, secondo la sua maggiore o minore purezza; quindi sarà necessario che abili operai sappiano impiegare un'acconcia saldatura.

Anche in Italia, e propriamente in questa industriosa Torino, si è impiantata da qualche mese dal signor G. Podestà (via S. Tommaso, N. 12) una fabbrica di tubi di piombo rivestiti internamente, o esternamente, o da entrambe le parti, da tubi più sottili di stagno, i quali formano un sol corpo coi primi. Queste diverse specie di tubi, se non sono addirittura necessari per le acque potabili, propriamente dette, possono avere utilissime applicazioni in tanti altri rami dell'industria, che riflettono le bevande e i liquidi alimentari i quali potessero contenere acidi tali da avere una certa azione sul piombo, e formare, anche in tenuissima misura, dei sali di questo metallo. Se il liquido debba passare nell'interno del tubo, sono adatti quei tubi che hanno l'anello di stagno solo internamente. Se i tubi dovessero essere solo immersi a foggia di serpentino nei liquidi, per riscaldarli a vapore, p. es., gioverebbero i tubi

rivestiti solo esternamente di stagno. E finalmente se il tubo dovess'essere immerso in un liquido alimentare da traversare, sarebbero adatti i tubi rivestiti di stagno internamente ed esternamente. Il signor Podestà fabbrica anche dei tubi di puro stagno, i quali se non sono pieghevoli quanto quei di piombo, si prestano però benissimo ad essere incurvati quanto basta per gli usi della pratica, cosicchè pei piccoli diametri giovani addirittura i tubi di stagno. Ma pei tubi di maggior diametro l'economia consiglia ricorrere a quelli misti che abbiamo descritto, i quali, nella cennata fabbrica, si possono avere *al presente* a circa 2 lire il chilogramma, mentre i tubi di puro stagno non si avrebbero che a un prezzo doppio.

Il signor Podestà fabbrica anche delle lastre doppie di stagno e piombo che formano un corpo solo. I due metalli sono posti a caldo a perfetto combaciamento fra loro; indi sottoposti al laminatoio, onde la doppia lastra acquisti quella sottigliezza che si vuole.

BIBLIOGRAFIA

Manuale del Marmista, compilato da ALESSANDRO RICCI, Firenze, 1877. Prezzo L. 3.

L'ingegnere Alessandro Ricci ci ha graziosamente inviato da Pietrasanta il *Manuale del Marmista* che egli ha recentemente pubblicato coi tipi della *Gazzetta d'Italia* in Firenze. E' un bel libretto di 125 pagine, destinato a porre il lettore al corrente di tutte le qualità dei marmi del commercio, della loro provenienza, del loro nome, del prezzo, del modo di lavorarli, ed in una parola di tuttociò che può interessare il marmista.

Crediamo far cosa a tutti gradita registrando qui appresso alcuni utilissimi dati, i quali varranno meglio di qualsiasi elogio a dare una giusta idea dell'utilità pratica di codesto Manuale.

I. — DEI MASTICI.

I mastici che si impiegano per saldare i marmi, o per stuccarne le piccole cavità si applicano per lo più a sufficiente calore, e per agevolarne l'adesione si scalda anche leggermente il marmo nel punto da unire o da stuccare; tostochè siano asciutti perfettamente si puliscono come il marmo.

Al mastice si unisce terra rossa, ocre, nero fumo o qualunque altro colore confacente a quello del marmo, cui deve applicarsi.

Si conosce un gran numero di mastici; eccone i principali:

1. *Mastice col chiaro d'uovo*. Si incorpora calce viva in polvere, o gomma lacca pure in polvere con chiaro d'uovo e sene fa una pasta molle, che subito si stende sui pezzi da unire insieme, tenendoli fermi per otto o dieci minuti. Si deve preparare nel momento, perchè presto diventa inservibile.

2. *Mastice di formaggio fresco*. Si prepara con formaggio fresco purgato dal siero, con calce viva in polvere, e con acqua. Se ne ottiene uno simile, incorporando coagulo fresco gr. 100 — calce viva in polvere gr. 100 — cemento in polvere gr. 300; oppure mescolando chiaro d'uovo, formaggio fresco e calce viva. Si prepara ancora con calce viva, trementina, e formaggio fresco.

3. *Mastice universale*. Si scalda latte cagliato, si secca il coagulo e si polverizza. Si prende coagulo secco in polvere gr. 300 — calce viva in polvere gr. 30 — canfora in polvere gr. 5; si mescolano esattamente e si conservano in bottiglia chiusa. Quando abbisogna si stempera nell'acqua e si applica subito.

4. *Mastice resinoso*. Si fondono 100 grammi di resina e si schiuma, poi le si unisce un peso uguale di cera gialla e di zolfo, mescolando fino ad averne una pasta omogenea. Volendo adoprare si scalda e si scaldano pure le superficie sulle quali poi si spalma. Nelle saldature si accostano le superficie e si premmono finchè siano fredde. Simile a questa è la ricetta seguente: resina gr. 100 — cera gialla gr. 250 — zolfo gr. 10 — polvere del marmo che vuoi saldare o stuccare da 100 a 150 gr.

5. *Mastice di Ramson*. Si mescolano cemento di Portland 12 parti — creta calcare 6 parti — e sabbia finissima 6 parti. Si stemperano nel vetro solubile (silicato di soda) in modo da farne una poltiglia.

6. *Mastice col sangue di bue, detto anche mastice comune*. Si compone di 100 gr. di calce viva in polvere spenta col sangue di bue, cui si mescolano da 15 a 20 gr. di limatura di ferro.

7. *Mastice di Pollak per saldare i metalli al marmo*. — Si prepara mescolando glicerina e litargirio; indurisce prontamente.

8. *Mastice di Boettger*. — Anch'esso è adoperato per saldare i metalli al marmo. Si mescolano due parti di terra d'infusorii, che è un misto di silice e di carbonato calcareo, due parti di litargirio ed una parte di calce viva spenta di recente; si stemperano con olio di lino cotto in modo da farne una pasta densa.

(1) *Giornale politecnico di Dingler*, marzo 1876, pag. 522.

(2) *Elsner's Mittheilungen*: 1856, pag. 24.

(3) *Giornale politecnico di Dingler*, (tedesco), vol. 164, pag. 200; vol. 105, pag. 157; e vol. 167, pag. 348.

II. — PREZZO DEI MARMI GREGGI PIÙ CONOSCIUTI IN COMMERCIO.

QUALITÀ DEI MARMI		PREZZO		LUOGO DI VENDITA
		al palmo cubo	al metro cubo	
Statuarii di 1^a qualità				
in blocchi fino a palmi cubi	10	5 00	320	Forte dei Marmi e Pietrasanta.
"	20	8 00	512	
"	30	12 00	768	
"	40	14 00	896	
"	50	15 00	960	
"	60	17 00	1088	
"	70	19 00	1216	
"	80	20 00	1280	
"	90	22 00	1408	
"	100	24 00	1536	
"	200	26 00	1664	
<i>Oltre questa misura si hanno prezzi eccezionali</i>				
Statuarii di 2^a qualità				
	da	3 50	224	SERAVEZZA -
	a	8 00	512	
Statuarii macchiati o di 3^a qualità				
	da	2 50	160	Querceta -
	a	5 00	320	
Bianco-chiari di 1^a qualità				
in blocchi fino a palmi cubi	100	4 00	256	Massa -
" oltre "	"	4 50	288	
Bianco-chiari di 2^a qualità				
	da	3 00	192	Avenza -
	a	3 50	224	
Bianchi ordinari in blocchi				
fino a palmi cubi	100	2 00	128	CARRARA -
"	a	2 50	160	
oltre i palmi cubi 100				
		3 00	192	Bianchi venati di 1 ^a qualità
	da	3 50	224	da
	a	4 50	288	
Bianchi venati di 2^a qualità				
	da	2 00	128	a
	a	3 00	192	
Bianco di Pentelico				
		2 80	179	20 Sulle cave
Detto				
		7 00	448	Porto del Pireo
Breccia bianca				
	da	7 00	448	Querceta,
	a	10 00	640	
Bardiglio				
	da	2 50	160	Seravezza,
	a	4 00	256	
Bardiglio fiorito				
	da	3 00	192	Forte dei Marmi
	a	4 50	288	
Broccatello di Spagna				
		9 00	576	e Pietrasanta
Griotta rossa di Francia				
	da	4 00	256	Sulle cave
	a	9 00	576	
Rosso di Linguadoca				
		9 00	576	Id.
Rosso di S. Baume				
		9 00	576	Id.
Serancolino				
		5 00	320	Id.
Rosso di Vecchiano e d'Avane				
		5 00	320	Id.
Portasanta				
		9 00	576	Id.
Rosso di Monsummano				
		6 00	384	Montecatini
Breccia di Biassa				
		5 00	320	Sulle cave
Breccia di Coregna				
	da	6 00	384	Id.
	a	9 00	576	
Paonazzetto di Carrara				
fino a palmi cubi	20	5 00	320	Carrara
oltre "	20	10 00	640	
Rosso di Levante				
	da	6 00	384	e Avenza
	a	8 00	512	
Mischio Paonazzetto di Stazzema				
		8 00	512	Levanto
S. Anna Francese				
		2 50	160	Id.
Portoro di 1^a qualità				
	da	5 00	320	Serav. Querceta
	a	7 00	448	
Portoro di 2^a qualità				
	da	4 00	256	Sulle cave
	a	5 00	320	
Campan verde-chiaro				
		4 00	256	Id.
Campan verde-cupo				
		5 00	320	Id.
Nero fino del Belgio				
		7 00	448	Id.
Verde Polcevera				
		5 00	320	Pontedecimo
Giallo di Siena				
	Classe 1 ^a	da	6 00	Stazioni ferro-
	a	12 00	768	
e Broccatello				
	Classe 2 ^a	da	5 00	viarie di Siena
	a	10 00	640	
della Gherardesca				
	Classe 3 ^a	da	4 00	e di Poggibonsi
	a	9 00	576	
	Classe 4 ^a	da	3 00	Id.
	a	3 00	192	
Rosso della Gherardesca				
	o di Caldana	da	5 00	Id.
	a	7 00	448	

I marmi greggi si pagano a misura di volume e prendesi per unità di volume talvolta il metro cubo, e tal'altra il palmo cubo. Il palmo è una vecchia misura speciale tuttodì in uso, e che rappresenta la quarta parte del metro, ossia è lunga 25 centimetri. Così le tavole e le lastre di marmo sono sovente misurate a palmi quadri, ed il palmo cubo, ossia un cubo di 25 centimetri di lato, è adoperato per indicare la misura dei blocchi. Il palmo lineare si divide in dodici oncie, e l'oncia in dodici linee.

Nella tavola su riferita sono raccolti i prezzi di primo acquisto dei principali e più usati marmi allo stato greggio. Non occorre aggiungere che tali prezzi non sono fissi ed invariabili, ma che subiscono leggieri variazioni dipendentemente dal volume o dalle proporzioni del blocco, del grado di bellezza, ecc.; e che per ottenere il costo definitivo al luogo di destinazione, bisogna ancora aggiungere la spesa di trasporto dai luoghi di vendita, la quale desumesi dal peso, dalla distanza da percorrersi, dalla natura dei mezzi di trasporto e dalla spesa di carico e scarico.

III. — ELEMENTI PER LA STIMA DEI LAVORI DI MARMO.

L'esperienza ha fatto conoscere che il tempo necessario per i diversi generi di lavorazione o di taglio di un dato marmo può dedursi da quello richiesto per la riduzione di un metro quadrato di superficie dello stesso marmo a pelle piana rustica. Basta adunque fare un solo esperimento, e detto t il tempo così trovato, ossia il numero di ore e centesime parti di ora impiegate per la fattura di un metro quadrato di pelle piana rustica, si può ritenere che:

a) Per la fattura di un metro quadro di pelle piana liscia occorrono ore $1.75t$.

b) Per un metro quadro di pelle centinata rustica, indicando con r il raggio approssimativo di curvatura della superficie, occorrono

$$\text{ore} \left(1 + \frac{0.75}{r}\right)t.$$

c) Per un metro quadro di pelle centinata liscia

$$\text{ore} \left(1 + \frac{0.75}{r}\right)1.75t$$

d) Per un metro quadro di segatura ore 6,1t.

In questi calcoli si suppone che i blocchi abbiano la forma e le dimensioni convenienti all'uso e debbano spogliarsi solamente della quantità di scaglie necessaria alla loro perfetta riduzione.

Nel caso contrario e nei tagli incassati, i tempi sono proporzionali al volume della materia da levarsi e si calcolano pure col suddetto rapporto, ed hanno i seguenti valori:

e) Per levare in iscaglie un metro cubo di marmo senza formare incavi occorrono ore 10t.

f) Per un metro cubo di taglio incassato e di luce minore di metri quadri 0,01, ore 20t.

g) Per un metro cubo di taglio incassato e di luce compresa fra metri quadri 0,010 e 0,003, ore 50t.

h) Per un metro cubo di taglio incassato e di luce minore di metri quadri 0,003 occorrono ore 100t.

Si hanno poi da numerose esperienze i seguenti limiti di tempo.

Per un metro cubo di taglio scantonato:

Da ore 55 ad ore 65 nel marmo tenero	
" 70 " 105 " mezzano	
" 110 " 130 " duro.	

Per un metro cubo di taglio incavato:

Da ore 80 ad ore 95 nel marmo tenero	
" 100 " 125 " mezzano	
" 135 " 185 " duro.	

Quanto al taglio sulle faccie l'esperienza ha dato i seguenti risultati:

Per un metro quadrato di pelle piana liscia:

Da ore 14 ad ore 16 nel marmo tenero	
" 17 " 20 " mezzano	
" 23 " 33 " duro.	

Per un metro quadro di segatura:

Da ore 19 ad ore 22 nel marmo tenero	
" 25 " 27 " mezzano	
" 30 " 33 " duro.	

Infine si può ritenere che il tempo occorrente a pulire e lustrare un metro quadrato di marmo varia:

Fra ore 16 ed ore 17 pel marmo tenero	
" 20 " 22 " mezzano	
" 25 " 33 " duro.	

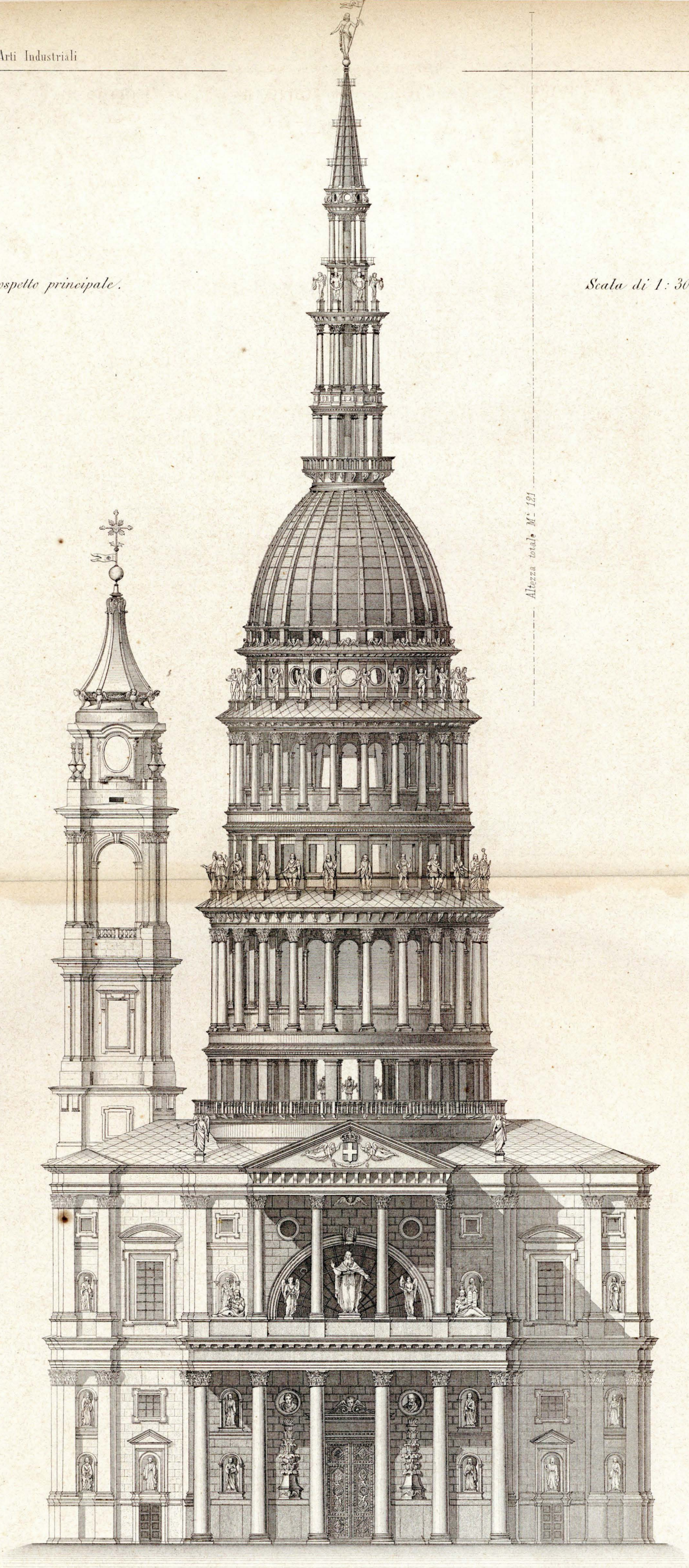
I tempi che si richiedono per l'orsatura, per la rotatura, per la pomiciatura e per la brunitura equivalgono ciascuno ad 1/6 del tempo necessario per il completo pulimento, e quello che occorre per la piombatura o strufolatura ad 1/3.

Prospetto principale.

Scala di 1: 300.

Met. 81, 41

Altezza total. M. 121



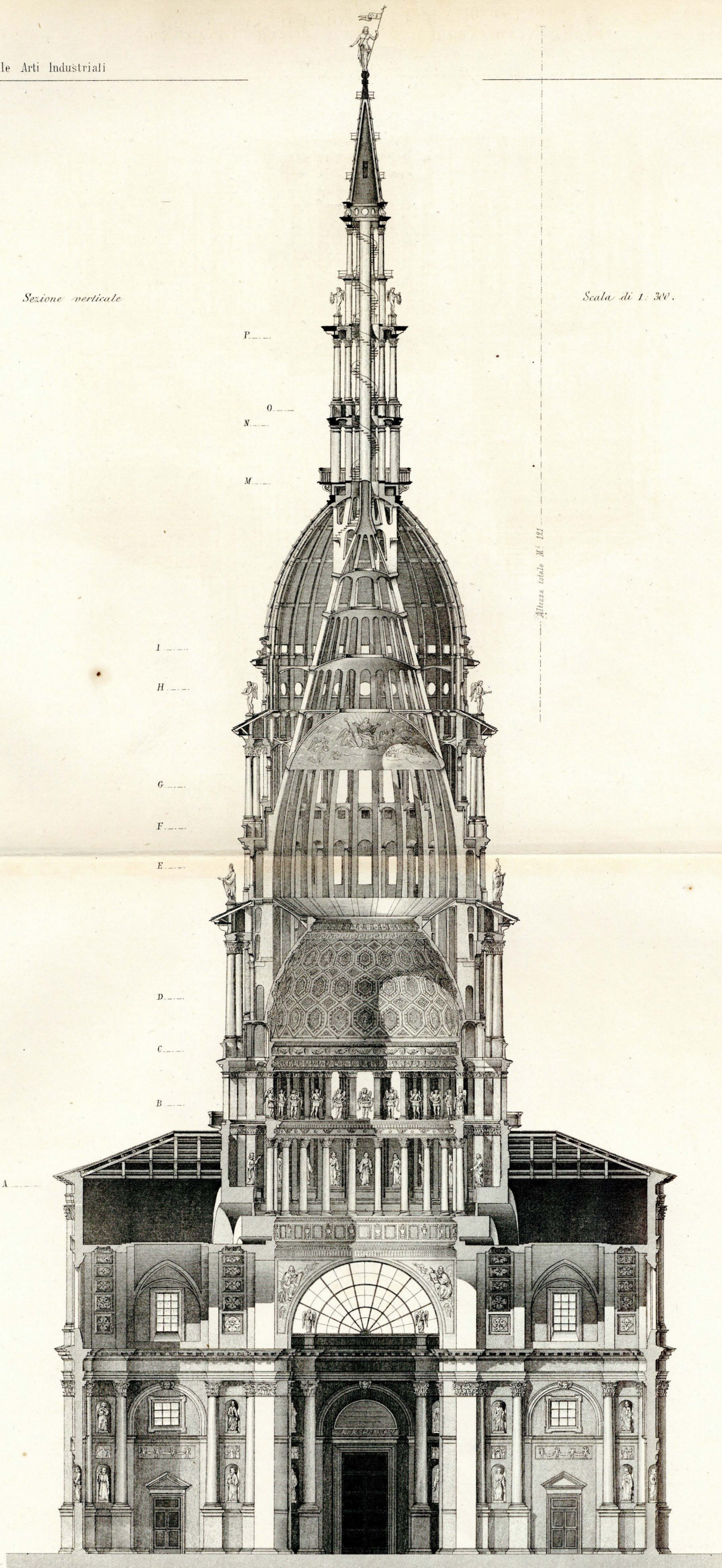
L. Cocchi rilievo.

Reprint Artistico Letterario

Torino, Tip. Lit. Camilla e Bertolero

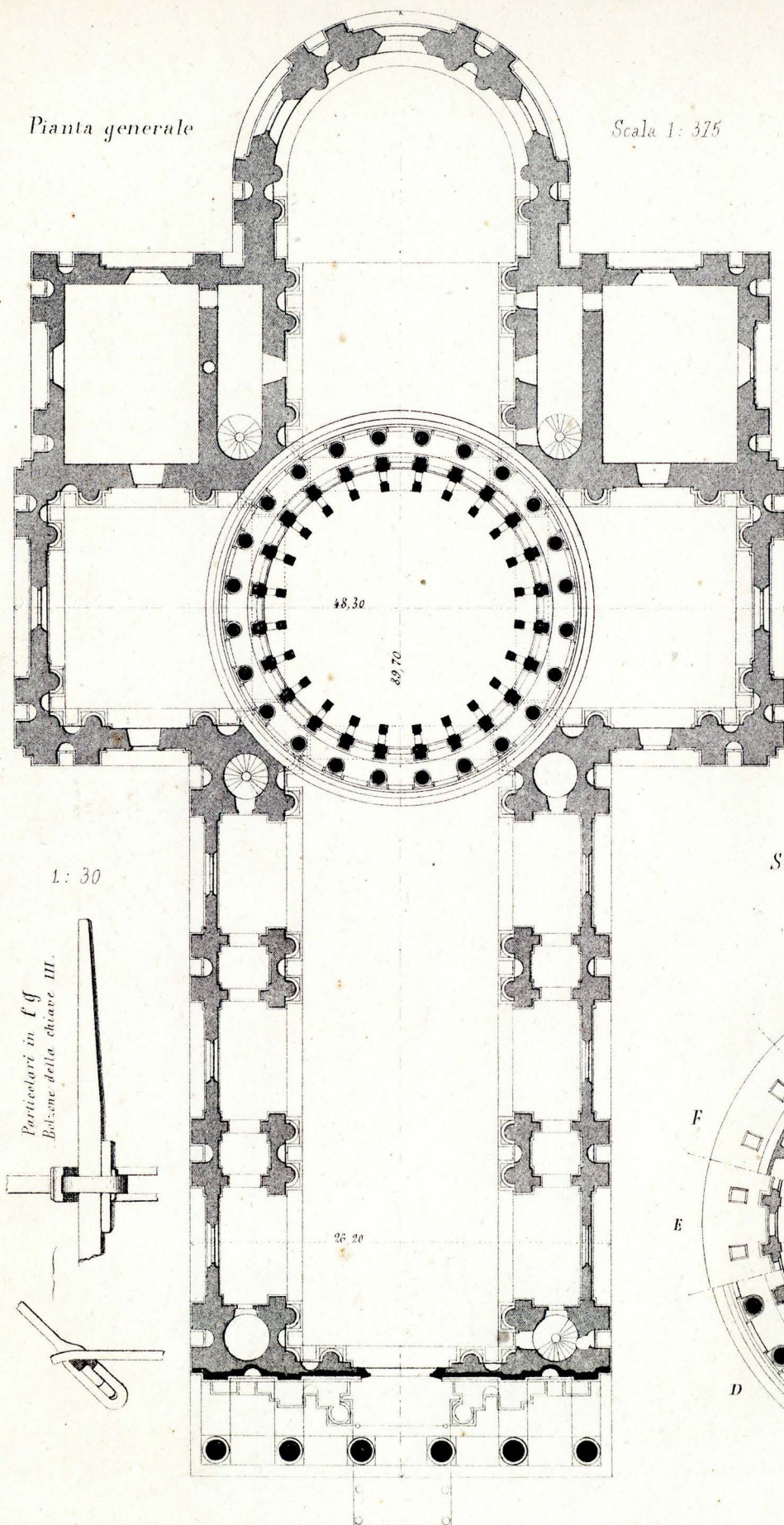
CUPOLA DELLA BASILICA DI S. GAUDENZIO IN NOVARA

Architettura del Prof.^{te} Comm.^{re} Antonelli Alessandro (Tav.^a 1.^a)

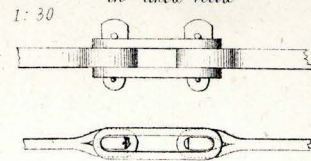


Pianta generale

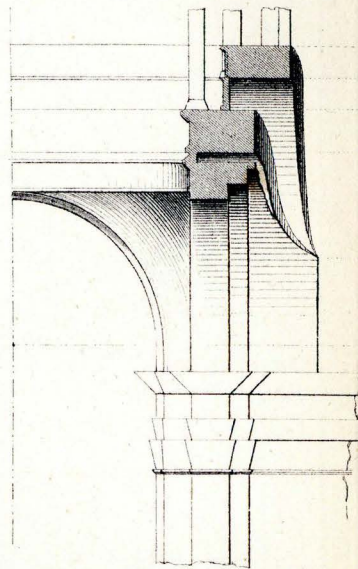
Scala 1: 375



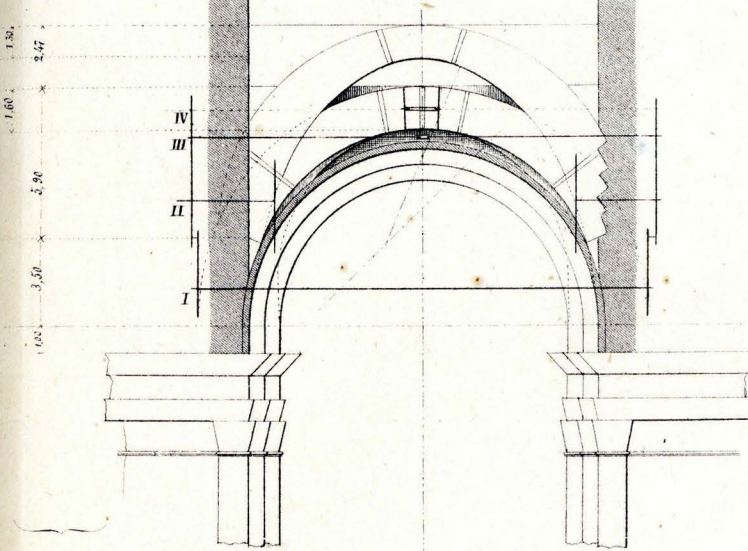
Unione delle due porzioni di chiave III
in linea retta



Sezione secondo l'asse LK



Proiezione verticale

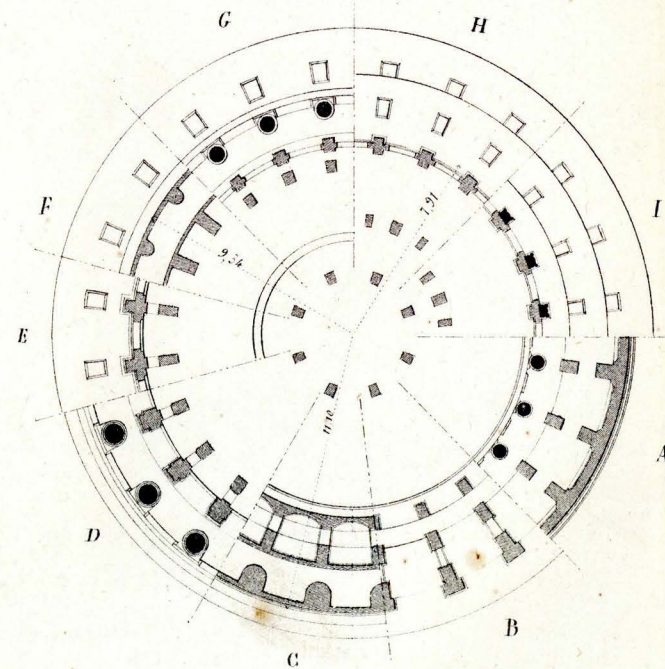


Studio degli Arconi e dell'imposizione del Tamburo su di essi

Scala 1: 300

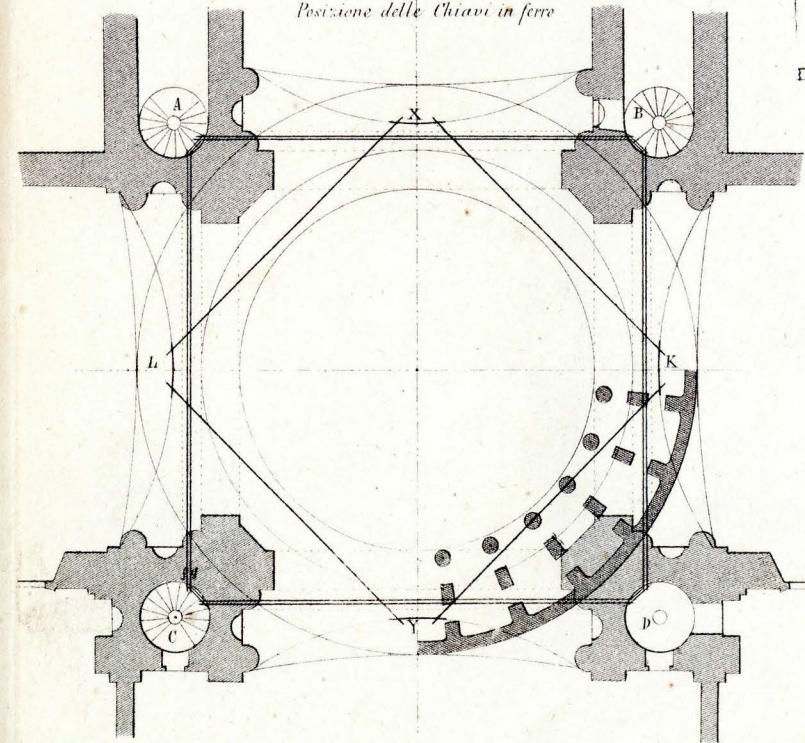
Sezioni a diverse altezze nella Cupola

Scala 1: 300



Proiezione orizzontale — Imposizione del Tamburo.

Posizione delle Chiavi in ferro



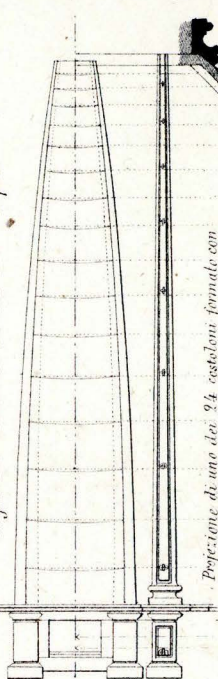
Studio della Cupola esteriore

1: 150.

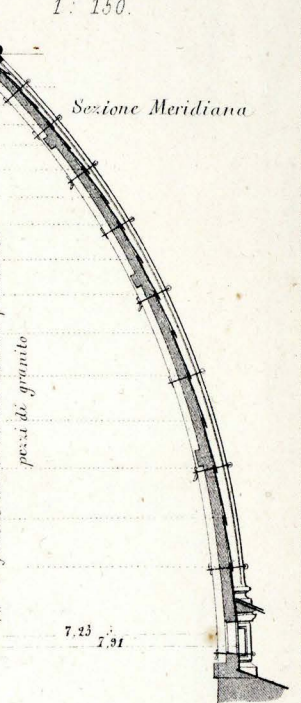
Sviluppo di un fuso formato con lastre di Laterite



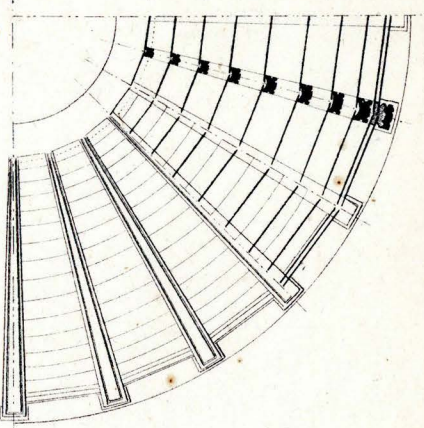
Proiezione verticale di uno dei 24 fusi



Sezione Meridiana

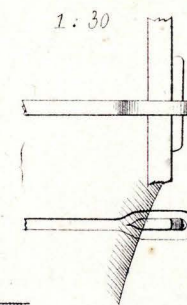


Posizione dei pezzi formanti la Copertura



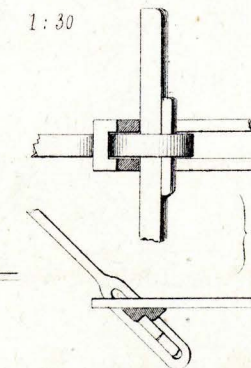
Controchiave II

1: 30



Particolari in L, K, X, Y.

1: 30



Sezioni a diverse altezze nel cosiddetto Cupolino

1: 150

