

L'Acquedotto delle Puglie

✻ CONFERENZA ✻

dell'Ing. Prof. LUIGI LUIGGI,
Ispettore Superiore del Genio
Civile, Professore di Costru-
zioni Idrauliche al R. Poli-
tecnico di Roma.

(Estratto dal " Bollettino Tecnico Liguri "

N. 1 e 2 - 1900)

TIPOGRAFIA DELLA GIOVENTÙ

✻ ✻ Via Corsica 2 - GENOVA ✻ ✻



1. — Generalità sull'acquedotto

Notizie preliminari — Ora che tutte le dispute attorno all'Acquedotto Pugliese si sono acquisite, e che la grandiosa opera è passata in consegna allo Stato con piena soddisfazione di questo e della Società Costruttrice dell'Acquedotto, cosicchè non è più necessaria quella riserva che occorreva sopra una questione non ancora passata in giudizio, è dovere dei Tecnici italiani di conoscere essi stessi — e di far conoscere al loro Collegheisti — questo importantissimo acquedotto, che per sviluppo totale, per difficoltà d'esecuzione di ogni genere, e per importanza sociale ed igienica, supera qualunque altro finora eseguito dai nostri grandi Maestri in questo genere di opere: e cioè i Romani e gli Anglo-Americani.

E per noi Liguri poi quest'opera grandiosa offre speciale interesse, perchè genovese fu chi primo ne preparò il progetto esecutivo — il compianto Comm. Ing. Natale Magagnoli che fu pure Presidente del Consiglio Superiore dei LL. PP. — e genovese è chi ne assunse la costruzione, il benemerito Senatore Giovanni Bombolini, e liguri sono i capitali occorsi per la esecuzione della parte più difficile del lavoro.

Ecco perchè l'Acquedotto Pugliese, che interessa una parte nobilissima d'Italia, ha pure speciale interesse per noi Liguri.

Per avere un'idea della grandiosità di questo acquedotto basti ricordare che i tre più famosi attualmente esistenti, gli acquedotti classici di Catskill a New York, di Los Angeles in California e di Coolgardie in Western Australia, sono rispettiva-

(1) La conferenza ebbe luogo la sera del 2 Maggio 1919 nel salone del Collegio degli Ingegneri e Architetti Liguri, e vi assistettero anche S. E. il Ten. Gen. Massone, Sindaco di Genova, oltre molte autorità dell'industria e del commercio genovese.

mente lunghi 144, 378 e 364 Km., e che il più gran acquedotto costruito dai Romani fu quello dell'Acqua Marcia, da Sebaste a Roma, lungo 93 Km.

L'Acquedotto delle Puglie li sorpassa tutti e di moltissimo: perchè in complesso è lungo 1830 Km. tenendo conto solo, beninteso, dell'acquedotto vero e proprio, cioè fino al serbatoio di distribuzione nei centri urbani, e trascurando perciò le reti di distribuzione. Ciò è quanto dire che l'acquedotto è lungo da tre a quattro volte più dei famosi acquedotti citati e circa una volta e mezza la totale lunghezza dell'Italia (1). (Fig. 1.4)

(1) Chi desiderasse speciali notizie su questi acquedotti potrebbe consultare per quello di Catania gli atti della « Institution of Civil Engineers » di Londra vol. CCXVI e quelli della « American Society of Civil Engineers » New York, anno 1912

per quello di Los Angeles gli atti della Società di New York, anno 1912 e l'« Engineering Record » del 1913;

per quello di Coolgardie gli atti della « Institution of Civil Engineers » di Londra vol. CLXII 1904-05.

Però può essere interessante il seguente quadro riassuntivo:

Nome dell'Acquedotto	Catania di New York	Los Angeles California	Coolgardie W. Australia	Acquedotto Puglie
Anno dell'apertura dell'esercizio	1914	1913	1903	1915
Lunghezza chilometri	144	378	364	1830
Portata in m ³ al 1°	10,8	11,0	0,3	5,3
Dimensioni del cunicolo a pelo libero mq.	3,10x3,1	—	—	1,60x1,7
Diametro dei Sifoni o della condotta m.	2,75	1,80	0,76	1,70
Pendenza per kilometro m.	0,30	0,0040,35	—	0,45 a 0,60
Come è alimentato l'acquedotto	Serbatoio di Kennedy Olive Bridge	Sorgente	Serbatoio di Mundaring	Sorgente Capo Sele

L'acqua del serbatoio di Mundaring viene sollevata a 600 m. per mezzo di otto gruppi di pompe fino al distretto di Balla e poi per gravità scende a Coolgardie ed ai vari centri minerari auriferi dell'West Australia.

L'opera si può suddividere nelle seguenti parti:

a) *L'acquedotto principale*, propriamente detto — a pelo libero e completamente pentabile — lungo 190 Km., più assai che da Roma a Napoli; il quale si estende da Caposile, dove sono le sorgenti fino a Villa Castelli per 244 Km. con un tronco da Venosa verso Foggia, lungo 26 km. fino a Ortona;

b) *le diramazioni principali in condotta forata* fino ai vari sobborghi vicini ai centri abitati, le quali misurano in complesso Km. 1340, più della lunghezza dell'Italia, e che sommati con l'acquedotto principale fanno i 1530 Km. sopra accennati;

c) *le reti urbane di distribuzione dell'acqua in pressione* nei centri abitati, che misurano circa 800 Km., e le quali furono studiate in modo da poterle più estendere ancora nell'avvenire a seconda che aumenterà il consumo.

Per regolare la distribuzione dell'acqua ai centri abitati e provvedere le opportune riserve per il caso di guasti o di riparazioni, l'Acquedotto è provvisto di 134 serbatoi, in generale con capacità da 1.000 a 4.000 mc. ma alcuni con capacità da 12.000 a 17.000 mc. ed uno, quello di Orta, capace di 25.000 mc.. Tutti complessivamente hanno volume di mc. 184.000, che è quanto dire, sono capaci di alimentare per una settimana a ragione ridotta la popolazione di 2.200.000 abitanti, cui è destinato l'Acquedotto, e così dar tempo di fare qualsiasi riparazione possa occorrere.

Inoltre, molti dei paesi serviti sono a livello molto superiore — anche di varie centinaia di metri — alla linea di carico dell'acquedotto principale o delle diramazioni, e l'acqua perciò deve esservi sollevata per mezzo di ben 13 impianti meccanici, alcuni di 350 HP, parte serviti da motori termici — generalmente a olio pesante, — ma la maggioranza da motori elettrici, che utilizzano in parte l'energia complessiva di 8.400 HP generata dalle 18 centrali che usufruiscono delle varie cadute lungo l'acquedotto, nel tratto in forte pendio delle condutture.

L'Acquedotto delle Puglie è quindi un'opera completa in sé stessa e di eccezionale importanza. Si procurerà di descriverla, in modo sommario, rifacendo una visita, che si ebbe occasione di fare unitamente ai laureandi ingegneri del Politecnico di Roma.

Cenni storici sommersi — Non è il caso di farne la storia: basti ricordare le difficoltà di ogni genere che si dovettero so-

perse prima che fosse accettata l'idea — enunciata dal sig. Rosalba del Genio Civile — fin dal 1861, e concretata e propagata con fatidico ardore dall'ing. Zampari — di raccogliere l'acqua dal versante Tirreno, ricco di grosse sorgenti, e di portarla mediante lunghissime gallerie traverso al massiccio dell'alto Appennino Lucano, fino a scaricarsi nell'adiacente versante Adriatico-Pugliese, poverissimo di sorgenti e persino di acque fresche. — meno forse nel distretto di Lecce — tanto che quelle terre hanno il doloretto appellativo di « *utilissime Puglia* ».

Nè, d'altra parte, è il caso di parlare delle vicende per le quali passò il progetto, il concorso d'appalto e la successiva esecuzione dei lavori, perchè sono quelle stesse che si riscontrano in tutte le opere che per la loro grandiosità e costo sempre cagionano polemiche e ritardi.

Alimentazione idrica dell'Acquedotto — L'Acquedotto è alimentato da varie polle, le quali costituiscono la sorgente di Caposele, che sgorga dallo stesso gruppo di montagne dove ha origine l'Acquedotto del Serino per Napoli. La portata media del complesso delle polle è di circa $4\frac{1}{2}$ m. c. al s" in inverno, ma arriva allora a mc. 5,50 in estate ossia proprio quando la Puglia soffre maggiormente la siccità. Di più vi sono altre polle presso Caposele che eventualmente potranno, occorrendo, impiegare l'Acquedotto ed aumentarne la portata sino a mc. 6,50. Per cui tutto l'acquedotto venne costruito in previsione di una portata di circa mc. 6,50.

L'acqua sgorga da una formazione calcarea frantumata, alla quota di 250 m. sul mare; è chimicamente e batteriologicamente perfetta, con durezza di 14° (francese), ed ha temperatura di 9° C., condizioni che ne fanno un'acqua ideale.

Le opere di allacciamento delle varie polle consistono in otto caricotti che sfogano entro un canale collettore, il quale va allargandosi da 3 a 5 m. fino a sboccare in un edificio di misura (fig. 3) con paratoia di manovra, e sfioratore a sifone automatico del tipo Gregotti, capace di smaltire fino a 7 mc. al s" e con scaricatore di fondo. Segue poi una prima galleria lunga m. 550, che funziona da bacino di calma, e verso l'estremo ha una camera con bocca a strapiombo del tipo « Barin » per misurare ad ogni momento la quantità d'acqua che deve essere immessa entro l'Acquedotto. E per garantire poi in ogni caso che l'acqua della sorgente non possa sfuggire per meati la

terali, fa sbarrata inferiormente la vallicola, in cui sboccano le pelle, per mezzo di una diga sabbiosa di 2 m. di spessore e con la cresta un poco più elevata delle pelle stesse, onde assicurare per ogni eventualità l'alimentazione dell'Acquedotto.

Generalità sul tracciato — La difficoltà più grande dell'opera compiuta, sta nel fatto che tra la sorgente ed il versante adriatico si interpone la grossa e massiccia catena di montagne costituente la parte più elevata dell'Appennino Lucano, con cime prossime ai duemila metri e vallichi a circa ottocento m. sul mare (Fig. 1°). Queste condizioni portano come conseguenza gravi contrafforti montagnosi da traversare con lunghissime gallerie a foro cieco e profondi barroni da valicare o con alti porci canali, e con profondi e lunghi sifoni, costituenti tutti difficilissime e costose opere d'arte. Difatti nel primo tronco del canale, che possiamo chiamare « montano » da Caposede fino allo sbocco della grande galleria delle Murga, lungo Km. 104, e nella disaminazione primaria per Foggia lunga Km. 46 fino a Posta Alessandro sopra Ortona — ossia in complesso su Km. 150 di Acquedotto — ne abbiamo ben 108 (72 %) in galleria, circa Km. 1.800 (1.10 %) su ponti-canali, Km. 20, (13 %) la sifoni; ossia ben Km. 124,8 dei detti 150 Km. sono opere d'arte, circa l'83 %, — e i rimanenti Km. 25,2 sono trincee rivestite e coperte con muratura ed a cuscinole praticabile, ben inteso quando vi sia stata tolta l'acqua.

E' questa la parte più difficile e interessante dell'Acquedotto, e naturalmente quella che diede maggiori preoccupazioni a chi la progettò e a chi la costruì, anche perchè corre per la massima parte in terreni tristemente famosi per le frane — le argille azzurre e le argille scagliose — aggravate perfino da emanazioni di gas grigio esplosivo e di idrogeno solforato, che misero in pericolo la vita degli operai.

Non è bazzanza il dire che tra Caposede e il Castel del Monte, poco distante dal quale sbocca la grande galleria delle Murga, è scritta una delle pagine più gloriose — e finora poco conosciute anche dai Tecnici — della storia dell'Ingegneria della Terra Italia; e che coloro che la scrissero sono tutti Ingegneri, Costruttori e Operai Italiani.

Questo è il motivo per il quale tale tratto, che comprende la parte più difficile, ormai felicemente compiuta, e in esercizio da quattro anni, merita tutta l'attenzione dei tecnici nostrani ed esteri.

Breve descrizione dell'opera — La traversata della zona montuosa tra Caposile e Castel del Monte, è fatta con canale praticabile in muratura ed a pelo libero, — salvo qualche sifone di lunghezza e carico limitato — e lo stesso canale prosegue con pendenza di circa m. 0,30 per chilometro verso il versante orientale delle Murge, prospiciente il mare adriatico, sino a Villa Castelli alla quota 125 m. sul mare, in provincia di Lecce. Qui termina l'altipiano delle Murge, e quindi, perchè il beneficio dell'acqua del Sale si estendesse al Tavoliere di Lecce ed al resto di quella provincia sino al Capo di Leuca — tutta frangiata da valli e alti piani di differentissima quota — è stato necessario adottare la condotta forzata e applicare pose ingegnose disposizioni per evitare sifoni troppo lunghi e soggetti a forti carichi.

Dal canale principale al Km. 22,140 presso Venosa si stacca la diramazione primaria pure a pelo libero per la Provincia di Foggia. Tale diramazione avendo grossa portata, per chilometri 40 sino presso Ordona, è costituita da un canale praticabile in muratura, salvo i sifoni occorrenti per attraversare talune vallate e depressioni di suolo. Da Ordona prosegue in condotta forzata per il Tavoliere di Foggia sino a Lesina e verso il Gargano.

Nel resto del percorso del canale principale e specialmente da Spinazzola in poi (Km. 32, 120 da Caposile) si hanno varie diramazioni per i centri abitati della provincia di Bari, e talune di esse hanno grossa portata sino a litri 1200, sicchè costituiscono per sé stesse dei veri acquedotti.

Con tutte le sue diramazioni, alcune delle quali ancora in corso di ultimazione, l'acquedotto verrà a servire una popolazione superiore ad abitanti 2.100.000 distribuita in 228 centri abitati.

Lo sviluppo complessivo dell'Acquedotto, di Km. 1830, può così suddividersi:

Canale principale, in muratura a pelo libero, salvo nei sifoni
i quali hanno lunghezza totale di m. 72704 . Km. 241

Diramazione primaria per la provincia di Foggia

a pelo libero, (canale in muratura m. 11.000,

in sifoni m. 12.000) 45

Diramazioni principali in condotta forzata:

In provincia di Foggia Km. 290

• • • Bari • 130

• • • Lecce • 730

Poi Comuni fuori delle Puglie • 10

Con un totale di Km. 1310

Sviluppo complessivo dell'Acquedotto propriamente detto Km. 1830

Ad esso dovrà poi aggiungersi lo sviluppo delle reti di distribuzione urbana dal serbatoio fino agli utenti, previste in Km. 800 nel primo impianto.

Riguardo alle diramazioni principali si fa notare che per la discesa dell'acqua dal grande canale in muratura a pelo libero fino ai serbatoi di carico delle reti urbane, sono state adottate generalmente condotte forzate, nelle quali si è cercato di impiegare in larga misura tubi di cemento armato, per i tratti soggetti a pressioni non superiori a tre atmosfere; e per non superare questi carichi i vari tratti sono suddivisi da pozzi di interruzione, con disposizioni speciali per assicurare la regolarità dell'esercizio. Lo stesso si farà pel grande sifone del Tavoliere di Lecce grande a speciali condizioni locali, delle quali ha tratto generalmente profitto l'Ingegnere Capo Cantù. Maglietta onde poter così impiegare condotte in cemento armato, di grande diametro, che a parità di spesa permettono di convogliare una maggiore portata e perciò mantenere all'acqua la sua bassa temperatura per un più lungo percorso, che non in condotte metalliche di minor diametro. Del resto al larghissimo impiego delle tubolature di cemento armato si fu indotti, dalla considerazione che esse devono essere impiantate generalmente sopra terreno roccioso, sicchè non sono da temere pericolosi cedimenti di terreno, mentre d'altra parte il minor costo di queste tubolature permette di avere vantaggi economici e costruttivi di cui si farà cenno appresso.

In alcune condotte in cemento di grossa portata sono poi intercalati salti motori per utilizzare le forti pendenze; così per esempio in due diramazioni del Barese, all'estremo del canale principale sotto Villa Castelli e presso Oria. Altri salti motori si hanno nella diramazione primaria del Foggiano. Complessivamente i detti salti sono capaci di produrre circa 8400 cavalli dinamici da impiegare per quasi la metà per impianti meccanici, occorrenti per sollevare l'acqua dell'acquedotto ai numerosi centri abitati posti a quote più elevate dei canali e delle diramazioni primarie, e il resto servirà a scopi industriali.

Esposta così una sommaria descrizione dell'opera, è opportuno rilevare alcuni dati relativi alla parte più interessante per l'Ingegnere e costituita dal grande canale in muratura.

Dati riassuntivi — Per rendere più chiaro quanto si esprimerà in seguito, sarà utile il seguente quadro riassuntivo che.



Fig. 1 — Topografia generale.



Fig. 2 — Fabian E. Gaviria per il rilievo.



Fig. 3 — Capogruppo, lavoro della comunità di lavoro.



Fig. 4 — Juan Carlos per la comunità di lavoro.



Fig. 1 - Pisto-Carrarese in campagna aperta nel territorio lido.

Fig. 2 - Pisto-Carrarese in marcia nella foresta di Gorta.



Fig. 3 - L'albergo della galleria Grossa del Monte al casello di Gorta.

Fig. 4 - Imbocco Grande della galleria dell'Appennino.

Fig. 5 - Gorta in vista in terreni rocciosi.

insieme alla planimetria generale dell'Acquedotto, fa subito vedere le parti più caratteristiche dell'importante lavoro.

N. d'ordine	Denominazione del tronco	Lunghezza Km.	Portata maxima mc.	Perduta di carico per Km.
1	Da Caposile alla diramazione primaria per la provincia di Foggia, presso Venosa	55,540	6,50	0,15
2	Da detta diramazione a quella per Andria e Corato, dopo lo sbocco della grande galleria delle Murge	50,150	5,00	0,40
3	Dalla precedente alla diramazione per Bari	40,560	3,50	0,18
4	Dalla precedente alla diramazione per Gioia del Colle	18,250	2,80	0,10
5	Dalla precedente alla diramazione per Fasano	38,680	2,50	0,10
6	Dalla precedente al grande serbatoio di Villa Castell, che alimenta la provincia di Lecce fino a S. Maria di Leuca e con diramazione a Taranto (?)	30,540	2,50	0,10
7	Diramazione per la provincia di Foggia, da Venosa a Ordona	40	1,50	0,40
	TOTALE	250,460		

Le dimensioni e particolarità del cunicolo costituente l'acquedotto a pelo libero in questi sette tronchi risultano dal seguente specchio:

N. di ordine dei tronchi	Sezione trasversale del cunicolo	IMPIANTI		Cenni sommarii caratteristici dei tronchi di Acquedotto
		Idroelct. utiel %	Idroelct. utiel %	
1	Da Capo Vele fino al Km. 95,76 la sezione è ovale di m. 1,92 x m. 1,70 oppure circolare con $D = m. 1,89$ in un'ovale 1,92 x 1,90		2	Il primo tronco è il più diffi- cile e costoso per esservi ben 27 gallerie di cui due d'alte 15 km. ciascuna, e i più grandi porti-canali in muratura. In questo tronco predominano le aglie amare e scagliose, con armario, calcari marini. Predominano i lavori in mura- tura di pietra e di mattoni. Sarevi 25 gallerie, tra cui quella della Morge di m. 16,001, la più lunga per lunghezza dopo il bene- plano. Vi sono i più importanti edifici, come quelli Calcarai, Fir- maria di Venosa, Palazzo S. G., Leccone, oltre numerose opere d'arte minori. Nel secondo tronco predomi- nano i terreni salinosi e breccia- ciosi e nel terzo si attraversano i tufi e poi la roccia calcarea della Morge. Le strutture me- talli sono in calcestruzzo con malta di cemento. Qualche importante ponte ca- nale, due edifici nelle vallate Lana della Carve e Scopordia. Edifici di prima per la dirama- e due importanti impianti di sollevamento.
2	Ovale di m. 1,38 x 1,34 fino alla Morge poi ret- tang. col volto a tutto sotto di m. 1,38 x 1,09		1	
3	m. 1,05 x 1,35	6		
4	m. 1,74 x 1,41	2		
5	m. 1,55 x 1,19	1	6	
6	m. 1,50 x 1,16			
7	Diramata per Foggia m. 0,76 x 1,35			

Nella diramazione per Lecce si hanno parecchie gallerie, di cui una detta Mascini Contini lunga m. 378,2 metri e lunghi ponti — canali, diversi impianti di sollevamento d'acqua e salmi motori. Il sifone Lecce è costituito da un tubo in cemento armato di diametro variabile da m. 1,15 a m. 0,50, per una lun-

ghetta complessiva di Km. 120 di tubazione con portata da L. 1000 a litri 200, e diviso in molti tratti con sifoni piezometrici.

In questa diramazione predominano i calcari fratturati e manca o quasi l'acqua.

I lavori vennero fatti con calcestruzzo di cemento Portland, salvo le facce viste dai pozzi, che sono con bolognini squadrati.

II. — Criteri di progetto dell'Acquedotto

Prima di passare in rassegna le più interessanti opere d'arte, sarà utile esporre brevemente i criteri direttivi, secondo i quali venne progettato e costruito l'Acquedotto.

a) *Acqua a pelo libero e in condotta forata*. — In generale — almeno finchè fu economicamente possibile — si preferì di far correre l'acqua a pelo libero entro un cunicolo praticabile anzichè entro condotta forata, e ciò tanto per la maggior facilità di costruzione e manutenzione successiva, quanto per rendere minori le probabili perdite di acqua e più facile stagnarla quando si fossero manifestate.

E per questo stesso criterio si preferì sempre — quando la differenza di spesa non era troppo grande — traversare le forti depressioni o burroni mediante ponti-canali, anzichè mediante sifoni. E quando proprio non se ne potè fare a meno — o per la natura del suolo, che non permettesse di fondare un alto viadotto o per l'eccessiva spesa — si procurò sempre che la pressione nel sifone fosse inferiore a 3 atmosfere, onde poterlo costruire con cemento armato, e dove non era possibile fare altrimenti, si andò fino a 3 atmosfere, come per il sifone del Locone, adottando in tal caso tubi di lamiera d'acciaio pel tratto con pressione superiore alle tre atmosfere.

b) *Cunicolo a pelo libero*. — Per questi motivi si adottò il cunicolo a pelo libero e praticabile per 127 Km. dalla sorgente di Caposile a Villa Castelli, a cui dovendosi aggiungere altri Km. 32 per la diramazione primaria da Venosa ad Ordona verso Foggia, e così in complesso Km. 162 di cunicolo praticabile.

La pendenza longitudinale è di m. 0,25 per chilometro per il primo tratto di Km. 26,767 con portata di oltre 6 mc. al s " da Caposile alla diramazione per Foggia. Poi la portata diminuisce a mc. 3 riducendosi per le diramazioni secondarie fino a mc. 1,30 all'estremo, e perciò la pendenza fu aumentata poco a

pozzo fra m. 0,27 e 0,30 per kilometro, salvo nel tratto fra il Km. 46,767 e lo sbocco della grande galleria delle Murge, dove venne adottata la pendenza del 0,40 per mille per motivi di economia.

La sezione trasversale del cunicolo venne regolata in base

alla nuova formula di Bazin $V = \frac{87}{1 + \frac{1}{\sqrt{R}}} \sqrt{Ri}$ ed in

modo che vi corrispondesse una velocità dell'acqua da m. 1 a 1,15 al 1° adottando per il γ valore di 0,11 che è intermedio fra quelli dati dal Bazin per le murature e gli intonachi lisci.

Solo per eccezione, in corrispondenza dei posti-canali la pendenza fu portata a m. 0,30 per mille e la velocità aumentata a m. 1,50 allo scopo di poter ridurre la sezione del cunicolo e perciò l'entità e il costo delle relative opere murarie.

c) *Condotte forzate*. — Viceversa si adottarono le condotte forzate dove, per la disposizione della campagna e per le depressioni da superare, il cunicolo accessibile sarebbe riuscito troppo costoso. Però il tracciato del grande canale fu mantenuto sempre elevato e studiato in modo da richiedere il minimo numero possibile di sifoni e questi fossero soggetti ad un carico mai maggiore di 30 m. d'acqua. Solo per eccezione in un sifone — come si disse — si andò fino a m. 41 ed in un altro a 50 m. Con carico limitato a circa tre atmosfere fu possibile di costruire i sifoni a doppia tubulatura, e in cemento armato, con grande economia di spesa, in relazione alla notevole portata di m. 6,30 al 1° ed assicurando nel tempo stesso la durata e la regolarità dell'esercizio, grade appunto alle due cause, per cui se una avesse bisogno di riparazioni l'altra può sempre assicurare il servizio dell'acqua, sebbene con una certa riduzione.

Il calcolo delle sezioni di questi sifoni venne fatto pure con la nuova formula di Bazin sopra accennata (1), adottando però per il coefficiente γ il valore di 0,13 per le tubazioni metalliche di qualsiasi diametro, pure di 0,15 per le tubazioni minori fatte di cemento, e con diametro inferiore a m. 0,40; e il γ fu ridotto a 0,20 per le tubazioni di cemento con diametro maggiore di 0,40. In relazione a questi criteri si è fissato V fra m. 1,50 e m. 2 al 1° per i diametri superiori a 1 m., valore perfettamente accot-

(1) Per il calcolo della condotta e dei sifoni vedansi gli allegati N. II e III.

abile, essendo le pareti interne diligentemente intonacate con cemento ben liscio, che perciò può resistere benissimo e per molti anni a tale velocità dell'acqua, ciò che invece non sarebbe stato forse prudente per tubi di minor diametro dove non è possibile fare intonaci perfetti.

Per questi diametri minori si limitò la velocità fra m. 1,00 e 1,50. Con tali criteri e con i coefficienti indicati, l'esperienza ha dimostrato che effettivamente la portata attuale, tanto del cunicolo quanto della condotta, è sensibilmente maggiore di quella teorica prevista.

d) *Materiali impiegati*. — Questa condizione, ed il fatto che il tracciato dell'Acquedotto si svolge in buona parte sopra terreni rocciosi di calcare fratturato che offrivano — meno rare eccezioni — ottimo piano di posa per le condotte, resero possibile adottare le condotte di cemento armato invece di quelle di ghisa e di acciaio saldato, per tutto il percorso fino ai vari serbatoi di regolazione o di compensazione, come innanzi si è detto.

È questa una particolarità tipica dell'Acquedotto Pugliese e che l'esperienza dimostrò svariamente consigliata e praticamente ottima per quei tratti di condotta che una volta eseguiti non devono essere più rimangiati. Invece le condotte che dai serbatoi devono distribuire l'acqua nell'interno dei vari centri abitati ossia le reti urbane di distribuzione furono tutte fatte con tubi di ghisa, perchè dovendo andare soggette a lavori di innesto per dilatazioni o a rimangiamenti vari, le condotte metalliche, sebbene più costose, si dimostrano all'atto pratico preferibili. Attualmente, causa la grave deficienza di tubi metallici si stanno sperimentando per certe dilatazioni i tubi di « stannit » (1) che sembra diano buoni risultati.

e) *Sforatori automatici*. — Altra caratteristica dell'Acquedotto è l'applicazione a tutti i serbatoi di sfioratori a sifone automatico o « *autolivellettori Gregotti* » (2) invece dei soliti sfioratori a tramonto. E questo non solo per il risparmio di spesa e di spazio che questo ingegnoso artificio del sifone automatico permette di realizzare, ma specialmente per ragioni igieniche, offrendo esso una buona chiusura idraulica fra l'aria esterna e l'acqua del ser-

(1) L. Vanni - I tubi di « stannit » per condotte forzate - atti del Congresso di Pisa della Associazione Materiali da costruzione - Torino-1919

(2) L. Luigi - Sifoni auto - livellatori - Giornale Genio Civile - Roma - 1918.

latoio e dell'acquedotto, evitando così il pericolo di contaminazioni.

Il *Calcestruzzo di cemento*. — Infine per quasi tutte le opere che richiedevano tenuta stagna all'acqua, come serbatoi, bacini di carico, camera di misurazione e persino per le volte di ricostitimento di molte gallerie, di trincee e del cunicolo sugli altri viadotti, si adottò il calcestruzzo di cemento Portland invece della muratura ordinaria con malta di pozzolana. E questo fu fatto sia per la maggior impermeabilità che è possibile raggiungere col calcestruzzo, sia per la maggiore rapidità di esecuzione — che in questo caso era un elemento di importanza secondaria — sia infine perchè potendosi fare largo impiego di macchine per gli impasti, riusciva possibile ottenere un lavoro ottimo ed impermeabile, anche con operai non del tutto provetti, dei quali in realtà si difettava grandemente nella zona traversata dall'Acquedotto.

Ed anzi siccome mancava persino la buona sabbia, la si preparò artificialmente mediante granulatrici meccaniche, che utilizzavano i minuti residui del frantoio del pietrisco. E così anche queste deficienze locali furono facilmente superate con l'adozione del calcestruzzo di cemento Portland. Con ciò del resto fu seguito l'esempio dei classici tre acquedotti sopracitati, due dei quali, quello di Los Angeles e di Coolgardie si trovarono esattamente nelle stesse condizioni di deficienza di buoni materiali, di buoni operai e persino d'acqua, che come in essi, così pure per molti tranchi dell'Acquedotto Pugliese, dovette essere portata da grandi distanze o ad itando condotte forzate: per esempio, alcune lunghe fino a 20 Km. e con pressioni fin a 30 atmosfere, e con caudali da 3 a 2 mc. ciascuno e dei quali se ne ebbero in servizio continuo ben sei per oltre quattro anni. Per dare un'idea della difficoltà di provvedere l'acqua ai lavori, basti il dire che in certi tranchi dell'Acquedotto essa venne a costare, portata a piè d'opera, fino a 14 lire il mc.

Il calcestruzzo in generale venne formato con mc. 0,30 di arena artificiale, mc. 0,30 di pietrisco minuto, che passava per un anello di 3 cm. di diametro e con proporzioni variabili di cemento Portland da Kg. 100 a 300, secondo che si trattava di massicci più o meno grossi. In ogni caso poi si garantiva la impermeabilità del massiccio di calcestruzzo applicando un intonaco di 2 cm. di malta di cemento e di sabbia a volumi uguali, ben fratturato e liscio.

Per le strutture soggette a notevoli carichi d'acqua, ma specialmente per i grandi tubi in cemento armato si aumentò la proporzione del cemento a Kg. 300 per mc. di impasto, e per tubi di cemento di diametro inferiore a m. 0,80, preparati col metodo della centrifugazione, si aumentò la proporzione del cemento a 600 Kg. per mc. d'impasto.

III. — Opere d'arte

Formatasi un'idea sommaria delle direttive del progetto e delle modalità di esecuzione, possiamo passare rapidamente in rivista le principali opere d'arte del canale principale.

a) *Gallerie*. — Fra esse sono notevoli numerose gallerie di grande importanza. Basti il dire che nei primi Km. 105,500 vi sono ben 15 gallerie della lunghezza complessiva di m. 74,109, rappresentanti circa un quarto del percorso da Caposile allo sbocco della galleria delle Murge. Tre di esse poi superano i 15 Km. ciascuna, rivaleggiando con gli stessi valichi alpini, anche per le difficoltà straordinarie che si dovettero superare per la loro costruzione. Le gallerie sono pure frequenti oltre Gioia del Colle, dove se ne hanno 45, della lunghezza complessiva di circa 24 Km. su 60 di percorso del canale.

La prima grande galleria che si incontra partendo da Caposile, è quella dell'Appennino, (fig. 3) destinata a divergere le acque dal versante Tirreno a quello Adriatico. Ha la lunghezza di m. 15,262, pendenza di m. 0,23 al Km. tra le quote 416.66 e 412.85 e sezione libera di circa mq. 7, con forma ovale larga 2,70, alta 2,00; oppure circolare di m. 2,85 nella tratta di argille molto spingenti tra le progressive 5492 e 5494.

Il rivestimento è fatto con mattoni e malta di cemento e per brevi tratti con calcestruzzo di cemento, dello spessore variabile da m. 0,40 a m. 0,80, oltre i ringrossi in corrispondenza delle rientranze degli scavi.

L'andamento planimetrico consta di due rettili ad angolo di 154° presso l'unico porto alla progress. 10.243.

I terreni attraversati, sono: i calcari del periodo cretaceo all'imbocco e per circa m. 400; argille scagliose, sconvolte con arenaria e strati intercalati di calcare marinoso del periodo eocenico per circa ml. 8,700; argille azzurre compatte e sabbiose del periodo pliocenico per circa ml. 6,152.

Lo scavo venne fatto generalmente mediante mine, preparando i fori a mano nei terreni argillosi e con perforatrici meccaniche nella roccia.

I trasporti si eseguirono a mezzo di locomotive elettriche di 15 HP. La ventilazione fu molto curata al doppio scopo di smaltire l'umidità e assicurare il benessere degli operai: a tale scopo si impiegarono forti ventilatori soffianti in grosse tubazioni.

I prosciugamenti furono fatti mediante pompe centrifughe.

L'energia elettrica di 300 HP. occorrente per le macchine e per l'illuminazione fu provveduta durante tre anni con motori a gas povero, e poi con un impianto idroelettrico a Caposede.

L'avanzamento giornaliero fu di circa 1 m. o meno nelle argille scagliose, richiedenti molto armature e castele speciali, ma arrivò sino a m. 6 nelle argille scurre compatte ed asciutte.

Molte furono le difficoltà superate per frequenti ed importanti emanazioni di gas infiammabili (*gritoni*), per copiose infiltrazioni di acqua e anche per l'incontro di un vecchio fondo di valle melmosa, che fu necessario di girare.

Si ebbero tre cantieri di lavoro: uno all'imbocco detto di Caposede, uno presso il pozzo Cocaniella alla progressiva 16.248, con diametro di m. 3,50, e profondità di m. 63, ed un terzo allo sbocco presso il torrente Padula. Tutti furono forniti di case, baracche e cantine per gli operai e per gli ingegneri di magazzini e di officine, nonché di centrali elettriche a gas povero. Inoltre a Caposede fu fatto un impianto meccanico per produrre il pietrisco e la sabbia calcarea per le murature, ed una teleferica per superare il dislivello di m. 180 per il trasporto a rifuso dei materiali scavati dalla galleria e per la discesa dei materiali da una fornace situata a m. 600 sul mare.

Alla progr. 2048, cioè di detto pozzo fu aperta una finestra lunga m. 150 inclinata del 35 % adibita allo scarico dei materiali scavati e un pozzo di m. 1,10 per ventilazione. Nello stesso cantiere di Cocaniella furono impiantate due fornaci a fuoco continuo per mattoni, collegate alla vicina strada rotabile per la stazione di Conza ed al cantiere successivo per lo sbocco della galleria, mediante ferrovia di servizio appositamente costruita.

Le gallerie *Craxi del Monaco e Giovanni* (fig. 4) possono considerarsi come una sola, della lunghezza di m. 15.823, con pendenza di 0,25‰ nei primi m. 7.371 e del 0,40‰ dei rimanenti m. 8.452.

Queste gallerie hanno sezione libera di circa mq. 7 con forma ovale larga m. 2,70 alta m. 2,90 nella prima tratta al 0,15 ‰ e di circa mq. 6 nella seconda avendo pendenza del 0,40 ‰.

Il rivestimento murario è di travertino verso l'imbocco; di mattoni circa alla metà e per resto di pietrame e calcestruzzo. Le malte furono generalmente di cemento Portland, ed in qualche tratto di calce con ottima pozzolana vulcanica del vicino Vulturno. Lo spessore del rivestimento variò da m. 0,90 a m. 0,94 e anche più in corrispondenza dei maggiori scavi o laddove erano terreni molto spingenti.

La portata del canale è di mc. 8, e la velocità dell'acqua di m. 1,05 e di m. 1,15 rispettivamente nelle due tratte a pendenza diversa.

I terreni attraversati furono: per circa 1 Km. dall'imbocco e dallo sbocco materiali limo-vulcanici, poi per un altro chilometro dall'imbocco argilla pliocenica compatta e per la rimanente lunghezza, flysch eo-miocenico, con prevalenza di rocce stabili (arenarie e calcare marnosi) e poche argille o scisti argillosi rigonfanti e spingenti.

Il sistema di perforazione fu quello a mano, e il trasporto del materiale fu fatto mediante locomotive elettriche. Occorse ventilazione molto attiva, anche per disperdere le emanazioni di gas velenosi, come l'idrogeno solforato, concentrato in vari punti. I prosciugamenti furono fatti mediante elettropompe centrifughe.

L'energia elettrica per le macchine e per la illuminazione, in ragione di 648 HP. fu generata in tre officine mediante motori a gas povero.

L'avanzamento giornaliero medio fu di circa m. 3 per ogni attacco.

Le difficoltà che si dovettero superare dipesero specialmente da forti emanazioni di gas infiammabile (*gasu*), una delle quali — alla progress. 5138 — ha impedito di lavorare per circa due mesi, perchè bruciando elevava la temperatura fino a 48° C. Alla progressiva 1.600 si ebbero abbondanti infiltrazioni di acqua nelle sabbie mobili, che obbligarono a modificare l'andamento del canale per evitarle. Anche in molti altri punti della prima metà della galleria si ebbero copiose infiltrazioni di acqua, che dovettero essere estratte mediante elettropompe.

A circa 500 m. dallo sbocco e per una lunghezza di m.

no; si ebbero emanazioni abbondantissime di idrogeno solforato che riuscendo insopportabili agli operai, ostacolarono molto il lavoro. Occorsero eccezionali mezzi di ventilazione per poter riuscire a scavare e a rivestire quella breve tratta.

Si ebbero quattro cantieri di lavoro: 1) quello di Atella all'imbocco a monte, collegato con la strada nazionale Contursi — Barletta e collegato alla galleria mediante finestra orizzontale lunga m. 0,90; 2) l'altro di Ripacandida circa a metà della galleria e collegato a questa mediante finestra lunga m. 40 ed inclinata del 20 $\frac{1}{2}$; — 3) di Lupatoso a circa 3 Km. dallo sbocco collegato alla galleria mediante una finestra lunga m. 40, la quale funzionerà pure da scarico del canale. Questo cantiere si trovava in cattive condizioni di collegamento con le grandi strade, che erano lontanissime, e fu causa di forte disagio e spesa per i trasporti; — 4) quello di Costituta, proprio allo sbocco.

Un cantiere sussidiario si ebbe in corrispondenza della finestra aperta presso Atella a due Km. dall'imbocco nella contrada Ercitici.

Oltre alle baracche per gli operai, per i magazzini e per le officine di riparazioni, nei quattro cantieri vi erano officine a gas povero per la produzione dell'energia elettrica, e nel cantiere di Ripacandida una grande fornace di mattoni, servita da teleferica per il trasporto dell'argilla.

La terza grande galleria — anzi la maggiore di tutte — è quella della Murga, lunga m. 18,023, con pendenza di m. 0,40 per Km. a sezione libera di circa mq. 3, con forma rettangolare a volta semi-circolare e dimensioni di m. 2,38 per m. 2,03. Essa sbocca sull'altopiano della Murga, proprio in vista di Castel del Monte.

Il rivestimento è fatto interamente con calcestruzzo di cemento, pietrisco e sabbia ricavati dalla stessa roccia calcarea della galleria ed è intonacato con malta di cemento.

La portata del canale è di mc. 3 e la velocità dell'acqua, di circa m. 1,05 al s^o.

L'andamento planimetrico è rettilineo, ed i terreni attraversati sono di roccia calcarea del periodo cretaceo, la quale è di media durezza, fessurata, e presenta anche delle caverne. Mancano quasi assolutamente le infiltrazioni.

Il sistema di perforazione fu con martelli ad aria compressa. Si volle eseguire questa lunga galleria con molta celerità e perciò, oltre che dagli imbocchi, fu attaccata con cinque pozzi del diametro di m. 1,40 e profondi da m. 32 a m. 192.

L'avanzamento medio per ogni attacco risultò di m. 4 al giorno: in certi tratti di calcare tenero si poté fare per alcune settimane un avanzamento anche di 10 m. al giorno per ogni avanzata, ciò che forse è un record. Così fu possibile perforare e completare la galleria col rivestimento in soli tre anni.

I trasporti furono fatti con cavalli nelle tratte corrispondenti ai pozzi, e con locomotive a benzina, verso gli imbocchi; alla ventilazione si provvede mediante sei ventilatori aspiratori di 12 HP con tubadoni di cemento del diametro di m. 0,35.

L'energia elettrica per le macchine e per l'illuminazione fu di 120 HP, fornita da motori ad olio pesante, divisi tra quattro officine.

Le difficoltà superate non furono notevoli. La roccia, essendo compatta in quasi tutta la lunghezza della galleria, non ha richiesto armature, ed ha permesso di ritardare il rivestimento, facilitando così la maggiore libertà di lavoro per le scave dell'avanzata.

Notasi soltanto che a m. 1.373 si incontrò una caverna lunga m. 30 dal cui cielo potevano staccarsi dei massi. Per sottrarre il canale a questo pericolo lo si deviò, per m. 100 incassandolo nella parete laterale della caverna.

L'acqua quasi non fu incontrata, e solo per eccezione nel pozzo N. 3 si ebbero abbondanti infiltrazioni che si accumularono nel carnicolo scavato e sfogarono solo, quando fu abbassato il diaframma.

Il desiderio di sollecitare il lavoro, e la mancanza di buoni materiali, compresa l'acqua, ed eccitanti solamente il pietrisco e la sabbia che venivano prodotti in posto frantumando la roccia, obbligarono ad usare grandi impianti di servizio.

Tutti i cantieri furono collegati fra di loro, ed alla stazione di Acquafredda mediante una strada lunga 20 Km. sulla quale fu anche messo un binario con lo scartamento di m. 0,60 servito con due locomotive a vapore. L'acqua per le macchine e per gli operai fu presa a pochi chilometri dall'imbocco ed innalzata di 320 m. per distribuirla a tutti i cinque cantieri dove, oltre alle solite baracche per gli operai e per i magazzini e le officine di riparazione e quelle per la produzione dell'energia elettrica per i compressori d'aria e i ventilatori, vi erano impianti di sollevamento dai pozzi mediante organi elettrici capaci di un carico utile di 1.000 Kw. normalmente e di 1.600 Kw. al massimo.

b) *Ponti-canali*. — Quasi pari a quella delle gallerie è l'importanza dei ponti-canali e dei sifoni che si incontrano alternati fra le tre gallerie descritte.

Questi viadotti e ponti-canali sono generalmente in muratura, di luce non superiore a m. 15, con volte e piedritti di robusta struttura in buona parte rivestiti di pietra da taglio, cioè che hanno caratteristiche di grande stabilità e duratura indefinita, come opere romane; tanto più che sono saldamente impiantate nella roccia del sottosuolo. Soltanto cinque, in luogo delle volte hanno traviate, in cemento armato, mentre le spalle e le pile sono di struttura muraria e ben fondate. Essi ricadono fra le progressive chilometriche 23,200 e 27 ed hanno diverse luci, variabili da metri 14 a 22.

Tra gli altri numerosi ponti-canali con archi in muratura il più importante per altezza è quello sul Bradano, lungo m. 210 alto m. 32 e con 14 luci di m. 12 di corda.

A valle segue il viadotto sul torrente Vionchia, lungo m. 123, alto m. 17, con 10 luci di m. 10 ciascuna.

E poi, dopo varie gallerie, si incontra il ponte-canale della Fiumara di Atella, il più lungo di tutti, dello sviluppo di m. 417, altezza di m. 25, e con 33 luci, delle quali una con 20 metri di corda e le altre di 10 metri ciascuna.

Un punto su cui fu posta molta attenzione è quello delle dilatazioni del calcestruzzo nei calori estivi e le precauzioni per evitare l'aumento della temperatura dell'acqua nel passaggio sui ponti-canali.

A tale scopo il cunicolo entro cui corre l'acqua fu fatto indipendente dalla struttura portante, propriamente detta, del ponte-canale. Esso è incassato fra i parapetti del ponte o del viadotto e separato da essi da una camera d'aria o intercapedine di mattoni vuoti, messi in coda. Superiormente il cunicolo è coperto da uno strato di terra e ciottoli, alto m. 2, con massciata praticabile destinata appunto a riparare il cunicolo dai raggi solari.

Molti altri ponti-canali si trovano lungo il percorso dell'acquedotto ed innumerevoli sono quelli ad una sola luce, ma nulla offrono di speciale.

I ponti-canali sono costruiti con muratura di pietrame e paramento di bolognini squadrai alla grossa punta, nelle regioni

dove si trovano delle buone pietre e sono di calcestruzzo di cemento-laddeve mancano.

Generalmente sui ponti-canali passa la strada di servizio dell'Acquedotto. Il gruppo dei più importanti ponti canali in muratura può visitarsi facilmente in una giornata, partendo dalla stazione di Rionero in Vulture, e quello dei ponti-canali in cemento armato, partendo da quella di Calitri.

Fra questi ultimi il più importante è quello sul torrente Tragino (1) a travate continue della lunghezza di m. 194,80 divisa in quattro campate di m. 32 ciascuna e due mensole di m. 6,50 di aggetto; queste ultime allo scopo di ridurre gli sforzi nelle campate estreme affinché queste siano sollecitate da momenti flessanti che non sieno molto maggiori di quelli della campate interne.

Le travate laterali sono fermate ed armate in modo da servire contemporaneamente come travate principali assieme alla solcata che supporta il piano stradale ed a quella che costituisce il fondo del canale.

Le pile sono in muratura: su quella centrale l'appoggio della travata è fisso, su quelle due interne è a strisciamento e sulle due estreme è a rotolamento su rulli di acciaio fuso.

Nel calcolo, oltre tener conto del peso proprio e di quello dell'acqua, si suppose un carico accidentale di Kg. 750 per mq. della carreggiata superiore ad una spinta del vento in senso orizzontale di Kg. 250 per m. q.

c) *Sifoni grimali*. — Come si accennò, furono sempre preferiti i ponti-canali ogni qualvolta il loro costo paragonato a quello di un sifone, non fosse risultato troppo superiore; ma vi furono casi in cui non si poté fare a meno dei sifoni, anche per ragioni tecniche oltre che economiche.

Il così avvenne per l'attraversamento di alcune vallate, come per quella del torrente Calcarai lungo m. 419, con carico d'acqua di m. 32 e per i due più importanti, quello di Palazzo S. Gerardo, lungo m. 4561 — il maggiore di tutti — e quello sul Leone, col maggior carico d'acqua che è di m. 36, mentre pure è molto notevole per la sua lunghezza di m. 1083.

(1) Nell'allegato III sono esposti i metodi di calcolo usati per il progetto di questo ponte canale.

Tutti questi sifoni, come appare dalla tabella a pagina seguente, sono a doppia canna, del diametro interno da m. 1,35 a m. 1,70, e furono preferiti ad un sifone unico per poterli visitare e riparare alternativamente, senza turbare troppo il servizio normale dell'Acquedotto.

Le due canne furono collocate in due trincee separate, con gli assi distanti quattro volte il loro diametro. Il calcolo del del diametro delle canne venne fatto supponendo che la perdita di carico necessario per creare la velocità dell'acqua nel sifone, e quelle derivanti dalla contrazione della vena, ed altre perturbazioni all'imbocco ed allo sbocco sommassero a m. 0,30; e che la perdita di carico γ per attrito nella canna avesse col diametro D , colla lunghezza L della canna stessa e colla portata Q il seguente rapporto:

$$D = \sqrt[3]{\frac{\beta L Q^2}{\gamma}}$$

nel quale il coefficiente β fu fatto uguale a 0,0014; con diametri così calcolati la portata effettiva dei sifoni risultò alquanto maggiore di quella teorica.

I sifoni sono interamente sepolti per 1 m. circa nel fondo della valle, e attraversano il cono d'acqua sotto l'alveo, onde essere meno esposti alle variazioni di temperatura.

Le canne sono di cemento armato, modellate in posto, e furono calcolate dal Prof. Guidi in modo che l'armatura metallica resistesse ad una volta e mezzo la massima pressione statica cui può essere soggetto il sifone; onde tener conto degli eventuali colpi di ariete. Non si fa alcun assegnamento sulla resistenza alla trazione del calcestruzzo, composto nella proporzione di Kg. 150 a 450 di cemento Portland per mc. 0,5 di arena, ricavata dalla triturazione della pietra calcarea e di mc. 0,80 di pietrisco fine.

Principali sifoni dell'Acquedotto pugliese.

N. d'ordine	Denominazione	N. metri	lunghezza metri	Numero sifoni metri	Costo unitario metri	Prezzo di costo metri	Importo metri cubi
	a) lungo il canale Principale tra Venezia e la Murgia (in cemento armato)						
1	Sul rivo Calcarai	2	480	1,70	52	1,50	4,500
2	Sulla Piumara di Venezia	2	600	1,60	42 ⁹	1,80	4,500
3	Sul piano di Palazzo S. Gerovamo	2	4361	1,65	24	1,80	4,500
4	Sulla valle del Leconte	2	1018	1,50	55 ⁹	1,50	4,500
5	Valledella Scoparella	2	416	1,35	50	0,65	1,000
6	Lama delle Carve	2	355	1,35	51	0,50	1,000
	b) nella diramazione primaria del Foggiano (in acciaio)						
1	Sulla Piumara di Venezia (sopra un ponte)	2	1135	0,75	92 ⁹	4,81	1,200
2	Sul fiume « Offento » (sopra un ponte)	2	5865	0,70	161 ⁹	10,75	1,200
3	Nella valle « Posta Carrera »	2	1317	0,65	90 ⁹	10,56	1,200

(*) Con tubi di lamiera d'acciaio chiodato per il tratto cui precedono altre 2 kilom. La lamiera è poi protetta con un manto di cemento armato

Questo impasto non sarebbe di per sé perfettamente impermeabile. Per renderlo tale si applica nell'interno del tubo un intonaco di malta di cemento e arena fina, e per una parte dei sifoni questo intonaco viene applicato sopra una reticella metallica. Così ne risulta un vero e proprio cemento retinato, che resiste meglio alla tendenza che avrebbe la malta a screpolarsi (1).

Con queste precauzioni le cuniche dei sifoni una volta che abbiano assunto la temperatura dell'acqua, riscuono stagno, e non danno più luogo a difficoltà. Ma per raggiungere questo equilibrio termico, specialmente se il lavoro è fatto di estate, ci vuole un certo tempo, e se si immette l'acqua troppo presto ne risulta notevole abbassamento di temperatura nel sifone, per cui esso si contrae e spesso si spacca con notevoli perdite di acqua.

Per rimediarvi si attende che il tubo e l'acqua che vi scorre dentro abbiano acquistato temperatura quasi uguale, e poi, dopo vuotato il sifone, si procede alla riparazione della crepatura con malta di cemento, tenuta in posto mediante fasciatura di rete metallica. Questo semplice artificio, congiunto alla precauzione di eseguire i lavori dei sifoni durante l'inverno o meglio durante la primavera, quando cioè la temperatura è ancor bassa, è riuscito migliore che quello di usare giunti di dilatazione, i quali vanno soggetti a così svariati inconvenienti da non consigliarne più l'adozione. Anche nei grandi sifoni del canale di Castiglia in Spagna, la alcuni dei quali erano stati applicati dei giunti di dilatazione, si trovò preferibile sopprimerli, cosicchè nei nuovi lavori, così eseguiti, non vennero più usati, ma però si adottò la precauzione di lavorare nei mesi invernali per rendere minori gli inconvenienti delle contrazioni termiche.

Così pure l'esperienza dimostrò che l'impasto di 400 Kg. di cemento per mc. di calcestruzzo è la proporzione che dà migliori risultati, perchè si contrae meno che quello più ricco di cemento. D'altra parte però occorre intonacarlo diligentemente con applicazione di rete metallica come si è detto onde riesca poi stagno.

d) *Servantori e accuseri dell'Aquedotto.* — Allo scopo di poter regolare nei vari tronchi la quantità di acqua che vi

(1) Su questo argomento della retinatura dei tubi si può consultare la relazione dell'ing. Luigi Luigi e Opere in cemento armato dell'Aquedotto di Lucra e Giornale Genio Civile, 1902.

dove passare, o anche per mettere all'asciutto l'Acquedotto, sono previsti degli scaricatori a distanza normale di 7 chilometri o alquanto diversa in cas di speciali condizioni topografiche locali. Ma invece di munirli, come quasi generalmente si fa, di paratoie per la interclusione di tutta la luce dello speco, — poichè siccome in questo caso essi avrebbero assunto dimensioni straordinarie, e quindi sarebbe stato difficile di manovrarle — fu adottato un artificio ingegnoso che consiste nell'abbassare il fondo del cusciolo a modo di pozzo e di innestarvi un tubo metallico di diametro tale che sotto un battente di circa 3 metri di acqua, possa smaltire tutta la portata dell'Acquedotto, che arriva dal tratto a monte. Il tubo, che generalmente ha diametro di m. 1,10 a m. 0,80, è chiuso da un'ordinaria saracinesca, di facile manovra, meno costosa e meno ingombrante della paratoia, che sarebbe occorsa se non si fosse adottato il detto artificio.

L'Acquedotto è pure provvisto di pozzi per ispezioni e riparazioni alla distanza di circa 500 metri tra di loro; di case cantoniere ogni sei chilometri per la vigilanza e conservazione delle varie opere e per manovre eventuali delle saracinesche.

Sono inoltre 70 chilometri di speciali strade di accesso ai ponti più importanti e ai cantieri di deposito dei materiali di ricambio. E questi cantieri e le case cantoniere sono in comunicazione tra di loro con la Direzione a Bari mediante una doppia linea telefonica riservata al servizio dell'Acquedotto e che lo percorre in tutta la lunghezza con le sue diramazioni principali.

IV — Diramazioni

In seguito a quanto si è detto del canale principale, converrebbe fare parola della diramazione primaria per la provincia di Foggia, costituita pure dal canale in muratura praticabile, capace della portata di mc. 1,300, con qualche galleria e diversi sifoni intercalati lungo il percorso, tre dei quali assai importanti, nelle valli della Fiumara di Venosa, del fiume Ofanto e Posta Carrota, della lunghezza di m. 1112, 585 e 1317 rispettivamente, con carichi sino a 14 atmosfere.

La detta diramazione però non è del tutto ultimata, sebbene siano pochi i lavori ancora da compiere verso Foggia per poter

fornire acqua del Sele a questa città ed alcune altre vicine verso il Gargano.

Più avanzati invece sono i lavori delle principali diramazioni in provincia di Bari, e delle quali è già iniziato l'esercizio dei tronchi fino a Brindisi e fino a Taranto.

a) *Tubolature di cemento armato* — In queste diramazioni è notevole il largo impiego delle tubolature in cemento armato nei tratti montani delle condotte discendenti del canale principale al servizio di carico delle reti urbane. Ciò ha permesso di convogliare sino agli stessi sertiatoi grosse portate, sino a litri 1200 per l", con modica spesa, senza alcun inconveniente, stante l'ottima natura litoida del terreno pugliese, che si presta alla facile costruzione ed alla buona conservazione delle condotte in cemento armato, le quali per riuscire perfette occorre abbiano un solido letto di fondazione, possibilmente di roccia. Esse furono con vantaggio sostituite alle tubolature di acciaio e di ghisa, con la possibilità di avere, a parità di spesa, tubolature di diametro alquanto maggiore, e quindi di maggiore portata ciò che permette di mantenere più fresca l'acqua che in una scorsa risultò questo che, in una regione così calda come le Puglie, ha importanza grandissima.

Nel progetto di massima del 1904 erano previsti tubi di cemento semplici, in buona parte a pelo libero, che molto opportunamente furono sostituiti con tubi di cemento armato ed in condotta forata. Tali condotte però non hanno mai diametro minore di m. 0,15 né pressione maggiore di tre atmosfere. Per quelle con pressioni maggiori, si usarono i tubi metallici preferendo, per le condotte di grandi diametri, da m. 0,50 in sopra, e specialmente per gli anni d'enti salti motori, i tubi di acciaio, saldati e coperti esternamente con un intonaco di cemento retinato, per proteggerli contro le corrosioni. Internamente, siccome l'acqua è leggermente calcarea, non sono a temersi le corrosioni del metallo.

Il largo impiego dei tubi in cemento armato, oltre il grande vantaggio economico, ha avuto un effetto utilissimo e certo non previsto quando fu autorizzato, in quanto che anche durante la guerra fu possibile continuare il lavoro di posa per molte condotte, per esempio per quelle di Taranto e di Brindisi, mentre che se si fossero conservate le tubolature di ghisa o di acciaio

si sarebbe dovuto sospendere il lavoro con danno grandissimo per l'alimentazione idrica dei due centri navali sopra menzionati. Di più questi tubi sono prodotti tutti dalla industria locale con operai del luogo, e così vi fu in Puglia una relativa abbondanza di lavoro e di denaro, anche durante la guerra, ciò che ha contribuito certo alla resistenza.

I tubi di cemento armato sono stati calcolati e provati uno ad uno a pressioni una volta e mezzo quella di regime, e sono in buona parte costruiti col metodo della « centrifugazione », effettuata, sia entro forme che ruotano rapidamente su perni, sia entro forme vuote scopese a due cinghie di cuoio, le quali permettono di dare alla forma girante anche un movimento a vibrazione d'altalena, che contribuisce a rendere l'impasto più omogeneo e compatto. Anzi, con questa macchina con forme scopese a cinghie rotanti, è possibile applicare a caldo e distribuirlo bene uniformemente grazie alla forza centrifuga, uno strato di bitume asfaltico di tre millimetri di spessore, che aumenta l'impermeabilità del tubo, sino a renderlo assolutamente stagno anche a pressioni di sette atmosfere, ciò che non è possibile ottenere con altri sistemi.

Si sono però elevati dei dubbi sulla bontà dei tubi — prodotti per forza centrifuga, per cui ora si usano anche tubi fatti bensì per rotazione, una rotazione lenta dapprima, ed aumentata solo successivamente secondo un metodo speciale dell'ing. Vianini, e che sembra dare tubi molto più compatti, e soprattutto privi di giunte a cordone e blocchiere, ciò che aumenta notevolmente la ermeticità delle condotte e facilita i piccoli movimenti termici oppure di assettamento della condotta.

Il calcestruzzo per questi tubi « centrifugati » oppure « a rotazione lenta » è composto con mc. 0,80 pietrisco fino, che passa un anello di 10 mm. di diametro, mc. 0,30 di arena artificiale, residuo della preparazione del pietrisco e ben crivellata, e Kg. 600 di cemento Portland. E' un'alta proporzione, ma è necessaria per dare sufficiente plasticità all'impasto ed assicurare un ottimo lavoro, impermeabile assolutamente a tre atmosfere.

A rigore potrebbero bastare 300 Kg. di cemento, ma l'impasto riesce poco plastico e lo spessore dei tubi non è ben uniforme. Questa piccola maggiore spesa per cemento, portandolo a 600 Kg. a metro cubo, è quindi consigliabile sotto ogni rapporto.

Di questo genere di tubi se ne fanno convenientemente del diametro da 15 cm. a 80 cm. e con eccellenti risultati. Una volta confezionati si lasciano almeno 14 ore nelle forme, quindi vengono sformati, senza però smuoverli affatto e conservandoli in luogo umido ed al riparo dal sole. Dopo altre 48 ore possono venir rotolati nelle varie ale di stagionamento, dove sono coperti con strati di plexiglass e mantenuti bagnati per circa 15 a 20 giorni. Dopo possono essere sollevati senza pericolo e accatastati sotto le tettoie per lasciarli indurire per altri 1 o 2 mesi almeno, prima di metterli in opera. E così si hanno dei tubi che « suonano come campana », tanto son ben compatti e sani.

L'esperienza finora fatta con questo genere di tubi è così soddisfacente — almeno nel caso dell'Acquedotto Pagliosa, dove le condotte riposano su terreno molto solido e generalmente roccioso — che merita tenerlo ben presente per futuri lavori simili.

Del pari l'esperienza insegna pure che è inutile preoccuparsi dei giunti elastici nelle condutture e che è molto meglio lavorare solo nei mesi in cui la temperatura è bassa, inverno, primavera o fine di autunno, e così evitare le forti costrizioni. E se qualcosa avviene quando si immette l'acqua nei tubi — che essendo circa 10-12 gradi è assai più fredda della condotta la quale si trova in un ambiente da 15° a 20° e più — è meglio ripararla usando malta di cemento e rete metallica come si descrisse per i sifoni, e così con mezzi molto semplici si hanno ottimi risultati.

Per alcuni tratti di condotta si usarono tubi di cemento armato con l'estremità foggiate in modo da prestarsi all'unione « a boccchiere » con guarnizioni di lana di piombo o persino con piombo fuso, come si fa per i soliti tubi di ghisa, e così si ha maggiore facilità di assestamento della condotta.

Però si è constatato che se non si lavorano con la massima diligenza i colpi occorrenti per il calafataggio della lana di piombo recavano danno alla solidità del cemento, e che la speranza di evitare le crinature e le perdite di acqua, quando si raffredda la condotta per la prima immissione dell'acqua stessa, non si realizzava. Malgrado che si facesse messo un giunto di lana di piombo ogni quattro tubi, appunto per permettere un po' di movimento nella condotta, questa si spaccava indipendentemente

mente dalla posizione del giunto, inquantochè l'attrito sul terreno è generalmente maggiore della resistenza longitudinale dei tubi.

In base all'esperienza fatta finora non si può dire quale sia il migliore tipo di giunto e cioè se fatto con malta di cemento e fasciatura di rete metallica, cioè con giunto rigido a manicotto di malta retinata — che è pure l'artificio usato per chiudere qualche fuga che si manifestasse nella condotta — oppure il giunto elastico a cordone e boccchiere.

Ad ogni modo però si può dire che nell'Acquedotto Pugliese fu fatta la più vasta ed importante applicazione delle tubazioni di cemento armato finora tentata, da quelle del diametro di m. 1,50 per i grandi sifoni a quelle di 15 cm. per le piccole diramazioni e che i risultati ottenuti sono soddisfacenti.

f) *Tubulature di éternit* — Recentemente vi sono usate anche le tubulature di " éternit " che sono formate con un impasto di fibre di amianto e di cemento portland e fortissime: compresse fra cilindri rotanti, i tubi che ne conseguono sono assolutamente impermeabili, e possono resistere anche a pressioni di collaudo di 12 atmosfere e di lavoro di 8 a 9 atmosfere. Ne furono messi in opera per prova 2 Km. nella condotta per Brindisi, del diametro di 300 mm. che lavorano a quasi 4 atmosfere, ed i risultati sono stati così soddisfacenti che se ne farà uso correntemente specialmente nei tratti dove più difficili riscono i trasporti, inquantochè i tubi di " éternit " sono molto più leggeri e meno soggetti a danni e rotture di quelli di cemento armato.

g) *Precauzioni termiche*. — In una regione così battuta dal sole, come le Puglie, fu necessario prendere le più minute precauzioni per impedire il riscaldamento dell'acqua. A tale scopo la condotta fu tenuta del maggior diametro possibile, — e in ciò l'uso dei tubi in cemento armato che a parità di spesa permettono tubi di portata oltre che doppia, fu un buon provvedimento — e fu disposta in trincee con ricopertura di almeno 2 metri di terra sul volto del canicolo e del tubo.

Uno studio fatto fare alla Società Concessionaria porterebbe alla conclusione che la probabile temperatura dell'acqua sarà di gradi 10°/8 a Bari e 13° a Taranto, dopo percorsi rispettivamente chilometri 176 circa, e chilometri 272 dalla sorgente, il che è perfettamente soddisfacente.

1) *Sigillatori e riduttori di pressione.* — Come si accennò l'andamento della condotta principale fu fissato in modo che la pressione massima — meno in pochi casi eccezionali — non superasse i 30 metri d'acqua ossia circa 3 atmosfere.

Però quando l'altimetria del terreno non permettesse più tale disposizione, si adottò un salto, talora di alcune decine di metri, e si intercalò nella condotta un impianto idro-elettrico per utilizzare l'energia dell'acqua, oppure, ove ciò non fosse conveniente o fosse ancora prematuro, si intercalò uno *scaricatore di pressione*, formato da ugelli tronco-conici, dai quali l'acqua viene diretta entro lunghi tubi metallici, bucherellati lateralmente e sommersi in una camera di calma. In questo modo l'energia dell'acqua viene consumata nella produzione di vortici violenterissimi intestini nella massa dell'acqua nella camera di calma e parte trasformata in calore, ma in così piccola quantità da non far cambiare sensibilmente la temperatura dell'acqua a valle dello « scaricatore ».

Nell'importante sifone del Leccese, diviso in due tratti, e lungo ben 120 Km. sono progettati dei torrioni di interruzione, per i quali la condotta resta divisa in molti tratti, di lunghezza compresa fra tre e nove chilometri; e per regolare le variazioni di portata dei diversi tratti, è previsto per ciascuno torrione un ingegnoso apparecchio speciale, costituito da un galleggiante, il quale chiude o apre la via dell'acqua e nel tempo stesso diminuisce o accresce la perdita di carico, e quindi riduce od aumenta la portata.

1) *Particolarità costruttive delle condutture.* — Un punto importantissimo sulla riuscita delle condutture in cemento armato, è costituito dai giunti di anello fra i tubi.

Furono fatti per esperimento, e poi applicati su vasta scala vari tipi di giunti e cioè:

1) — a « *ricchiere* » come per i tubi di ghisa, colando piombo fuso nella giuntura e calafatandoli con treccia di lana di di piombo o semplicemente riempendoli con malta di cemento nelle proporzioni di 1 a 1;

2) — a « *marchie e formiche* » come si fece per esempio per l'acquedotto di Lucca (1) e rafforzando poi la giuntura

(1) Vedi leg. Lolgi - menzola citata.

con un manicotto di cemento armato colato sul posto, ossia facendo un giunto rigido;

g) — « a manicotto » unendo semplicemente i tubi testa contro testa, con interposizione di malta, e poi colando un manicotto di malta di cemento armato con rete metallica a rinforzo del giunto.

Quest'ultimo, che è anche il più semplice, è quello che finora diede i migliori risultati soprattutto quando si lavora d'inverno e in stagioni molto miti, e perciò è il più usato sia per comodità di posa, sia per buona riuscita e successiva facilità di riparazione. Il lavoro si eseguisce in questa maniera:

Si martellinano accuratamente le due teste dei tubi in modo da renderne bene scabra la faccia e la superficie esterna per un tratto di circa 30 cm. Si bagnano queste parti scabre con acqua, poi si distende della malta di puro cemento sopra il contorno di una delle teste dei tubi, si presenta il tubo da collocare a quello già in posto, e lo si centra con diligenza premendolo contro il precedente.

Nel tubo già collocato precedentemente vi è un raganto se il diametro lo permette, il quale allora liscia bene l'interno del giunto, e spinge fuori del tubo l'eccesso di malta. Altrimenti, se il tubo è di diametro piccolo che non permette l'entrata di un raganto, allora si adopera un « mandrino » ossia uno stantuffo coperto di olea, che tien tirato in avanti, girandolo nello stesso tempo, ed il quale nel mentre serve a ben lisciaro internamente il giunto, toglie anche l'eccesso di malta di cemento che può essere penetrata nel tubo e così la tubazione riesce ben liscia e pulita internamente.

Dopo ciò si procede alla formazione del giunto propriamente detto e cioè si inserisce sotto la giuntura fra i tubi una striscia di rete metallica, larga circa m. 0,30 supportata da sei fili di ferro ricotto.

Si distende sulla rete metallica un grosso strato di malta di cemento, nelle proporzioni di 1 a 1: poi si stringe la rete metallica, assieme alla malta attorno alla giuntura e la si lega strettamente per mezzo dei fili di ferro, attorcigliandoli fortemente. Infine si spalma tutta la giuntura con altra malta, lisciadola accuratamente e così vien formato un vero « manicotto » di cemento armato attorno alla giuntura che ha il doppio ufficio

di tenere ben allineati i tubi adiacenti e chiudere ermeticamente la giuntura tra le loro teste.

Si lascia riposare il lavoro per un quarto d'ora, lo si ricopre con teli bagnati per proteggerlo dai raggi solari, si fa avanzare — girandolo con precauzione — il mandrino interno, o il ragazzo, facendolo pervenire più innanzi di una lunghezza di tubo, e si procede alla formazione di un'altra giuntura.

Si ha cura di mantenere i manfrotti ben uniti per qualche giorno, coprendoli con sacchi bagnati e terra e poi quando un certo tratto di condotta — generalmente un chilometro — è pronto e indurito, si mette in opera un pozzetto di prova, fatto di ghisa, lo si salda con malta di cemento alla condotta già fatta, e si prova questa alla pressione idraulica, generalmente una volta e mezzo quella di lavoro. Si riparano, se del caso, i giunti difettosi, e infine si copre definitivamente la condotta con almeno due metri di terra.

j) *Serbatoi dell'acqua.* — In corrispondenza dei vari centri di popolazione furono stabiliti dei serbatoi, per garantire sempre il servizio, anche in momenti di eccezionale consumo per incendi od altro ed anche per assicurare una riserva di acqua per almeno due o tre giorni alle popolazioni.

Molti di questi serbatoi hanno la capacità da mc. 1000 a 2000, taluni da 4000 a 6000; quelli di Bari e di Poggia hanno la capacità di mc. 12.000 e 12.500 rispettivamente; quello di Taranto è di mc. 16.000 e quello di Orta, nella provincia di Lecce, di mc. 15.000 perchè deve servire da regolatore dell'importante rete di condotte in quella regione.

In complesso lungo tutta la condotta vi saranno 134 serbatoi della capacità complessiva di mc. 214.000 e di questi già cinquanta sono eseguiti ed in avanzata costruzione.

Non tutti costruiti interamente in calcestruzzo: i più grandi sono divisi in due camere simmetriche, provviste di sfioratore, scaricatore e condotta di arrivo e di uscita, con saracinesche combinate in modo che l'acqua non vi rimanga mai ferma, oppure in caso di dover riparare o pulire una camera, l'acqua possa proseguire senza attraversarla. I più piccoli sono del tipo « a labirinto » e costruiti in cemento armato.

All'uscita son tutti provvisti di un misuratore del tipo Venturi e con apparecchio registratore per indicare l'eroga-

nene d'acqua. E di questi apparecchi così semplici e così precisi ve ne sono già in uso una sessantina e con portata di mc. 0,1 a mc. 6 al minuto secondo.

k) *Distribuzione dell'acqua nei centri abitati.* — Le condotte che partono dai serbatoi e servono per la distribuzione dell'acqua nei centri abitati, sono fatte di ghisa o di acciaio, a seconda del loro diametro maggiore o minore. E si preferì il metallo perchè per queste condotte, essendo soggetto ad essere spesso rimangiato e soprattutto ferito per innestarsi le bocche di presa per le fontane e per i servizi privati, le tubazioni di cemento non avrebbero dato buon risultato.

Si sta ora studiando l'impiego di tubi di « eternit » in vista della difficoltà nel momento attuale di avere tubi metallici. Questi tubi di « eternit » possono essere forati e avvitati quasi come i tubi di ghisa e in generale promettono molto bene e potrebbero essere un utilissimo succedaneo dei tubi metallici.

Le condotte di distribuzione urbana sono regolate in modo da poter provvedere almeno 30 litri d'acqua per abitante e per giorno nei centri con meno di 10,000 abitanti, 40 litri nei Comuni aventi da 10,000 a 20,000 abitanti e 50 per i Comuni più grandi e litri 50 per le città di Bari, Foggia, Lecce, Barletta e Taranto.

Là dove l'acqua deve essere invece elevata con mezzi meccanici, e talora fino di m. 300 circa all'origine, allora la provvista è ridotta a 30 litri per persona nei Comuni di oltre 10,000 e 40 litri per quelli al di sotto.

Però in realtà le condotte di diramazione sono capaci di una portata notevolmente maggiore, non solo perchè fu aumentata molto la dotazione della maggior parte dei centri abitati, ma perchè fu per tutte le distribuzioni urbane tenuto conto delle ore di massimo consumo con un coefficiente che per talune città raggiunge 2,500 per cui, occorrendo, nell'avvenire, si potrà fornire acqua ad una popolazione molto più numerosa dell'attuale, senza variare le condutture.

La tariffa per usi pubblici, varia da un massimo di 13 centesimi a metro cubo per i primi 30 anni, a 12 centesimi per i successivi 30 anni, e per usi privati da un massimo di 13 centesimi ad un minimo di 10 centesimi a mc.

Per usi industriali ed agricoli l'acqua può essere distribuita

solo compatibilmente con le necessità dell' igiene ed il suo prezzo varia da cent. 12 a 8 al metro cubo in proporzione inversa del consumo.

La misurazione agli utenti viene fatta per mezzo di contatori rotativi di vari sistemi a seconda della loro portata.

V. — Notizie varie.

Resistenza alle scosse sismiche. — Prima di concludere questa rapida rivista delle opere dell'Acquedotto Pugliese rimane ancora un punto oscuro sulla loro sorte avvenire, che molti non osano esaminare, ma che invece è dovere di riconoscere conagiosamente, perchè riguarda la parte giocante in regioni soggette a movimenti sismici. In tali condizioni resisterà a lungo quest'opera così importante?

A giudicare dall'esperienza degli ultimi terremoti che hanno scosso l'Italia si può dare senza esitazione una risposta tranquillante. L'esperienza dei vari terremoti, alcuni violentissimi, che si succedettero dal 1905 ad oggi dimostra che tutte le opere ferroviarie e stradali incassate nel terreno e specialmente le gallerie rimasero intatte da danni. Caddeero stazioni, caddeero caselli ferroviari, caddeero parapetti di ponti, ma nessuna galleria ebbe danni apprezzabili.

La stessa immunità possiamo sperare per l'Acquedotto, il quale è incassato nel terreno almeno da 2 a 3 metri e le cui opere più vitali, le gallerie, sono a grandi profondità entro le viscere della montagna. E se consideriamo che la galleria del Fucino fatta aprire dal Torlonia in condizioni tecniche identiche, ma sismiche molto più gravi — perchè si trova proprio nella zona maggiormente danneggiata dal terremoto della Marsica — e tutte le gallerie della Tivoli-Salerno nulla hanno sofferto: e che la galleria millenaria, la quale serve d'embarco al lago di Albano — costruita 197 anni avanti Cristo — si è mantenuta efficace fino a noi, malgrado che i Colli Laziali siano eminentemente soggetti a scosse sismiche, possiamo rimanere tranquilli per la parte vitale dell'opera tra capo Sole e la Murge: il resto è costituito da cunicoli o da condutture facilissime a riparare in pochi giorni ed in ogni evenienza.

Ultimazione dei lavori. — L'acqua arrivò a Bari fino dall'apello del 1913, a Taranto nel 1916 ed a Brindisi nel 1918; di più 31 altri Comuni, alcuni dei quali importantissimi come Andria, Barletta, Grotto del Colle sono pure serviti dall'Acquedotto la cui linea benefica è distribuita a circa un milione di abitanti.

L'opera grandiosa però non è ancora ultimata. Vi sono tuttavia molte centinaia di chilometri di tubulature per le diramazioni primarie e per le reti urbane da mettere in opera, ma ciò che rimane, è lavoro ben facile — potrebbe dirsi di ordinaria manutenzione — in confronto all'opera titanica felicemente compiuta fra Caposile e le Murge.

Occorrerà ancora grandissima diligenza di lavoro e spesa notevolissima, specialmente dopo l'adizione delle 8 ore di lavoro e coi conseguenti riacari di tutti i materiali, ma vere difficoltà tecniche non ne esistono più. E' quindi questione di tempo e di spesa per finire ciò che resta del lavoro.

E con questo augurio sarebbe finita la descrizione dell'opera idraulica più importante finora eseguita dalla Terra Italia. Ma non saranno fuori di luogo ancora alcune notizie.

Come fu appaltato il lavoro. — La somma prevista per l'esecuzione dei lavori stimata in circa 180 milioni di lire superava quella di 125 milioni che il Parlamento aveva autorizzato; mentre d'altra parte sarebbe stato opportuno accordare una concessione che interessasse la Ditta assuntoria ad eseguire bene e presto il lavoro, come fu fatto per una concessione simile data dal compianto ministro Gerada, per la prima volta in Italia, nel 1898 quando affidò la « *costruzione di infrastrutture ed esercizio* » dei grandi bacini di carenaggio del porto di Genova alla Ditta Zscholcke e Terrier. Tale metodo di appalto riuscì ottimo per il Governo perchè non spese un centesimo di più di quanto si era proposto ed ebbe un lavoro perfetto, essendo la Ditta Concessionaria, che doveva esercitare i bacini per 35 anni e consegnarli in buone condizioni di esercizio, interessata essa stessa a fare un ottimo lavoro.

Nel caso attuale fu accordata alla Ditta Concessionaria una somma di lire centoventicinque milioni di cui quattro quinti dallo Stato ed un quinto dal Consorzio delle tre provincie di Foggia, Bari e Lecce, nonché l'esercizio dell'Acquedotto per 99 anni, salvo la facoltà di riscattarlo alla fine dei primi 30 anni,

E di questa facoltà lo Stato si è già valso per ragioni di indole varia e dal 15 Aprile 1919 esso ha assunto a suo carico tutte le opere eseguite e quelle ancora da completare.

In questo modo senza eccessivo carico per l'Esercito e mettendo la Ditta Concessionaria nella necessità, pel suo proprio interesse, di fare un ottimo lavoro e di eseguirlo nel tempo minimo possibile, onde poter presto cominciare a vendere l'acqua, si risolse in modo pratico ed equo questo difficilissimo problema di dare acqua potabile alla regione d'Italia, che più ne difetta e coll'acqua portarvi la salute ed il benessere. Di più tutte le difficoltà con la Ditta furono risolte di comune accordo.

Gli artefici dell'Acquedotto. — E, dopo la descrizione dell'opera grandiosa, meritano tode i valenti suoi artefici.

L'idea primitiva di usare le acque di Capo Selo per alimentare la Puglia, come fu accennato, occorre ad un modesto funzionario del Genio Civile il Sig. Rosalba: poi l'Ing. Zampari del Reale Corpo delle Miniere, ne propagnò per anni la situazione, assieme all'ing. De Vincenzitis, che preparò il primo progetto concreto dell'acquedotto, con criteri però ben più modesti di quelli poi adottati, essendosi limitato ad alimentare solo una parte della Puglia.

Decisa dal Governo la costruzione dell'acquedotto per tutta la zona pugliese, ne fu affidato lo studio a quella mente eletta che fu il compianto Ispettore Magagnoli, poi elevato alla carica di Presidente del Consiglio superiore dei LL. PP. confermato dall'Ispettore Bruno. Il progetto venne successivamente modificato e perfezionato notevolmente dall'Ingegnere Capo Maglietta del Genio Civile, ora Ispettore, che ne diresse con vero intelletto d'amore lo svolgimento successivo.

I lavori furono licitati in base a concorso internazionale, cui furono invitate le più rinomate imprese costruttrici, e assenti dalla Ditta Bombini di Genova, che provide direttamente alla loro esecuzione, sotto la direzione dapprima dell'Ingegnere Brandan, l'antico costruttore della Galleria del Sempione, che però viste le enormi difficoltà della grande Galleria dell'Appennino traverso terreni argillosi, pesanti, rinunciò presto all'arduo compito. Gli succedette l'Ing. Gianfranceschi che continuò i lavori iniziati, i quali però non entrarono in pieno sviluppo che sotto la direzione dell'Ing. Bazzocchi, il quale dovette superare

difficoltà tecniche ed economiche così gravi, da far quasi disperare della possibilità di superarle. Tuttavia furono superate grazie alla tenacità, veramente ligure del Senatore Bonarroti, capo della ditta Concessionaria, e grazie alle buone disposizioni degli Enti governativi che facilitarono le iniziative dei costruttori.

Cooperarono il Direttore, durante questi momenti difficili, l'Ing. Muzzani e l'Ing. Maccoombe rispettivamente direttori delle due gallerie più difficili, quella dell'Appennino e quella delle Murge; l'Ing. Maselli, Capo dell'ufficio tecnico per le opere idrauliche, l'Ingegnier Friscola per quelle in cemento armato; l'Ingegnier Casale per le distribuzioni Urbane, oltre a numerosi ingegneri e aiutanti distribuiti sui vari Cantieri.

E prestarono altresì l'opera loro di Consulenti, o di vigilanza altri ottissimi Ingegneri dal Professore Guidi per lo studio dei problemi relativi alla grandi tubulature in cemento armato; dall'Ing. Ravà, il valente Magistrato delle acque che salvò l'acquedotto dall'abbandono in un momento nel quale si stava per disperare della possibilità di superare certe difficoltà (1), agli Ingegneri Colletta, Botto, Perilli, Arimondi, Sassi, Onodas, Saffi e tanti altri, che impiegarono e controllarono per conto del Governo la buona esecuzione delle opere.

Appartengono tutti al Genio Civile o alle nostre Società di Ingegneri coloro che furono gli ideatori, gli artefici, o i collaboratori dell'opera titanica tanto agognata dalle Puglie, ed ora compiuta felicemente nella sua parte più vitale e più difficile.

Il resto del lavoro, che comprende il grande sfogo del Laccese e le diramazioni ai centri minori nonché le reti di distribuzione urbana, richiederanno ancora tempo, e soprattutto spesa non piccola, trattandosi in buona parte di condutture metalliche: però non sono più lavori che offrano difficoltà speciali.

E noi tutti dobbiamo essere orgogliosi di quest'opera di interesse nazionale, perchè essa è interamente italiana — progetto, capitali, esecuzione e materiali. — E merita specialmente insistere sul fatto che l'ingentissimo capitale occorso — e che prima

(1) E' degna di ricordo una frase del Cav. Ravà quando furono ultimate le gallerie principali che in un momento doloroso per l'acquedotto pareva impossibile di riuscire a completare. « L'arresto dei lavori dell'Acquedotto Pugliese sarebbe stato il Giffante del Taccuino Italiano: l'attuazione delle grandi Gallerie ne fa invece la gloria ».

della guerra pareva enorme — è capitale tutto italiano, raccolto in mezzo a difficoltà d'ogni genere dal venerando Senatore Bombini, che con tenacia di ligure, dopo aver contribuito da giovane alla redenzione politica della Patria, e nell'età media alla redenzione industriale, volle servirla anche nell'età avanzata con quest'opera di redenzione civile ed igienica.

Conclusione. — È per finire sia lecito asserire da chi ebbe la sorte di visitare e studiare i più famosi acquedotti del mondo; da quelli di Liverpool, di Glasgow e di Vienna, a quelli così importanti di Catskill che alimenta New York e di Coolgardie che fornisce l'acqua alle regioni aurifere dell'Australia occidentale; che quest'opera ancora troppo poco nota e che fa tanto onore all'ingegneria italiana apparisce di gran lunga più difficile e più grandiosa di quelle ora menzionate.

È non appena vana fantasia né eccesso di zelo patriottico l'affermare che fra Capo Sele e lo sbocco della Galleria della Moaga sta scritta una delle pagine più gloriose — e ancora così poco nota — dell'Ingegneria della Terra Italia.

Prof. Dott. Ing. LUIGI LUIGGI.

*Professore di costruzioni idrauliche nel R. Politecnico di Roma
allora Presidente della Società degli Ingegneri e Architetti Italiani.*

