



MICHELE MOSSA

**UNA BREVE STORIA
DEGLI ACQUEDOTTI E DELLE FORMULE
DI PROGETTAZIONE DEI CONDOTTI**

Mario Adda Editore

Estratto dal volume
L'Acquedotto Pugliese
prima...

© Copyright 2014
Mario Adda Editore

ISBN 9788867175291

© Copyright 2020

Mario Adda Editore
via Tanzi, 59 - Bari
Tel. e fax +39 080 5539502
www.addaeditore.it
addaeditore@addaeditore.it
Tutti i diritti riservati.

Progetto grafico e impaginazione
Vincenzo Valerio



1 - INTRODUZIONE

“Se ho visto più lontano è perché stavo sulle spalle di giganti”

Isaac Newton era solito rispondere in questo modo a chi gli chiedesse come fosse riuscito ad ottenere i suoi brillanti traguardi nella fisica: “*Se ho visto più lontano è perché stavo sulle spalle di giganti*”. Se Newton ha riconosciuto il suo debito nei confronti di chi lo aveva preceduto, certamente anche noi dobbiamo dare il giusto riconoscimento al lavoro dei ricercatori, che condussero le prime indagini sperimentali sulle correnti nei condotti, e degli ingegneri, che provvidero alle progettazioni pionieristiche degli acquedotti.

Ma chi sono questi giganti e perché è importante che si abbia un’adeguata conoscenza della storia della ricerca nel campo della meccanica dei fluidi e della professione dell’ingegneria civile? Le ragioni sono molteplici, ma la ragione principale è che un corretto studio dell’idraulica, con le leggi attualmente note, non può prescindere dalla conoscenza degli studiosi e dei progetti che hanno trasformato l’ingegneria da un’arte, spesso avente l’empirismo come sua unica dottrina, a una scienza nel corso dei secoli. Solo conoscendo il passato si potranno meglio apprezzare i contributi di coloro le cui formule di progetto oggi utilizziamo.

Contenuti

La storia qui presentata, che dovrà necessariamente essere breve rispetto all’immensità della storia della meccanica dei fluidi, in generale, e

degli acquedotti, in particolare, è suddivisa in sei paragrafi. Il primo è dedicato alle antiche indagini ed applicazioni sulle correnti. Segue un paragrafo dedicato ad una breve storia degli acquedotti romani, ancora oggi oggetto di tanta ammirazione. È da sottolineare che, col declino dell’Impero Romano, l’amministrazione necessaria per lo sviluppo e la manutenzione di tali sistemi idrici andò perduta. Doveva passare molto tempo prima che quel tipo di soluzione che al problema avevano dato i Romani potesse essere nuovamente ripreso e applicato. A tali aspetti sono dedicati tre paragrafi, relativi, rispettivamente, alla storia delle correnti dal Medioevo fino al XVII secolo, dal XVIII al XIX secolo e ai più recenti sviluppi e studi, alcuni dei quali ancora in atto in importanti università note a livello internazionale. In particolare, la storia degli acquedotti e delle formule alla base dei progetti delle condotte acquedottistiche fa riferimento a dati bibliografici ottenuti da una vasta letteratura, tra cui si ricordano i lavori di Rouse e Ince (1957), Rouse (1976), Pulci Doria (1980), Yen (1992), Griggs (1996), Wikander (2000), Wilson (2001), Brown et al. (2003), Viollet (2006) e Mays et al. (2007). I vari riferimenti riportati in bibliografia consentiranno al lettore interessato di poter approfondire alcune tematiche qui trattate.

Infine, allacciandosi alla storia presentata in precedenza, l’ultimo paragrafo approfondisce il caso particolare dell’acquedotto pugliese, opera impressionante oggi e ancor di più quando venne realizzata, oggetto di analisi e confronti a livello internazionale per le dimensioni e arditezza delle soluzioni ingegneristiche adottate.

2 - PRIME INDAGINI ED APPLICAZIONI SULLE CORRENTI

Gli Egizi e i popoli della Mesopotamia

Circa 6000-7000 anni fa, i villaggi agricoli del Vicino Oriente e del Medio Oriente stavano diventando dei veri centri urbani. Durante il Neolitico (circa 5700-2800 a.C.) i primi sforzi coronati da successo per controllare il deflusso delle acque furono dettati dai bisogni agricoli (irrigazione) in Mesopotamia e in Egitto (Butzer, 1976; Fahlbusch, 1996). Essendo uno dei fiumi con un comportamento ciclico tra i più regolari al mondo, le inondazioni del Nilo erano raramente improvvise e brusche, in contrasto con le piene del Tigri e dell'Eufrate (Butler, 1960). Tra l'altro le inondazioni di questi due ultimi fiumi avvenivano ad aprile o a maggio, ossia troppo presto per la semina di autunno, perché poi le estati erano troppo calde. Di conseguenza gli antichi popoli della Mesopotamia avevano l'esigenza di costruire i canali per deviare l'acqua dai fiumi e per sviluppare la loro agricoltura. È probabile che le prime deviazioni su larga scala dell'acqua dei fiumi da parte dell'uomo nasca proprio nell'antica Mesopotamia. Altre tecnologie idrauliche della Mesopotamia furono piccole gallerie d'acqua, sistemi di prelievo dell'acqua basati sull'uso di cavalli o asini e almeno un grande diga di derivazione dell'acqua per uso agricolo. La diga di Nimrud fu costruita sul fiume Tigri a circa 180 km a monte di Bagdad. L'acqua del fiume venne deviata attraverso il Canale di Nahrawan per irrigare una zona che si estendeva oltre 100 km dall'attuale città di Baquba.

L'irrigazione con bacini artificiali, utilizzata in Egitto durante la prima dinastia (circa 3100 a.C.) pre-

vedeva le inondazioni e il drenaggio dei campi con l'utilizzo di paratoie e il contenimento del deflusso dell'acqua attraverso argini trasversali e longitudinali alla corrente (si veda Mays, 2008).

I Persiani e i qanat

Il *qanat* è un sistema di raccolta e convogliamento delle acque sotterranee sviluppato in Persia; il termine è di origine semitica e significa "scavare" (Javan et al., 2006). I *qanat* sono costituiti da una serie di cunicoli verticali simili a pozzi, collegati da



Figura 2.1.
Canale di drenaggio a Cnosso.



lo sviluppo civile. È però altrettanto certo che gli ingegneri romani migliorano molto la tecnologia dell'approvvigionamento idrico.

Si ricorda che certamente il sistema di approvvigionamento di Roma fu unico in quel tempo per le dimensioni, ma, tuttavia, su scala minore, il medesimo servizio pubblico fu fornito a molte città in tutto l'impero.

Da un punto di vista tecnico vanno evidenziate due importanti innovazioni romane, rappresentate dalla costruzione di archi e dallo sviluppo del calcestruzzo a presa rapida, anche in presenza di acqua,

di cui si decantano le caratteristiche di resistenza e impermeabilità.

Le lunghe e imponenti arcate costruite per sollevare gli acquedotti nel superamento di tratti di terreno piani e depressi sono ancora oggi visibili nella campagna romana, ma anche nell'Africa

Figura 3.8.
Acquedotto di los Milagros, Mérida, Spagna.

4 - LO STUDIO DELLE CORRENTI DAL MEDIOEVO AL XVII SECOLO

Leonardo da Vinci

Leonardo da Vinci (Vinci, 1452 – Amboise, 1519) studiò, tra l'altro, le correnti nei canali, scrivendo un trattato sull'argomento (si veda Leonardo da Vinci, 1924), Ancorché commise diversi errori, come le nostre conoscenze attuali hanno rilevato, le sue osservazioni sulla portata nei canali furono notevolmente accurate. Per esempio, Leonardo aveva ben compreso i concetti della resistenza del fondo di un alveo e le sue ripercussioni sulla distribuzione della velocità in funzione della profondità. Aveva anche una comprensione di ciò che oggi è chiamata equazione di continuità: *“Il fiume dà transito in ogni parte della sua lunghezza con egual tempo a egual quantità d'acque, essendo esso fiume di qualunque varietà si sia o per larghezza, o per profondità; ed è manifesta per la passata.”* Si ricorda che nel 1482 Leonardo da Vinci, giunto a Milano, fu incaricato da Ludovico il Moro di studiare un sistema per permettere la navigazione dal lago di Como fino a Milano.

In generale, durante il Medioevo, a partire dal XII secolo vengono costruiti grandi canali irrigui e di navigazione. Si diffonde l'uso di ruote idrauliche, utilizzate anche per il sollevamento delle acque, come le norie. Nel XVII secolo si costruiscono le prime pompe a stantuffo. Le invenzioni di quel periodo sono alla base della rivoluzione industriale del XVIII secolo. Per alcuni dettagli sui ricercatori e ingegneri idraulici si veda Hager (2003).

Galileo Galilei

Successivamente la meccanica dei fluidi ebbe un ulteriore sviluppo col contributo di Galileo Galilei (Pisa, 1564 – Arcetri, 1642), che introdusse il

cosiddetto metodo scientifico. Galileo non indugiò ad andare contro le idee consolidate e tipiche del suo tempo, quando le sue opinioni risultavano conformi all'osservazione sperimentale (Galilei, 1638). Ai fini della riproducibilità della sperimentazione e delle relative misure al variare del tempo e dei laboratori, Galileo dovette stabilire le unità standard delle grandezze lunghezza e tempo. Tutto ciò fornì una base affidabile su cui confermare le leggi matematiche utilizzando il ragionamento induttivo. Galileo osservò che nel metodo scientifico sono necessari due elementi: 1) esperienza e 2) dimostrazione.

Benedetto Castelli

Altri sviluppi della meccanica dei fluidi successivi al periodo di Galileo si ebbero grazie ai contributi



Figura 4.1.
Benedetto Castelli.

7 - IL CASO DELL'ACQUEDOTTO PUGLIESE

Necessità dell'acquedotto pugliese e cenni storici

Nell'anno dell'apertura all'esercizio, ossia il 1915, l'acquedotto pugliese aveva le caratteristiche riportate in tabella 7.1, in cui vengono mostrati gli analoghi dati riferiti ad altri tre più famosi acquedotti del periodo.

È il caso di dare delle informazioni, ancorché in breve, sulla necessità della costruzione dell'acquedotto e alcuni cenni storici sullo stesso. La Puglia, come è noto, è una regione con scarsa piovosità, con un valore totale medio annuo variabile tra 400 mm e 600 mm. Tra l'altro il periodo piovoso è limitato alle stagioni fredde, mentre durante l'estate le piogge sono molto ridotte e tipicamente intense.

A rendere anche più grave l'aridità della regione contribuiscono la formazione e la natura geologica del terreno, costituito prevalentemente da calcari fortemente fratturati che si elevano, a modo di terrazzi successivi, dal livello del mare fino ai piedi della catena dell'Appennino Lucano, a circa 300-350 m. Proprio per questa conformazione a displuvio verso

il mare, le piogge intense scorrono con grande facilità verso il Mare Adriatico o tendono a penetrare nel sottosuolo alimentando la falda. Conseguenza di questa particolare situazione è l'assenza in Puglia di sorgenti superficiali degni di menzione. È noto, per esempio, che nel barese i solchi dei torrenti, conosciuti localmente come "*lame*" (Mossa, 2007) sono spesso senz'acqua per raggiungere condizioni di piena quasi improvvise con gravi danni alle zone limitrofe (si pensi alle alluvioni storiche della città di Bari). Questa penuria di acqua di tutta la regione pugliese le ha meritato lo storico nome di "*sitibonda Puglia*". La popolazione, con particolare vocazione agricola almeno fino al XIX secolo e all'inizio del XX, doveva provvedere alla raccolta dell'acqua piovana in apposite cisterne sia per usi domestici che per il bestiame, con limitazioni per il consumo potabile e per la produzione agricola.

Da questa breve analisi si comprende la forte esigenza di un acquedotto a servizio della regione pugliese, che, tuttavia, presentava diversi problemi. Innanzitutto lungo il versante adriatico dell'Appen-

Tabella 7.1.

Principali caratteristiche dell'Acquedotto Pugliese nel 1915 in confronto con i principali acquedotti del tempo.

Nome dell'acquedotto	Catskill New York	Los Angeles California	Coolgardie W. Australia	Acquedotto pugliese
Lunghezza [km]	144	378	564	1598
Portata [m ³ /s]	26,8	11,0	0,3	5,5
Diametro dei sifoni o della condotta [m]	2,77	1,80	0,76	1,70
Alimentazione acquedotto	Serbatoio di Kensigo – Olive Bridge	Sorgente	Serbatoio di Mundaring	Sorgente di Caposele
Anno di apertura all'esercizio	1914	1913	1913	1915



Figura 7.2.
Caposele (AV). Le sorgenti della Sanità allo stato bruto, con
inizio dei lavori di captazione, 1906 ca.



INDICE

1 – Introduzione	5
2 – Prime indagini ed applicazioni sulle correnti	7
3 – Alcuni cenni sugli acquedotti romani	15
4 – Lo studio delle correnti dal Medioevo al XVII secolo	27
5 – Lo studio delle correnti dal XVIII al XIX secolo	29
6 – Alcune osservazioni sulle formule delle correnti del XVIII e XIX secolo e cenni sugli sviluppi successivi	45
7 – Il caso dell’acquedotto pugliese	57
8 – Conclusioni	83
9 – Bibliografia	85