

GLI ACQUEDOTTI ROMANI

G. Temporelli

Abstract: i Romani realizzarono i più complessi ed imponenti sistemi acquedottistici che la storia ricordi. Grazie ad un'ampia scelta di tecnologie e materiali gli architetti e gli ingegneri dell'epoca affrontavano le asperità che i vari territori presentavano; gli acquedotti venivano così realizzati in sotterranea oppure in superficie, gli avvallamenti superati con ponti canale o con sifoni e le tubazioni realizzate in pietra oppure in metallo. In tutti i territori che fecero parte dell'Impero Romano sono ancora oggi presenti tracce più o meno significative di tali manufatti.

Abstract: the Romans built the most complex and huge municipal water systems that history can remember. Thanks to a wide choice of technologies and materials, the architects and engineers of those times faced the roughness of the various grounds, aqueducts were thus built either underground or on the surface, the depressions were crossed by canal bridges or by siphons and the pipings built with stone or metal. In all the lands that were part of the Roman Empire still today there are more or less significant traces of such constructions.

1 Introduzione

Nelle ultime migliaia di anni l'uomo è stato artefice di opere notevoli, alcune delle quali destinate al controllo ed al trasporto delle acque. Ogni civiltà ha lasciato delle tracce del proprio passaggio e quella romana ne ha lasciate parecchie, sparse in tutti i territori appartenenti all'Impero. Le città romane erano costruite "a griglia", con strade che si intrecciavano ortogonalmente secondo cardini e decumani, e venivano generalmente dotate di un anfiteatro per gli spettacoli e di un acquedotto per l'approvvigionamento idrico di bagni, terme e fontane, ma anche di case private. Molti di questi manufatti sono sopravvissuti alle successive epoche medioevali e rinascimentali, alle battaglie, alle distruzioni ed all'usura naturale imposta dal trascorrere dei secoli, per giungere fino a noi a testimoniare la grandezza di alcune di queste opere. Oltre all'apporto dato dagli scritti di illustri studiosi quali Frontino, Vitruvio e Plinio, è proprio grazie allo studio di tali reperti che è stato possibile comprendere meglio il livello delle conoscenze dell'epoca: teorie e tecniche, strumentazioni e materiali disponibili.

2 Captazione e trasporto delle acque

I Romani prestavano una particolare attenzione alla qualità dell'acqua destinata all'uso civile e, per cercare le fonti più appropriate, erano disposti ad allontanarsi anche parecchie decine di chilometri dal punto di utilizzo: L'acqua veniva scelta in conseguenza di molti fattori come la posizione delle sorgenti, il sapore e la temperatura.

Il sistema acquedottistico era a gravità, caratterizzato da un flusso dell'acqua che scorreva con portata abbastanza costante durante l'arco dell'anno. Tenuto conto del tempo relativamente limitato di permanenza dell'acqua nelle condotte, dell'aerazione naturale durante l'adduzione e della salubrità dei punti di approvvigionamento prescelti, vi è ragione di ritenere che le caratteristiche generali fossero alquanto soddisfacenti, anche secondo l'odierno metro di misura. Infatti, malgrado le tubazioni di distribuzione fossero spesso di piombo, le incrostazioni presenti ed il basso tempo di permanenza dell'acqua fanno ritenere che l'assunzione di questo metallo per via idrica fosse trascurabile; d'altra parte patologie ad esso correlate erano state riscontrate dallo stesso Frontino, ma solo relativamente agli operai che operavano nella costruzione e messa in opera delle tubazioni.

Gran parte del tragitto veniva effettuato in sotterranea, inizialmente in canali scavati direttamente nella roccia tufacea, poi in condotti adeguatamente protetti dall'ambiente esterno. La realizzazione di

canali con adeguata sezione ed inclinazione era di fondamentale importanza per evitare un'eccessiva velocità delle acque ed una conseguente erosione delle pareti interne di contenimento dello speco.

La determinazione del tracciato veniva effettuata con grande precisione da personale esperto, tecnici in grado di utilizzare strumenti quali il *chorobates*¹ e la *dioptra*². Si stabiliva l'inclinazione sulla base delle esigenze topografiche ed idrauliche; in questo modo la pendenza variava da acquedotto ad acquedotto, ma anche localmente: infatti, se molti sono i percorsi con pendenza media valutata intorno al 2‰, alcuni presentavano valori decisamente più bassi³, mentre altri assai elevati, soprattutto nei tratti in prossimità degli avvallamenti superati con sifoni.

A seconda della conformazione del territorio il condotto alternava passaggi sotterranei con tratti in superficie e, durante il lungo percorso che la conduceva dal punto di captazione all'arrivo in città, l'acqua era sottoposta a diversi controlli e rudimentali affinamenti delle proprie caratteristiche. Numerose erano le cisterne, i centri di smistamento e le vasche di decantazione, le cosiddette piscine limarie, che consentivano all'acqua di rallentare notevolmente il proprio flusso, permettendo così al materiale in sospensione di depositarsi.

A seconda delle caratteristiche dell'acqua potevano formarsi nel condotto delle incrostazioni calcaree tali da richiedere una manutenzione ordinaria, onde evitare l'occlusione dello stesso.

3 Il superamento delle valli: ponti canale e sifoni

In prossimità di una valle il condotto poteva seguire il fianco della montagna, oppure superarla utilizzando una delle due seguenti possibilità: ponti canale oppure ponti sifoni. La scelta veniva effettuata volta per volta, apparentemente senza una regola precisa; ponti canale vennero infatti adoperati per superare sia valli strette e profonde (es. Pont d'Ael - Cogne) sia molto ampie (es. Pont du Gard - Francia; Segovia - Spagna). Il condotto veniva posizionato sopra ad imponenti arcuazioni, per oltrepassare larghi avvallamenti, ma anche per percorrere i terreni pianeggianti che si incontravano in prossimità delle città (figura 1).



Figura 1: Resti dell'acquedotto Claudio presso il Parco degli Acquedotti a Roma (Fonte: archivio Temporelli)

Importante era infatti consentire il regolare deflusso idrico a pendenza il più possibile costante e nello stesso tempo mantenere una quota sufficientemente sopraelevata: tanto più l'acqua viaggiava in alto e tanto maggiore era il numero dei quartieri che poteva raggiungere.

¹ Tavola di legno lunga circa sei metri munita di mirino, due fili a piombo pendenti su altrettante scale graduate ed una feritoia centrale per testare in diretta la movimentazione del flusso.

² Livella molto sofisticata con la quale venivano apprezzate le angolazioni rispetto sia alla direzione sia all'inclinazione

³ L'Acquedotto Vergine aveva una pendenza media inferiore allo 0,20‰ e quello di Nîmes circa 0,25‰

I ponti canale, a seconda dell'altezza a cui si intendeva far scorrere lo speco, potevano essere costruiti con più ordini di arcate (figura 2); tuttavia è plausibile pensare che i Romani rifiutassero l'utilizzo di questa tecnica, per possibili problemi di stabilità, quando la profondità della valle superava i 50 metri. Si optava in questi casi per i ponti sifone⁴.



Figura 2: L'imponente Pont du Gard dell'acquedotto romano di Nîmes, il più alto mai costruito (Fonte: archivio Temporelli)

Il sifone presentava maggiori difficoltà dal punto di vista idraulico per almeno due motivi: il passaggio dal canale aperto alla condotta forzata e la pressione a cui erano sottoposte le tubazioni.

Particolare attenzione veniva fatta per scongiurare la presenza di aria nella condotta forzata, la quale poteva creare dei problemi alla continuità. A tal proposito ricordiamo che alcuni blocchi della conduttura in pietra dei sifoni di Aspendos e Laodicea presentavano una foratura tale da permettere sia lo sfianto dell'aria sia l'eventuale immissione di un disincrostante (probabilmente aceto caldo) per la pulizia del condotto stesso (Caruso, 2000).

In prossimità dell'avvallamento l'acqua proveniente dal canale a pelo libero veniva convogliata in una vasca di carico dalla quale partiva la tubazione che scendeva lungo il crinale per risalire dalla parte opposta, ad una quota sensibilmente minore a causa delle perdite di carico. Nella parte più bassa la tubazione veniva sopraelevata rispetto al terreno e sorretta da una struttura ad arco che correva lungo tutta la valle. Le tubature dei sifoni costruite in piombo venivano sigillate con mastice per saldatura; tuttavia, siccome alcuni di questi manufatti furono realizzati per il superamento di valli molto ampie e profonde, le pressioni in gioco erano notevoli ed in grado di generare difettosità nei punti di giunzione. Il problema della pressione e del cedimento dei tubi venne in pratica affrontato utilizzando più tubi di piccolo diametro (generalmente una decina) anziché uno soltanto di grande sezione; tale soluzione era stata applicata nei sifoni dell'acquedotto romano di Lione, come testimoniano i reperti ancora oggi visibili in zona (figura 3). Alcuni sifoni, soprattutto quelli costruiti nelle zone dove il piombo era difficilmente reperibile oppure quelli progettati per resistere a pressioni molto elevate, utilizzavano tubi in pietra, realizzati con configurazione maschio-femmina, incastrati tra loro e sigillati con una malta "autoconservativa", così detta perché a contatto con l'acqua era in grado di aumentare il suo volume, migliorando l'impermeabilità dei giunti stessi (Caruso, 2000). Mentre le opere in muratura sono sopravvissute al trascorrere dei secoli, delle tubazioni in piombo che ne facevano parte non è rimasta praticamente traccia; il metallo venne infatti totalmente riutilizzato nelle epoche successive per i più svariati impieghi tecnologici e militari.

⁴ Chiamati anche "sifoni invertiti" a causa della loro concavità verso il basso



Figura 3: Resti della vasca di carico del sifone utilizzato nell'acquedotto romano di Gier – Lione; ben visibili i fori dai quali partivano i nove tubi di piombo per superare la valle Durèze, ampia oltre 700 metri e profonda quasi 80 metri (Fonte: archivio Dr. Fahlbusch H.)

In tabella 1 si riportano le principali caratteristiche dimensionali di alcuni importanti ponti-acquedotto romani.

Tabella 1: Caratteristiche dimensionali di alcuni ponti canale e sifoni costruiti in epoca romana

Località	Ponte	Dimensioni
Acquedotto di Nîmes Francia	Ponte canale sul Gard	H = 48 m; L = 262 m
Acquedotto di Pergamo Turchia	Ponte canale sul Karkasos	H = 40 m; L = 550 m
Acquedotto di Segovia Spagna	Ponte canale del Diavolo	H = 31 m; L = 818 m
Acquedotto di Side- Turchia	Ponte canale di Akçay	H = 18,5 m; L = 390 m
Acquedotto di Lione Brevenne-Ecully/Tassin-Francia	Ponte sifone con tubi in piombo	H = 90 m; L = 3500 m
Acquedotto di Lione Gier/Yzeron-Francia	Ponte sifone con tubi in piombo	H = 122 m; L = 2660 m
Acquedotto di Aspendos Turchia	Ponte con doppio sifone e tubi in pietra	H = 45 m; L = 1670 m
Acquedotto di Pergamo-Madradag Turchia	Ponte sifone con forma irregolare a W e tubi in pietra	H = 190 m; L = 3250 m

4 Il sistema di smistamento e distribuzione

Dal castello principale (figura 4) partivano rami secondari che andavano ad alimentare altri castelli più piccoli, oppure centri termali, fontane, o direttamente alcune utenze private. Questi centri di smistamento venivano posti sotto sorveglianza in quanto, essendo potenzialmente soggetti a manomissioni per captazioni abusive, erano considerati punti particolarmente critici.



Figura 4: Resti del castello di distribuzione della città di Nîmes (Fonte: archivio Temporelli)

La complessa rete di condotte idriche che attraversava l'antica Roma, ma anche le città della penisola Italica e quelle edificate in tutto l'Impero, richiedeva una produzione su larga scala di tubazioni. Quelle di grosso diametro venivano costruite da vere e proprie fabbriche, mentre i tubi di diametro inferiore, le valvole, i manicotti e la raccorderia varia venivano prodotti direttamente da piccoli artigiani. Dal piombo fuso si creavano lastre che venivano piegate e saldate longitudinalmente per creare tubi, con diametri e lunghezze normalizzate (figura 5).



Figura 5: Tubo destinato alla distribuzione dell'acqua nell'antica città di Pompei (NA); da notare sulla parte superiore la colata di piombo utilizzata per saldare la lamiera ripiegata (Fonte: archivio Temporelli)

La larghezza della lastra determinava il diametro del tubo, mentre la lunghezza era standardizzata a 10 piedi, circa 3 metri, per consentire il trasporto sui carri. Il calibro più noto a Roma era la quinaria, ovvero il tubo con diametro da 5/4 di pollice, ma il sistema dei tubi quinari ne comprendeva in tutto 25 differenti, ognuno con una specifica capacità di erogazione.

Resti di acquedotti romani sono presenti a Roma, in Italia ed in tutti i territori appartenenti all'Impero: oltre centocinquanta imponenti opere, sparse in almeno venti Stati e tre continenti, sono diventate il simbolo di un'epoca nella quale l'idraulica applicata ha visto il massimo splendore.

Bibliografia

- Ashby T. (1991), *Gli acquedotti dell'antica Roma*, Edizioni Quasar, Roma.
- Cacciopoli B.A. (1995), *Terme e acque minerali dai Romani ai giorni nostri- le strutture termali di Castellammare di Stabia*, EIDOS Nicola Longobardi Editore, Napoli.
- Caruso M. (2000), *Condutture e acquedotti romani in Asia minore*, stampato in proprio, Catania.
- Di Capua F. (1940-XVIII) *L'idroterapia ai tempi dell'Impero Romano*, Istituto di Studi Romani – Editore, Roma.
- Drusiani R. (2002), *Metodi avanzati per il trattamento di potabilizzazione delle acque da adibire al consumo umano - evoluzione storica*, Atti del convegno *Metodi avanzati nella potabilizzazione delle acque*, Taormina, 4-7 novembre 2002.
- Fassitelli E. (2002), *Pipelines degli acquedotti di Roma antica*, 18° edizione - Petrolieri d'Italia, Milano.
- Frontino S.G. (1997), *Gli acquedotti di Roma*, Edizione ARGO (Lecce).
- Giovannoni G. (1999), *La tecnica della costruzione presso i romani*, Bardi Editore (copia anastatica dell'originale edizione S.E.A.I. del 1925) (Roma).
- Kessener P. (2000), "The aqueduct at Aspendos and its Inverted Siphon" *Journal Roman Archaeology*, 13: 105-132
- Loffi S.G. (2006), *Piccola storia dell'Idraulica*, libera traduzione ridotta ma integrata di *History of Hydraulics* di Hunter Rose e Simon Ince - pubblicazione elettronica www.consorziourrigazioni.it
- Maneglier H. (1994), *Storia dell'acqua*, Sugarco Edizioni, Milano.
- Mantelli F, Temporelli G. (2007), *L'acqua nella storia*, Franco Angeli Editore, Milano
- Morelli G. (2002), *Aqua: Storia dell'acqua*, stampato in proprio, Genova.
- Schiavo A. (1935), *Acquedotti romani e medioevali*, Francesco Giannini & Figli-Tipografi Editori, Napoli.
- Schram W., Passchier C. sito WEB www.romanaqueducts.info
- Staccioli R.A. (2002), *Acquedotti, terme e fontane di Roma antica*, Newton & Compton Editori, Roma.
- Vitruvio M. (1999), *I dieci libri dell'architettura*, Bardi Editore, Roma.
- Walski T. M. (2006), "A history of water distribution", *Journal AWWA* 98:3.

Curriculum vitae dell'autore

Giorgio Temporelli: fisico, presso la S.I.T.A. di Genova svolge attività di ricerca nell'ambito del trattamento delle acque primarie, con particolare interesse per gli sviluppi tecnologici riguardanti i sistemi di disinfezione UV. Attivo divulgatore scientifico è autore/coautore di svariati libri, ha pubblicato oltre 50 articoli tecnici e partecipa frequentemente, come relatore, a congressi nazionali ed internazionali del settore. Per maggiori informazioni riguardanti la sua attività di divulgazione e di consulenza visitare il sito www.giorgiotemporelli.it.