

Il modello idraulico e di qualità dell'acquedotto di Napoli da cartografia storica

Annalisa Agresta (*), Grazia Fattoruso (**), Massimiliano Fabbricino (*), Bruno Lanza (***),
Chiara Stammelluti (*), Saverio De Vito (**), Gianluca Sorgenti (****), Girolamo Di Francia (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale - via Claudio - Edificio C8 annalisa.agresta@unina.it

(**) UTTP/MDB – ENEA, Materiali e Dispositivi di Base (Gruppo iSense&Modeling) –

Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, P.le E. Fermi, 1 – 80055 Portici (NA),
tel. +39 0817723266, fax +39 0817723344.

(***) UTTP/CHIA – ENEA, CHIMica Ambientale – Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico
Sostenibile, P.le E. Fermi, 1 – 80055 Portici (NA).

(****) ABC Azienda speciale Acqua Bene Comune Napoli. Sede legale via Argine, 929 | 80147 - Napoli

Riassunto

Il notevole aumento, in termini di complessità e dimensione, delle tecniche per la gestione dei sistemi acquedottistici, ha portato i gestori di sistemi idrici ad investire gran parte delle proprie risorse nell'accrescimento del livello di conoscenza attuale dei sistemi idrici di propria competenza. Tale fase è stata accompagnata dallo sviluppo e/o dal potenziamento di sistemi software (Sistemi Informativi Territoriali SIT/GIS, *Supervisory Control And Data Acquisition System* SCADA, Sistemi di Supporto alle Decisioni DSS) in grado di gestire tutte le informazioni raccolte e della modellistica numerica volta a simulare il comportamento idraulico e la qualità delle acque. In quest'ambito si sviluppa il presente lavoro di ricerca che ha avuto come obiettivi la creazione del modello idraulico e successivamente del modello di qualità di un acquedotto storico quale il Serino. Il primo passo è stato la ricostruzione della storia dell'acquedotto attraverso il reperimento delle informazioni presso l'ente gestore e le biblioteche nazionali e internazionali, in particolare la bibliomediateca "A.Mellusi" di Benevento e "The New York public library" di New York. In seguito è stato elaborato il modello idraulico e poi il modello di qualità della rete in modo che schematizzasse nel modo più simile possibile alla realtà, l'effettiva complessità di funzionamento dell'opera.

Abstract

The stringent constraints placed nowadays on drinking water to provide high quality and increasing water resources scarcity, are recent issues that have spurred the water authorities to develop new monitoring and management methods. The proposed approach is the integration of monitoring and control systems (*Supervisory Control And Data Acquisition System* SCADA, *Geographic information system* GIS etc.) and numerical models for predict the water behavior in water systems. In this work was developed hydraulic model of the Serino aqueduct (Campania, Southern Italy), across intensive research on cartographic documents and historical. The geographic, cartographic and hydraulic information related to Serino were found at water authorities and national and international library (i.e. The New York public library). The hydraulic model lets simulate the behavior of the system in different conditions, therefore it is important instrument of control and management that can help the water authorities. Through it you can estimate the pressure value in any node of the network, locating water loss, simulate water quality and evaluate the hydraulic behavior in case of pipe service.

Introduzione

Le problematiche riguardanti la conservazione della qualità dell'acqua distribuita a uso potabile sono emerse con maggiore evidenza all'attenzione dell'opinione pubblica solo negli ultimi venti anni, a causa dell'insorgenza di casi di contaminazione susseguenti al cattivo stato di conservazione dei sistemi di distribuzione, al loro funzionamento irregolare, ed alla più frequente utilizzazione di acque di qualità sempre meno pregiata, o prelevate da fonti poco protette nei confronti di possibili inquinamenti antropici (d'Antonio et al., 2002). Tali problematiche, unite a quelle riguardanti la sempre maggiore richiesta di acqua e le perdite lungo le condotte, hanno portato alla necessità di migliorare i sistemi di gestione di infrastrutture idriche per garantire all'utente un'acqua di buona qualità (Fattoruso et al., 2014). Nasce così la necessità di integrare strumenti di supervisione e controllo (Sistemi Informativi Territoriali SIT/GIS, *Supervisory Control And Data Acquisition System* SCADA, Sistemi di Supporto alle Decisioni DSS) con la modellistica numerica per lo studio del funzionamento idraulico e di qualità delle acque. Primo passo per raggiungere tale obiettivo è la creazione di un modello idraulico digitalizzato che rispecchi il reale funzionamento di un acquedotto. In questa fase è fondamentale la conoscenza di tutta l'infrastruttura e delle sue opere d'arti al fine di permettere una modellazione dei fenomeni idraulici e qualitativi. Tuttavia, ad oggi, molti acquedotti, o almeno alcune loro parti, risalgono a epoche remote e le informazioni relative sono reperibili soltanto attraverso la consultazione di testi e cartografia storica, non sempre di facile rintracciabilità. In quest'ambito si colloca il presente lavoro di ricerca, che ha permesso la modellazione idraulica e di qualità delle acque del Serino, acquedotto realizzato in Campania per approvvigionare la città di Napoli, attraverso la raccolta di dati geografici idraulici morfologici reperiti da differenti fonti.

Il Serino

L'acquedotto del Serino è stato costruito nel 1885 e completato in soli quattro anni, allo scopo di trasferire a Napoli le portate idropotabili necessarie ad alimentare i suoi abitanti. Nel percorso che l'acquedotto compie, serve i comuni di tre province della Campania: Avellino, Benevento e Caserta. La città di Napoli è stata dotata di una rete idrica di distribuzione in pressione sin dal 1885, anno di costruzione dell'Acquedotto del Serino, che adduce le acque dalle sorgenti dell'Acquaro-Pelosi ed Urciuoli, captate nel comune di Serino (Avellino), a più di 60 km di distanza (Figura 1).

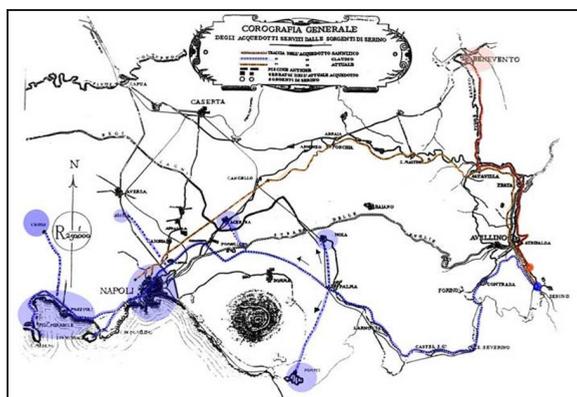


Figura 1- Corografia generale degli acquedotti serviti dalle sorgenti di Serino.

Lo schema dell'acquedotto, considerato nel progetto di massima dell'Ing. Bateman, partiva da una struttura preesistente risalente all'epoca romana, ma che versava da più di mille anni in stato di degrado e abbandono. Già in precedenza altri personaggi storici indagarono, ispezionando per anni, il canale originario dell'acquedotto che conduceva l'acqua da Serino alla città di Napoli, ma il progetto di restauro non fu realizzato per l'ingente costo dell'opera fino al 1885 (Montuono). Esso

proponeva come prima cosa l'allacciamento delle sorgenti superiori a quelle inferiori di Serino, fissando presso di queste l'origine dell'acquedotto a sezione libera, il quale, superando il fiume Sabato si estende immediatamente sulla sua sponda sinistra. Il progetto iniziale dell'acquedotto del Serino riguardava solo il canale a pelo libero che dal territorio di Serino, in cui sono collocate le sorgenti, adduceva le acque fino alla collina di Cancellò, punto in cui ci sono diversi serbatoi e sifoni da cui dipartono le condotte per la rete di distribuzione di Napoli (The Naples Water Works Company, 1885).

Costruzione del modello idraulico

L'acquedotto a pelo libero, realizzato nel 1885, dell'estensione di oltre 60 km, è stato potenziato attraverso la realizzazione di una condotta in pressione, realizzata interamente in acciaio DN 2000. La digitalizzazione della condotta in pressione è stata di più semplice realizzazione, essendo essa costruita in epoche recenti, difatti, per tale condotta, l'ente gestore ha fornito dati sia tecnici sia di inquadramento territoriale. Invece, per la condotta a pelo libero è stata necessaria una ricerca approfondita di documentazione tecnica, presente in diversi archivi storici, che ha permesso la creazione di un modello idraulico che fosse conforme alla reale complessità del caso in esame. Disponendo già dei dati sulla condotta in pressione, per definire il modello, si è proceduto ad un'ampia ricerca storico-bibliografica che potesse consentire di reperire i numerosi dati mancanti sul canale a pelo libero quali, i cambi di sezione, le pendenze del canale necessarie a far sì che le acque camminino per gravità, i dislivelli nei diversi punti critici, la collocazione sul tracciato delle gallerie e dei ponti canale. Per ottenere tutte le informazioni sono stati di notevole importanza i seguenti testi storici: "Contratti e documenti relativi alla costruzione ed esercizio dell'acquedotto di Napoli" di *The Naples Water Works Company*, e "Condotta delle acque di Serino: *The Naples Water Works Company Limited 1886*". Le informazioni contenute in tali documenti hanno consentito la caratterizzazione tecnica ed idraulica del canale e l'inserimento di molti dei tasselli mancanti. Di maggiore rilevanza tecnica è però il documento storico reperito su internet e chiamato "Acquedotto del Serino, *Naples Water Works Company, 1885*". Si tratta di una relazione dettagliata sulla storia ed il recupero dell'Acquedotto del Serino, il cui canale originale è rimasto in disuso per circa 1000 anni. Il testo contiene una descrizione dettagliata delle scelte progettuali, degli schemi, delle tavole e della planimetria dell'epoca, da cui, con una certa difficoltà, sono stati estrapolati dati tecnici molto utili (Figura2). In Figure 3 e 4 è evidente come, del profilo dell'acquedotto a pelo libero, esistano solo tavole storiche, di non facile interpretazione (De Feo, 2010).

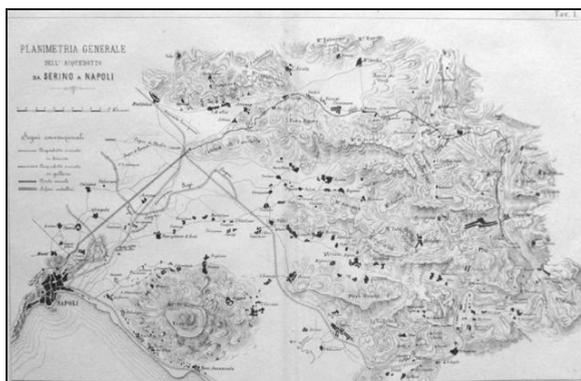


Figura 2- Planimetria generale dell'acquedotto da Serino a Napoli

In alcuni tratti delle molteplici gallerie esistenti, in particolare quella del 1° Pannarano e del Franco, sono state assegnate sezioni diverse da quella consueta; la prima è stata realizzata con una sezione interna perfettamente circolare del diametro di 2,00 m, e la seconda con sezione ovoidale a 4 centri. Nei grandi canali d'Avellino per un ragionevole risparmio nel volume della massa murale, l'ampiezza dello speco fu ristretta a 1,45 m, e in proporzione aumentata l'altezza a 2,25 m. Tutte queste diverse sezioni sono raccolte nelle tavole successive riportate in figura 6.

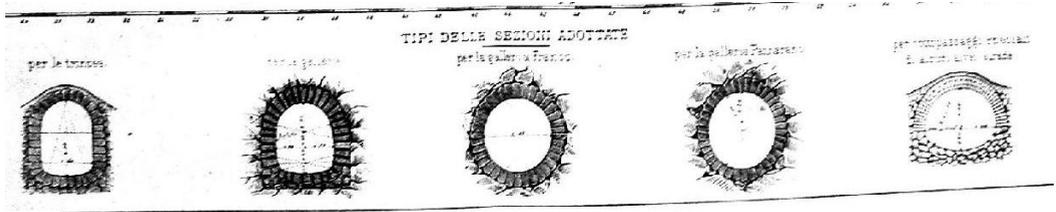


Figura 6- Differenti tipi di sezioni adottate per il canale a pelo libero

Gli oltre 20 ponti-canali si sviluppano complessivamente per circa 1800 m; più importanti fra questi per proporzioni sono i due d'Atripalda (Figura 7) ed i due di Montevergine (Figura 8). Questi manufatti, che per la loro mole sono veramente imponenti, hanno arcate a tutto sesto col diametro di 8,00 m e si estendono per lunghezze che superano i 350 m e furono adoperati per superare valli imponenti.

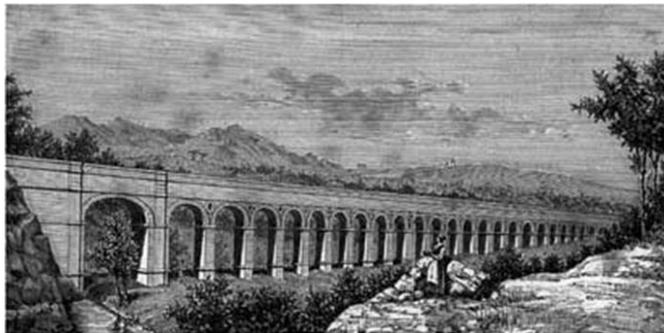


Figura 7- Ponte canale di Atripalda



Figura 8- Ponte canale Rio Vergine

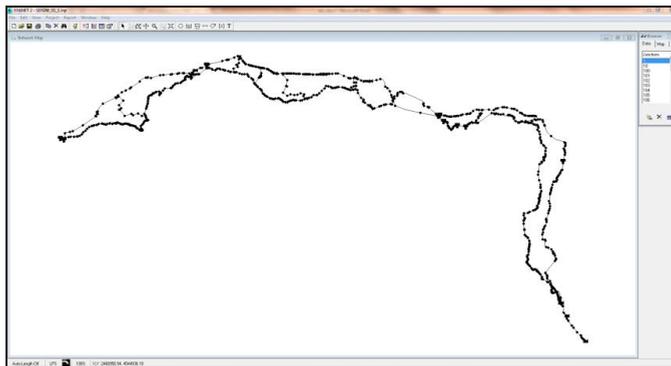


Figura 10- Modello idraulico del Serino in EPA-Epanet

EPANET non include funzionalità GIS per cui per elaborare il reticolo dell'Acquedotto del Serino, si è resa necessaria la presenza di un ambiente in cui fossero possibili operazioni di editing, elaborazione e visualizzazione spaziale dei dati, caratterizzazione spaziale dello schema idraulico e georeferenziazione dei dati. Tale ambiente è stato identificato nel software ARCGIS (www.esri.com) un sistema informativo geografico (GIS) di proprietà di ESRI, che ha consentito, a partire dai dati forniti dall'ente gestore ABC di Napoli, di elaborare dati e contenuti geografici e di creare mappe e di facilitare numerose operazioni come, ad esempio, l'estrazione in automatico delle quote dei nodi della rete (Figura 11).

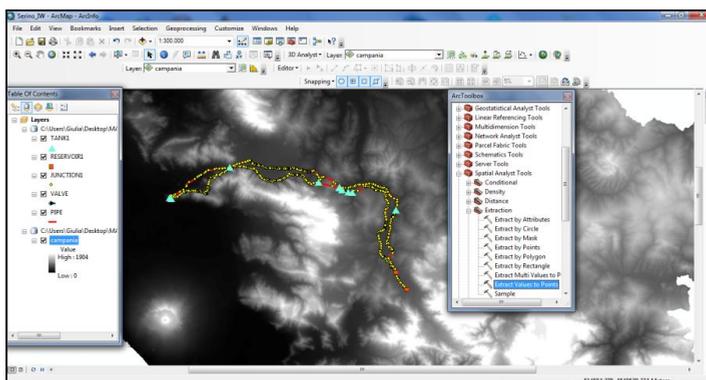


Figura 11- Strumento per l'estrapolazione delle quote in ArcGis

Per l'elaborazione dei risultati, oltre all'utilizzo di EPA-Epanet si è utilizzato il software proprietario HR Wallingford InfoWorks WS (<http://www.hrwallingford.com/>), un software commerciale molto performante e di estrema affidabilità che, tra le molteplici funzionalità, consente in maniera molto rapida anche di convertire file da un formato all'altro, potendo così creare un filo diretto tra i vari software utilizzati e consentendo la comunicazione tra di loro. Si è proceduto dapprima alla creazione dello schema idraulico dell'acquedotto, e in seguito, dopo la fase di ricerca del materiale e di organizzazione dei dati per ricostruire le caratteristiche idrauliche e morfologiche della rete, si è continuato a lavorare compiendo simulazioni idrauliche ed elaborando i risultati ricavati per ogni scenario (Figura 12).

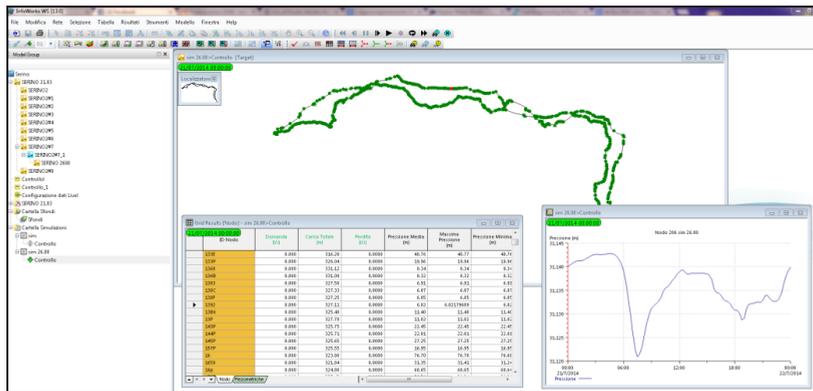


Figura 12- Risultati relativi alla simulazione idraulica: valori di pressioni simulate in un nodo

Conclusioni

La necessità di migliorare la gestione e il controllo dei sistemi acquedottistici sia per obiettivi di efficienza energetica, sia per mantenere una buona qualità, impone una conoscenza dettagliata di tutti gli elementi dell'opera e del suo funzionamento. Tale obiettivo può essere raggiunto attraverso la digitalizzazione della rete acquedottistica e la sua implementazione all'interno di software di modellazione idraulica e di qualità. Questa fase non è di semplice realizzazione quando si prende in esame un acquedotto storico. Infatti, tali acquedotti sono spesso caratterizzati da progetti cartacei e informazioni disaggregate, non permettendo un'immediata modellazione del sistema. In presente lavoro rappresenta il primo passo verso un miglioramento della gestione di un acquedotto storico quale il Serino, attraverso la sua digitalizzazione e modellazione idraulica e di qualità.

La digitalizzazione del Serino ha richiesto un approfondito studio di documenti e cartografia storica che ha permesso la realizzazione di un modello idraulico affidabile e che rispecchia il reale funzionamento dell'opera. In questo modo l'ente gestore del servizio idrico può, non soltanto compiere studi sulle perdite o sulla qualità dell'acqua ma anche prevedere in modo tempestivo il funzionamento dell'opera in caso di manutenzione di alcuni tratti e/o di estensione della rete.

Riferimenti bibliografici

- d'Antonio G., Esposito G., Fabbricino M., Pianese D., Pirozzi F. & Rotondo G. (2002). "Modelli di simulazione delle caratteristiche di qualità dell'acqua nei sistemi idrici." Atti conclusivi del Programma di Ricerca Nazionale "Analisi dei fenomeni di alterazione della qualità delle acque potabili: Tecniche di prevenzione e controllo", finanziato dal MURST nel 1998, Water Research.
- De Feo G., (2010) Sviluppo Storico dell'Acquedotto Augusteo in Campania: Venti Secoli di Lavori tra SERINO e NAPOLI.
- E.P.A. – Epanet Manuale www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html
- Fattoruso G., Agresta A., Cocozza E., De Vito S., Di Francia G., Fabbricino M., Lapegna C.M., Toscanesi M., & Trifuoggi M. (2014). "Use of Kinetic Models for Predicting DBP Formation in Water Supply Systems". Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 268, 2014, pp 471-474
- INFOWORKS WS www.hrwallingford.it/software.aspx
- Montuono G.M., L'approvvigionamento idrico della città di Napoli. L'acquedotto del Serino e il Formale Reale in un manoscritto della Biblioteca Nazionale di Madrid.
- The Naples Water Works Company. (1885) Acquedotto del Serino.
- www.esri.com