



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Specialistica

Le architetture per l'acqua: aspetti tecnologici e funzionali

Relatrici

Prof.ssa Ilaria Butera

Prof.ssa Marika Mangosio

Candidata

Rosa Sicilia

Matricola 170085

Anno accademico 2024 – 2025

Sommario

Abstract	1
-----------------------	---

Capitolo 1

Evoluzione del rapporto tra acqua e ambiente attraverso lo sviluppo urbano

1.1 Acqua e paesaggio urbano.....	4
1.2 Difesa idraulica e impatto climatico.....	5
1.3 Gestione efficiente dell'acqua nella pianificazione delle città.....	6
1.4 Sviluppo storico dei sistemi di approvvigionamento idrico.....	9

Capitolo 2

Sistemi acquedottistici: Matera, Pompei e Acquedotto Pugliese

2.1 Sistemi di approvvigionamento idrico nella città di Matera.....	15
2.1.1 Configurazione della rete idrica.....	17
2.1.2 Il Palombaro Lungo.....	19
2.1.3 Caso studio di stabilità del Palombaro Lungo.....	20
2.2 Schema acquedottistico di Pompei.....	22
2.2.1 Il castellum aquae.....	25
2.3 L'acquedotto Pugliese.....	30
2.3.1 Caratteristiche progettuali.....	35
2.3.2 Le sorgenti, le opere di presa, il canale principale e le diramazioni.....	38
2.3.3 Il Grande Sifone Leccese.....	42
2.3.4 Il Serbatoio di compenso di Altamura (BA)	47
2.3.5 Il Serbatoio pensile di Lecce.....	49
2.3.6 Il Serbatoio Alto di Corigliano d'Otranto (LE)	50

Capitolo 3

L'approvvigionamento idrico in Calabria e il caso dell'acquedotto Merone di Cosenza

3.1 Le risorse idriche in Calabria.....	53
3.2 L'acqua nella città di Cosenza attraverso lo sviluppo urbano.....	54
3.3 Il caso studio dell'acquedotto Merone di Cosenza.....	57
3.4 L'acquedotto Merone e la rete idrica nel centro città: criticità e soluzioni.....	65
3.5 Riflessioni e possibili scenari di interventi migliorativi.....	70
3.5.1 Sistemi di recupero dell'acqua piovana.....	71
3.5.2 Nuovi sistemi di rilevamento delle perdite idriche.....	72

Conclusioni.....	78
-------------------------	-----------

Fonti bibliografiche.....	79
----------------------------------	-----------

Fonti archivistiche.....	80
---------------------------------	-----------

Fonti iconografiche.....	80
---------------------------------	-----------

Sitografia.....	86
------------------------	-----------

Abstract

L'acqua da sempre ha condizionato gli insediamenti umani modellando il paesaggio e caratterizzando lo sviluppo dei centri urbani. La sua complessa gestione ha richiesto nel corso del tempo adeguate tecniche e interventi mirati. Partendo dall'evoluzione dei sistemi di approvvigionamento realizzati in varie epoche storiche, l'intento del presente lavoro di tesi è stato quello di mettere in evidenza il legame tra l'uomo e l'acqua. Esso si esplica nella costante necessità umana di ricercare soluzioni sempre più efficienti per realizzare opere attraverso le quali reperire l'acqua, consentirne la raccolta, regolarne il flusso ed il recupero, anche valutando con attenzione le peculiarità dei territori considerati. In particolare, sono stati presi in esame i sistemi acquedottistici di Matera, Pompei e l'acquedotto Pugliese con l'obiettivo di mettere a confronto opere realizzate in epoche e aree geografiche differenti, accomunate da reali difficoltà di approvvigionamento idrico, che ne hanno influenzato lo sviluppo economico e sociale. In ciascuno dei territori considerati la relazione tra le scelte operative effettuate (come l'utilizzo di grandi cisterne di raccolta dell'acqua piovana, di pozzi, fino alla realizzazione di veri e propri acquedotti) ha messo in rilievo l'attitudine umana di tramutare le complessità del territorio in opportunità per un'efficiente gestione della risorsa idrica. Considerando quanto l'acqua abbia influito nei processi insediativi, produttivi e nella trasformazione urbana, si è scelto di approfondire l'argomento di tesi con il caso studio dell'acquedotto Merone di Cosenza, che alimenta la rete idrica del centro della città. Sulla base della documentazione visionata presso l'Archivio di Stato di Cosenza e gli uffici comunali e attraverso materiale relativo alla gestione del servizio idrico, è stata ricostruita la storia progettuale dell'opera ed esaminate l'origine e l'evoluzione di un rilevante problema per la città. L'acquedotto Merone di Cosenza è un'opera dell'ingegnere Tommaso Gualano risalente al 1932 e prende il nome del corso d'acqua da cui è alimentato. Il serbatoio, sito sulla collina Muoio, richiama nella facciata una costruzione fortificata. Unico acquedotto a servizio della parte nuova della città fino agli anni '60, è tuttora funzionante e fa parte di uno schema acquedottistico che comprende altri acquedotti realizzati negli anni successivi. La città è interessata da una distribuzione idrica discontinua, maggiormente nei quartieri del centro cittadino, a causa di frequenti perdite delle condutture obsolete, inadeguata distrettualizzazione, importanti dispersioni determinate da errori di gestione. A seguito di una sperimentazione che ha visto la collaborazione tra il Comune di Cosenza e la società So.Ri.Cal., gestore del servizio idrico, è stato possibile riequilibrare in parte la rete, attraverso una corretta manovra idraulica, una gestione intelligente delle capacità dei serbatoi degli acquedotti e una chiusura ammissibile della rete, limitando lo scompenso causato dai serbatoi privati malfunzionanti. Tenuto conto, infine, delle principali criticità evidenziate, sono stati presi

in considerazione ulteriori strumenti di intervento, per il monitoraggio delle reti, l'individuazione delle perdite e la riduzione delle dispersioni idriche: sistemi di recupero dell'acqua piovana; tecnologia TALR (Trenchless Automated Leakage Repair); sistema SmartBall; Sahara Pipeline Inspection System.

Water has always influenced human settlements, shaping the landscape and driving the development of urban centers. Its complex management has, over time, required appropriate techniques and targeted interventions. By tracing the evolution of water supply systems across different historical periods, this thesis aims to highlight the deep connection between humankind and water. This relationship is evident in humanity's constant need to seek increasingly efficient solutions for sourcing, collecting, regulating, and recovering water, while carefully considering the unique characteristics of each territory. In particular, this study examines the water supply systems of Matera, Pompeii, and the Apulian Aqueduct, with the goal of comparing infrastructures built in different eras and geographical contexts, yet united by significant challenges in securing water resources—challenges that have profoundly influenced their economic and social development. In each of the territories analyzed, the operational choices—ranging from the use of large rainwater collection cisterns and wells to the construction of full-scale aqueducts—underscore humankind's ability to transform territorial constraints into opportunities for efficient water resource management. Given water's impact on settlement patterns, production processes, and urban transformation, this thesis further explores the subject through a case study of the Merone Aqueduct in Cosenza, which supplies the city's central water network. Drawing on documents from the State Archive of Cosenza, municipal offices, and materials related to water service management, the study reconstructs the aqueduct's design history and examines the origins and evolution of a critical issue for the city. The Merone Aqueduct, designed by engineer Tommaso Gualano in 1932, takes its name from the watercourse that feeds it. The reservoir, located on Muoio Hill, features a façade reminiscent of a fortified structure. As the sole aqueduct serving the city's newer districts until the 1960s, it remains operational today and is part of a broader water supply network that includes later additions. However, Cosenza continues to face intermittent water distribution, particularly in central neighborhoods, due to frequent leaks in aging pipelines, inadequate network zoning, and significant losses caused by management inefficiencies. A recent experiment, carried out through a collaboration between the Municipality of Cosenza and So.Ri.Cal., the water service operator, partially rebalanced the network through precise hydraulic adjustments, intelligent reservoir management, and controlled network closures—helping to mitigate the disruptions caused by malfunctioning private tanks. Finally, in response to the key challenges identified, this study considers additional intervention strategies, for network monitoring, leak detection, and water loss reduction. These include systems for rainwater harvesting, as well as advanced technologies such as TALR (Trenchless Automated Leakage Repair), SmartBall Technology and the Sahara Pipeline Inspection System.

Capitolo 1

Evoluzione del rapporto tra acqua e ambiente attraverso lo sviluppo urbano

1.1 Acqua e paesaggio urbano

L'acqua, "sostanza da cui traggono origine tutte le cose"¹, risorsa naturale preziosa e indispensabile alla vita, nel suo continuo ciclo idrologico, è presente oggi sul nostro Pianeta nelle stesse quantità rispetto alle sue origini. Il processo di riciclo e conseguente disponibilità si attua attraverso le 4 fasi di evaporazione, condensazione, precipitazione e infiltrazione durante le quali l'acqua si sposta tra atmosfera e superficie terrestre, cambiando stato.

Considerandolo come bene primario per la propria vita e principale fonte di benessere sociale, l'uomo nel tempo ha pensato a soluzioni sempre più evolute per captare ed utilizzare l'acqua per molteplici scopi (civile, irriguo, industriale, idroelettrico, etc.). Questo disegno nasce dalla crescente esigenza di accumulare grandi volumi di acqua e di raggiungere anche territori distanti caratterizzati da realtà complesse che rendono molto difficile l'integrazione e l'utilizzo della risorsa. Ciò interferisce in modo profondo con lo sviluppo del territorio interessato e richiede dunque adeguate tecniche operative per la realizzazione di interventi pianificati al fine di migliorare il territorio in termini urbanistici, sociali, ambientali ed economici².

L'acqua da sempre plasma il paesaggio, influenzando gli insediamenti umani e caratterizzando lo sviluppo dei centri urbani attraverso l'architettura.

Lo stretto legame tra l'acqua e il territorio urbano si è consolidato nel tempo in modi differenti: mediante il suo impiego come strumento di difesa³, mezzo di trasporto e irrigazione per le attività agricole; con la realizzazione di opere architettoniche e di infrastrutture che ne permettono l'accumulo, ne regolano il flusso ed il riutilizzo. Questo è avvenuto anche in funzione delle differenti condizioni che contraddistinguono l'area geografica di riferimento. Vi sono, infatti, zone situate in prossimità delle coste o di grandi corsi d'acqua, nelle quali l'apporto continuo di acqua ne ha consentito l'utilizzo anche come principale via di trasporto e che necessitano rispettivamente di opere di contenimento per le mareggiate e di manutenzione per scongiurare alluvioni improvvise. Al contrario, invece, nelle zone in cui scarseggia la presenza di acqua, diventa indispensabile adottare importanti soluzioni progettuali che ne consentono un sufficiente approvvigionamento ed un ragionevole impiego.

Vi è stata una fase però in cui, a seguito di un'importante espansione urbana, l'originario legame acqua-territorio è stato inevitabilmente compromesso. Le rilevanti

¹ Talete (624 a.C. - 546 a.C.), filosofo, astronomo e matematico greco antico.

² MARTINO GIORGIO, *I sistemi acquedottistici*, "L'ACQUA", Edizione n. 1-2, 2002, pag.45.

³ Nelle antiche fortezze, l'acqua era utilizzata come elemento di riempimento di scavi artificiali eseguiti lungo il perimetro delle opere difensive per distanziare gli invasori.

trasformazioni del paesaggio rurale, dovute a dinamiche insediative, hanno infatti determinato un eccessivo utilizzo di suolo alterandone la struttura e modificandone l'equilibrio con la risorsa idrica. L'acqua, in relazione alla nuova struttura urbana ha perso progressivamente la sua fondamentale funzione diventando un ostacolo alla crescita delle città: è il caso dei fiumi che, non rappresentando più il fulcro della vita economica e sociale delle popolazioni, hanno iniziato ad avere un ruolo marginale all'interno delle città⁴.

Al contrario, una nuova fase di rinnovamento, di riqualificazione e valorizzazione degli elementi naturali sembra ora diffondersi per contrastare le problematiche presenti nella città contemporanea. L'acqua, dunque, riconquista oggi il suo vecchio ruolo e restituisce al paesaggio urbano l'identità perduta creando relazioni con tutti gli spazi che lo delineano.

1.2 Difesa idraulica e impatto climatico

Nel suo passaggio attraverso il territorio l'acqua impone continue sfide per la sua gestione poiché regolata da complesse dinamiche. Un'attenta conoscenza e un opportuno utilizzo rendono possibile tutelare il territorio preservando gli ambienti acquiferi e quindi proteggere gli insediamenti.

L'imprevedibilità dei cambiamenti climatici⁵ non ci consente più di pensare all'acqua solo come "forza motrice della natura"⁶, indispensabile alla vita e determinante per l'espansione degli insediamenti urbanistici. Essa diviene anzi anche elemento di minaccia, rappresenta una risposta della natura al processo evolutivo in atto.

Nel comportamento dell'acqua si scorgono, a causa del riscaldamento globale, i profondi mutamenti delle precipitazioni stagionali con conseguenti intervallanti periodi di copiose alluvioni e periodi di intensa siccità, che compromettono il benessere umano, gli ecosistemi e la futura possibilità di impiego della risorsa.

Il crescente urbanesimo e lo sviluppo economico e sociale hanno richiesto un continuo impiego delle risorse naturali e degli spazi utilizzabili. È avvenuta una incontrollabile trasformazione del territorio sfruttato eccessivamente e reso sempre più fragile dalle attività di disboscamento, che ne hanno ridotto la resistenza, dalla mancata manutenzione dei corsi d'acqua e dei versanti, dall'abbandono delle zone rurali, dall'abusivismo edilizio e dall'inquinamento. Il verificarsi di queste preoccupanti

⁴ FERRARI LAURA [et al.], *Paesaggi: didattica, ricerche e progetti*, Firenze University Press, 2007, pag. 169-170-172.

⁵ Si intendono i cambiamenti a lungo termine delle temperature e dei modelli meteorologici causati a partire dal XIX secolo principalmente da attività umane quali la combustione di elementi fossili come carbone, petrolio e gas che, agendo come uno strato intorno alla Terra, trattengono il calore del sole e innalzano le temperature causando attualmente siccità, scioglimento dei ghiacciai polari, innalzamento dei livelli del mare, inondazioni, incendi.

⁶ Leonardo da Vinci (Anchiano, 15 aprile 1452 – Amboise, 2 maggio 1519), scienziato, inventore e artista italiano.

circostanze e gli effetti da esse generati sui contesti urbani hanno reso necessario un cambio di direzione nella pianificazione e nel progetto delle città⁷.

L'acqua, parte della realtà urbana, rappresenta la condizione principale da cui ripartire per ridefinire gli spazi della collettività e ricreare l'originario stretto legame con il territorio.

Le soluzioni che consentono l'adeguamento delle città ai cambiamenti climatici riguardano schemi pensati non più solo per resistere agli effetti che esso comporta, come ad esempio le piene stagionali, ma per facilitarne l'adattamento e dove ciò non risulta possibile ricorrere a modelli progettuali con funzione principale di protezione dei territori da imprevedibili e catastrofici eventi.

Si considerano principalmente soluzioni che riguardano il sistema fognario, la riduzione dell'inquinamento idrico e atmosferico dei territori, l'adozione di sistemi di raccolta delle acque e di tetti verdi⁸, ma si valutano anche progetti innovativi, sperimentazioni significative quali *rain garden*⁹ e *water square*¹⁰ da utilizzare nelle aree maggiormente edificate¹¹.

Risultano fondamentali, dunque, azioni di prevenzione, pianificazione e progettazione coordinata che, se da un lato, per salvaguardare ad esempio i corsi d'acqua, richiedono soluzioni adeguate e la rinuncia all'occupazione di aree rischiose, dall'altro portano benefici per gli insediamenti umani con una minore vulnerabilità in presenza di eventi rovinosi.

Questo si rende necessario per ristabilire una condizione di reciproca sostenibilità che è alla base del rapporto tra acqua e ambiente costruito¹².

1.3 Gestione efficiente dell'acqua nella pianificazione delle città

L'acqua, sebbene durante le fasi del suo ciclo idrologico subisca un naturale processo di autodepurazione riciclandosi costantemente, non può essere considerata una

⁷ BOCHICCHIO LEILA, *Acqua e architettura: scenari di reciproca consonanza*, "L'industria delle costruzioni" rivista bimestrale di architettura, n. 474, 2020, pag. 4.

⁸ Finitura tecnologica della copertura (piana o inclinata) rivestita di vegetazione che consente l'accumulo di acqua e richiede scarsa manutenzione. È in grado di fornire benefici all'edificio: protezione dell'impermeabilizzazione della copertura, isolamento termico, riduzione della presenza di polveri sottili, regimazione idrica, isolamento acustico.

⁹ I giardini della pioggia sono utilizzati per controllare l'infiltrazione dell'acqua piovana all'interno di superfici non impermeabilizzate e per evitarne l'ingresso in grandi quantità negli impianti fognari con conseguenti allagamenti. Trattengono l'acqua ne consentono una graduale filtrazione.

¹⁰ Spazi pubblici multifunzionali e sempre fruibili che in presenza di pioggia si trasformano in bacini di raccolta delle acque per evitare il sovraccarico del sistema fognario e permettere il riutilizzo dell'acqua in periodi di siccità.

¹¹ DE FRANCESCO GAETANO, *Architettura dell'acqua. L'emergenza idrica come occasione progettuale nella città contemporanea*, Quodlibet Editore, 2021.

¹² MURACHELLI ADRIANO, RIBONI VITTORIA, *Rischio idraulico e difesa del territorio*, Dario Flaccovio Editore, 2010, pag. 15-16-17.

risorsa inesauribile poiché le sue possibilità di impiego possono variare nel tempo e non sono quindi sempre garantite.

L'acqua ricopre il 71% della superficie terrestre ed è distribuita maggiormente in mari e oceani. Solo però il 2,5% del volume totale è rappresentato dall'acqua dolce, necessaria per soddisfare il fabbisogno idrico dell'uomo, che si accumula in maggior misura nei ghiacciai e in quantità inferiore in riserve sotterranee con meno dell'1% nei laghi e nei fiumi¹³.

Negli ultimi decenni si è registrata una richiesta d'acqua potabile sempre maggiore dovuta al progresso, all'incremento della popolazione ed agli effetti sfavorevoli dei cambiamenti climatici che incidono enormemente sulla disponibilità, sulla quantità e sulla qualità dell'acqua. L'aumento della temperatura, infatti, ha mutato profondamente il ciclo dell'acqua generando fenomeni meteorologici violenti quali siccità e alluvioni. Nei periodi di scarsa piovosità il grado di calore elevato facilita la presenza di elementi inquinanti nell'acqua, le piante accrescono il loro fabbisogno idrico, poiché è maggiore l'umidità dei terreni, mentre nei fiumi e nelle falde freatiche si riduce la quantità d'acqua adoperabile per l'irrigazione. Con il sopraggiungere di intense precipitazioni, il trasporto di sostanze inquinanti presenti nei terreni, lo scarico delle acque piovane, la fuoriuscita dell'acqua dai sistemi fognari poiché eccessivamente carichi ed i possibili danni alla rete di distribuzione possono compromettere notevolmente la qualità dell'acqua pulita.

In Italia l'impiego dell'acqua potabile per soddisfare il fabbisogno quotidiano della popolazione, delle attività commerciali, produttive, agricole e industriali e delle strutture pubbliche, viene garantito da una importante rete di approvvigionamento in base alle esigenze idriche locali ed alle prestazioni dei sistemi di trasporto dell'acqua, le cui criticità ne influenzano la disponibilità.

Dai più recenti dati statistici resi noti dall'Istat¹⁴ emerge quanto in Italia siano notevoli le perdite d'acqua durante le fasi di distribuzione. Nel 2022, il volume delle perdite idriche totali risulta pari a 3,4 miliardi di m³ che corrisponde al 42,4% dell'acqua immessa in rete. Diversi sono i motivi che generano perdite nelle condutture: rotture delle condotte, impianti obsoleti, errori di misura dei contatori, allacci non autorizzati¹⁵. Poiché non esiste un sistema a perdite zero, diviene fondamentale ricorrere a valide soluzioni attraverso le quali preservare quanto più possibile la risorsa per garantirne la

¹³APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), *I Quaderni della Formazione Ambientale*, 2006 <<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00001100/1110-acqua.pdf>>.

¹⁴ Per la Giornata mondiale dell'acqua, istituita dalle Nazioni Unite nel 1992 e celebrata ogni anno il 22 marzo, l'Istat (Istituto Nazionale di Statistica) pubblica un focus tematico che presenta una sintesi dei principali e più recenti risultati delle diverse indagini, elaborazioni e analisi compiute dall'Istituto, per offrire all'utente una lettura integrata delle statistiche sulle acque con riferimento agli aspetti legati al territorio e alla popolazione.

¹⁵Istat, *Le Statistiche dell'Istat sull'acqua*, Statistiche Report, Roma, 2024 <<https://www.istat.it/it/files/2024/03/Report-GMA-Anno-2024.pdf>>.

rinnovabilità, principalmente in zone caratterizzate da una considerevole emergenza idrica. A tal proposito, l'agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile¹⁶ riserva al tema dell'acqua l'obiettivo 6 per "Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie". Lo stesso Codice dell'Ambiente¹⁷ definisce come scopo primario attuare una gestione efficiente, utile e sostenibile della risorsa idrica osservando le norme nazionali e comunitarie.

L'acqua è considerata un bene comune ed il suo impiego richiede la pianificazione di un insieme di servizi di captazione alla fonte, di adduzione e distribuzione per utilizzo urbano, di raccolta dopo l'uso e di depurazione, definito Servizio Idrico Integrato. Il buon funzionamento di un sistema acquedottistico deriva da valide attività di direzione, competenza e controllo. Ciò risulta possibile perseguendo importanti obiettivi¹⁸:

- assicurare costantemente una buona quantità e qualità dell'acqua e far fronte nel tempo ad incrementi della domanda e situazioni di emergenza che ne compromettono l'utilizzo;
- mirare al risparmio ed al rinnovo della risorsa evitando gli sprechi principalmente dovuti a impianti obsoleti e mal funzionanti, alla negligenza gestionale del sistema, ad una scadente pianificazione delle fasi di smaltimento e depurazione ed all'approccio dell'utenza nell'uso della risorsa;
- promuovere un'amministrazione unica degli interventi di manutenzione evitandone la ripartizione e conseguente ripetizione tra diversi organismi gestionali;
- adottare idonei dispositivi di controllo come il telecontrollo per valutare al meglio le scelte risolutive in caso di guasto di componenti del sistema o imprevista possibilità di fruibilità delle risorse;
- realizzare investimenti programmati per preservare nel lungo periodo un regolare funzionamento del sistema;
- selezionare con attenzione i materiali, in fase di progettazione e realizzazione delle opere, ed effettuare una buona posa in opera in fase di installazione per dare garanzia di affidabilità ed evitare assidue riparazioni con conseguenti oneri gestionali.

Un utilizzo responsabile dell'acqua nel territorio urbano si può rintracciare già nei periodi passati. L'uomo, infatti, fin dai tempi antichi ha sempre avuto cognizione circa l'importanza di un uso razionale di questo bene indispensabile soprattutto quando

¹⁶ L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, approvata il 25 settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri delle Nazioni Unite, è un programma d'azione finalizzato al raggiungimento di 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals) importanti in ambito ambientale, economico e sociale entro il 2030. Per ulteriori approfondimenti, cfr. il sito <<https://www.agenziacoese.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/>>.

¹⁷ Decreto legislativo 03 aprile 2006, n.152 <<https://www.altalex.com/documents/codici-altalex/2011/02/14/codice-dell-ambiente/>>.

¹⁸ MARTINO GIORGIO, *I sistemi acquedottistici*, "L'ACQUA", Edizione n. 1-2, 2002, pag.45.

risultava molto difficile poterne beneficiare non avendo a disposizione risorse energetiche e tecnologiche.

Proprio la tradizione, dunque, può essere considerata un bagaglio importante di esperienze e conoscenze da cui ripartire sfruttandone i principi e adattandola ai sistemi innovativi oggi disponibili.

1.4 Sviluppo storico dei sistemi di approvvigionamento idrico

Fin dai tempi più remoti, con la formazione delle prime comunità, l'uomo ha da subito avvertito il bisogno di trovare una soluzione per reperire dell'acqua fondamentale per i propri scopi. Inizialmente la si attingeva in corrispondenza della fonte più vicina a testimonianza di quanto essa abbia influenzato la collocazione delle prime città realizzate dall'uomo. In seguito, con la diffusione di nuove culture e l'aumento di competenze tecniche, grazie alla costruzione di canali, dighe e acquedotti, avviene un trasferimento degli insediamenti umani verso zone più lontane dal punto di captazione della risorsa ma più agevoli per gli abitanti.

Il desiderio di realizzare un'opera di approvvigionamento idrico scaturiva dall'esigenza di poter godere sempre di una quantità d'acqua necessaria da adoperare per uso potabile, per svolgere attività agricole, di irrigazione, industriali, diventando sempre più di grande interesse per le civiltà¹⁹.

Le prime opere realizzate per il trasporto dell'acqua risalgono a tempi molto antichi e documentano la rilevanza simbolica attribuita all'acqua e l'evoluzione delle tecniche adottate in campo idraulico dalle popolazioni quando non era ancora possibile avvalersi di fonti energetiche e specifiche tecnologie. Essi venivano realizzati principalmente mediante la costruzione di gallerie, canali di superficie e ponti monumentali.

I primi tentativi per dominare il corso delle acque si intravedono in Mesopotamia ed in Egitto poiché, in conseguenza del regolare regime fluviale del Nilo e il verificarsi delle inondazioni dei fiumi Tigre ed Eufrate, in periodi distanti dalla semina, vi era la necessità di costruire canali per deviare l'acqua dai fiumi poiché essenziale per le attività agricole.

In Mesopotamia si realizzano le prime condutture in laterizio con copertura a volta, gallerie d'acqua e successivamente anche acquedotti sotterranei scavati nella roccia con pozzi verticali e dighe per uso agricolo.

Con la civiltà cretese si introduce l'impiego di tubi di argilla interrati, componenti di una rete idrica ben pianificata per l'approvvigionamento dell'acqua pulita, il drenaggio dell'acqua sporca e il controllo delle inondazioni in presenza di intense precipitazioni.

¹⁹ MARTINO GIORGIO, *I sistemi acquedottistici*, "L'ACQUA", Edizione n. 1-2, 2002, pag.45.



Figura 1.1 – Cunicoli scavati nella roccia.

Figura 1.2 – Interno cunicoli scavati nella roccia.

Fonte: <https://www.edilportale.com/news/2017/06/ambiente/acquedotti-l-ingegneria-antica-puo-ancora-combattere-la-siccita_58510_52.html>

Nell'antica Persia hanno origine i *qanat* utilizzati ancora oggi in Iran per la fornitura di acqua ad uso domestico ed irriguo. È un sistema di accumulo e canalizzazione delle acque sotterranee composto da una serie di scavi verticali somiglianti a pozzi collegati, utilizzati per la ventilazione e gli interventi di manutenzione. Partendo dal pozzo principale, raggiungendo la falda freatica, l'acqua veniva condotta per gravità dalle colline alla pianura.

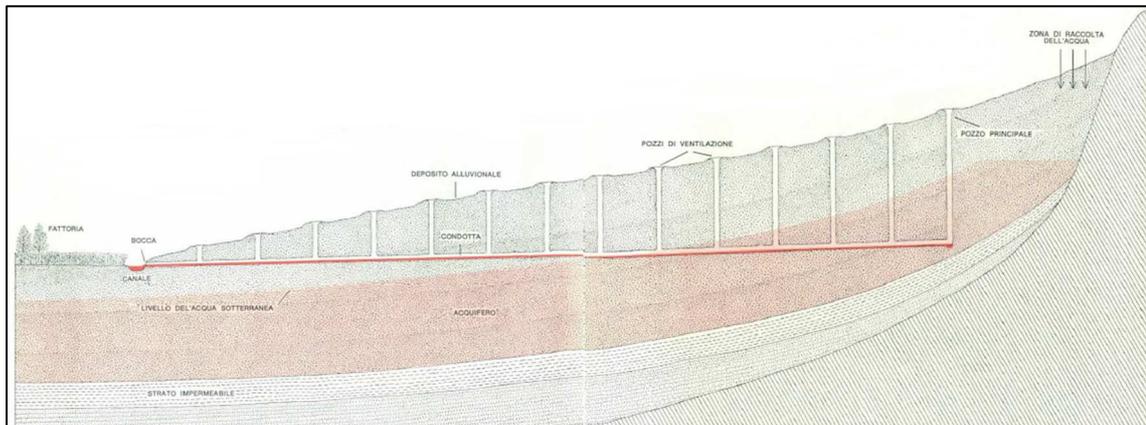


Figura 1.3 – Schema *qanat* nella civiltà persiana.

Fonte: <https://download.kataweb.it/mediaweb/pdf/espresso/scienze/1968_004_7.pdf>

Un alto livello di innovazione tecnologica si raggiunge con le grandiose opere romane sulla base delle tecniche ereditate dalle popolazioni dell'Egeo, d'Etruria e d'Egitto. Ancora oggi visibili dopo 20 secoli, sia in Italia che all'estero, rappresentano un modello significativo di sistema di distribuzione dell'acqua ad estesi centri urbani, unico all'epoca per dimensioni e innovazioni tecniche quali le realizzazioni di imponenti

arcate per sollevare gli acquedotti nei punti di depressione del terreno e l'utilizzo del calcestruzzo a presa rapida, anche in presenza di acqua²⁰.



Figura 1.4 – Roma, Parco degli Acquedotti. Acquedotti Claudio (38 – 52 d.C.) e *Anio Novus* (52 d.C.).
Fonte:<<https://www.parcoarcheologicoappiaantica.it/luoghi/acquedotti-claudio-marcio-e-novus/>>

Attraverso condotti sotterranei l'acqua arrivava ad un grande serbatoio (*castellum*), costruzione di grandezza variabile all'interno della quale erano presenti una o più vasche che, rallentando il flusso dell'acqua, ne trattenevano le impurità. Il *castellum*, mediante condotte secondarie alimentava serbatoi minori e riforniva le fontane, le terme, gli edifici pubblici e privati. Per sfruttare la forza di gravità, mantenere costante la portata dell'acqua ed evitare che scorresse ad una velocità elevata, l'acquedotto veniva progettato, ad una quota sufficientemente elevata, con una precisa inclinazione ed una opportuna sezione delle condotte.

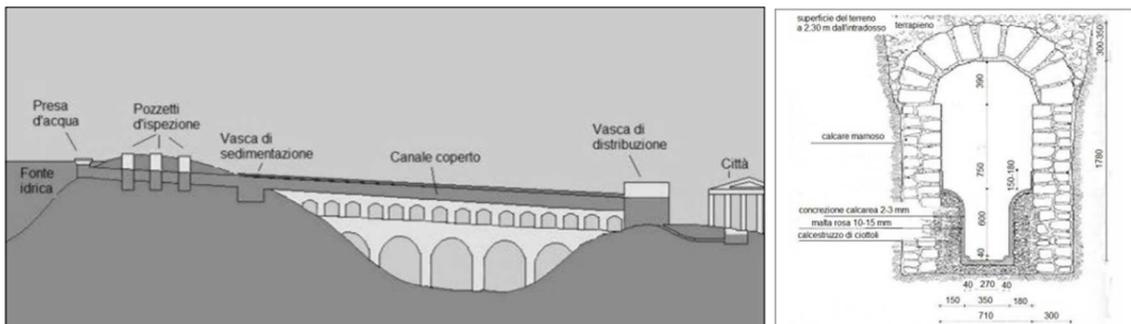


Figura 1.5 – Figura 1.6 – Schema acquedotto romano e sezione condotta. Rielaborazione grafica dell'autrice

Fonte:<<https://www.sigaweb.it/documenti/gda-supplemento-3-2017.pdf>>

²⁰ MOSSA MICHELE, *Una breve storia degli acquedotti e delle formule di progettazione dei condotti*, Mario Adda Editore, 2020.

Lungo tutto il percorso dal punto di captazione all'arrivo nel centro abitato, in base alle caratteristiche del territorio, si alternavano tratti con passaggi sotterranei della condotta a tratti in superficie. In corrispondenza di una valle, per consentirne l'attraversamento con la condotta, si seguivano due schemi:

- i ponti canale costituiti da una serie di arcate sopra le quali veniva posizionato uno o più condotti in canali separati a differenti altezze;
- i ponti sifone, soluzione meno utilizzata a causa delle caratteristiche dei tubi in piombo o terracotta e la pressione alla quale erano sottoposti. L'acqua, raccolta in una cisterna prima del salto, scorreva per gravità lungo la tubatura attraversando un viadotto costruito a valle per ridurre la pressione prima della risalita lungo la parete opposta.

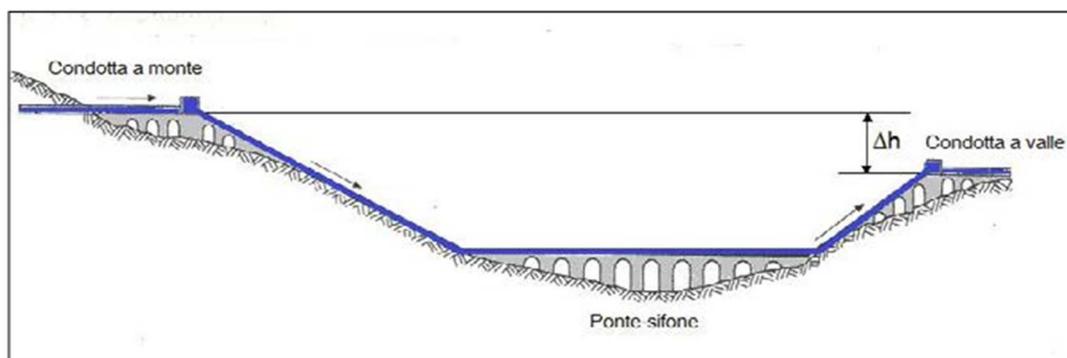


Figura 1.7 – Schema Ponte sifone.

Fonte: <<https://www.sigeaweb.it/documenti/gda-supplemento-3-2017.pdf>>



Figura 1.8 – Roma, Porta Maggiore. Punto di incontro dei principali acquedotti romani.

Fonte: <<https://www.infobuild.it/approfondimenti/roma-aquarum-acquedotti-citta-etera/>>

In alcuni casi per gli acquedotti presenti nell'area urbana non era prevista la realizzazione di viadotti poiché completamente sotterranei. In questo caso si adoperavano mattoni cavi speciali incastrati l'uno con l'altro per rendere impermeabile la condotta. In zone più distanti dalla città la maggior parte degli acquedotti seguiva un percorso sotterraneo. Mediante lo scavo di pozzi verticali si arrivava all'altezza

necessaria per ottenere la pendenza del tratto in discesa ed il canale veniva scavato nella roccia²¹.

In base alla posizione delle sorgenti, al sapore ed alla temperatura avveniva la scelta dell'acqua per la quale era fondamentale garantire una qualità elevata per uso cittadino. Si effettuavano diversi esami sulle caratteristiche dell'acqua che, prima della sua canalizzazione, passava attraverso vasche di decantazione (*piscinae limariae*) all'interno delle quali rallentando il suo flusso depositava fango ed altre impurità.

Con la caduta dell'Impero Romano, le successive guerre, le invasioni barbariche e la situazione economica si ha un conseguente abbandono e degrado dei sistemi idrici realizzati in precedenza.

Con l'inizio dell'epoca Medioevale le tecniche di approvvigionamento idrico sono ancora impiegate all'interno dei conventi mentre nei castelli si utilizzano pozzi a carrucola e cisterne di raccolta dell'acqua piovana per il rifornimento di acqua potabile.

Più tardi, gradualmente, si riprende con la costruzione degli acquedotti e, anche grazie al contributo di studiosi quali Leonardo da Vinci, con le sue analisi sulla portata nei canali, e Galileo Galilei, con l'introduzione del metodo scientifico, si hanno le prime invenzioni che gettano le basi per la rivoluzione industriale. Avviene la realizzazione di grandi canali irrigui e di navigazione, diventa sempre più comune l'uso di ruote idrauliche, come le norie, utili anche per il sollevamento delle acque, e si progettano le prime pompe a stantuffo.

Considerando, dunque, il prezioso contributo del passato, si può facilmente dedurre quanto nell'antichità come nei tempi moderni i modelli dei sistemi idrici siano divenuti più complessi per soddisfare costantemente un fabbisogno idrico sempre maggiore e spesso non corrispondente alle reali disponibilità. Il progresso avvenuto nei campi della scienza e della tecnica ha reso possibile progettazioni ed esecuzioni sempre più accurate delle opere, miglioramenti in termini di dimensionamento e durata, con una conseguente riduzione dei costi totali.

Nella concezione odierna di sistema di approvvigionamento idrico, si intende un insieme di opere idrauliche, attraverso le quali condurre la risorsa dalla fonte di origine ai punti di distribuzione per l'utenza, nel rispetto delle norme igieniche che ne consentono l'uso cui è destinata. Essi sono classificati in base al tipo di uso in civile potabile, civile non potabile, industriale ed irriguo. La realizzazione di un acquedotto necessita delle fasi iniziali di progettazione ed esecuzione ed è composto da:

- opera di presa che preleva l'acqua dalla fonte ed è diversa in base alle caratteristiche del punto di captazione della risorsa (fiume, lago, sorgente, falda, ect.). Esse

²¹ TEMPORELLI GIORGIO, *Gli acquedotti romani*, Fondazione AMGA, 2008. <<https://www.fondazioneamga.org/wp-content/uploads/doc/Temporelli.pdf>>.

- comprendono i componenti destinati al trattamento delle acque per renderne possibile l'impiego e sono posizionati alla fonte o al termine della condotta adduttrice;
- condotta adduttrice, insieme di elementi che servono per trasportare l'acqua dalla sorgente al punto di utilizzo, costruite in ghisa, acciaio o cemento, a pelo libero o in pressione;
 - serbatoi e opere di raccolta per compensare le variazioni di consumo, fungono anche da riserva in caso di impreviste interruzioni;
 - rete di distribuzione, costituisce la parte terminale dell'acquedotto;
 - impianti privati.

La popolazione costituisce l'elemento principale considerato per la progettazione di un acquedotto dimensionato sulla base della dotazione idrica. L'insieme della popolazione e della dotazione idrica rappresentano il fabbisogno idrico definito come la quantità di acqua necessaria per rifornire un centro urbano valutato per abitante e per 24 ore. Si fa solitamente riferimento per il calcolo alla giornata di maggior consumo dell'anno²².

Mediamente si prevede per un acquedotto un ciclo di vita compreso tra 40 e 50 anni. Vi sono alcuni casi in cui eventi naturali, errori nella progettazione o esecuzione ne rendono molto più breve la messa in esercizio ed altri, come testimonia il patrimonio storico, che a distanza di secoli risultano ancora funzionanti.

²² FREGA GIUSEPPE C., *Lezioni di acquedotti e fognature*, Liguori Editore, Napoli, 1984.

Capitolo 2

Sistemi acquedottistici: Matera, Pompei e Acquedotto Pugliese

Le soluzioni acquedottistiche analizzate nel presente capitolo, seppur realizzate in epoche e in territori differenti, presentano vari punti in comune. Nascono con l'intento di far arrivare l'acqua in luoghi con caratteristiche che non consentono naturalmente un facile approvvigionamento idrico. Testimoniano la capacità umana di superare le difficoltà realizzative grazie ad un attento studio del territorio e all'adozione di modelli progettuali comuni, tra i quali cisterne di raccolta dell'acqua e torrini piezometrici, per rendere possibile al meglio la distribuzione, la conservazione ed il risparmio della risorsa. Rappresentano punti di riferimento importanti dai quali trarre spunto per realizzare opere che siano funzionali, in armonia con l'ambiente nel quale sono inseriti e durevoli nel tempo.

2.1 Sistemi di approvvigionamento idrico nella città di Matera

La città di Matera, una tra le più antiche del mondo, la cui origine risale a circa 8.000 anni fa, è situata al confine tra l'altopiano delle Murge ad Est, permeabile, calcareo e carsico e la fossa Bradanica ad Ovest²³, rilevante riserva idrica poiché caratterizzata da terreno argilloso e quindi impermeabile. L'approvvigionamento idrico della città varia in base alle differenti caratteristiche geologiche e idrogeologiche del suolo.

Il territorio di Matera si estende su un'area semiarida del Mediterraneo, carente di aree boschive, con limitate e irregolari risorse idriche a causa delle scarse precipitazioni, mediamente intorno ai 540 mm/anno (registrate dal 1922 al 2014), raggiungendo in alcuni anni valori eccessivamente bassi di circa 400 mm/anno. A periodi di siccità si alternano precipitazioni molto intense con conseguenti catastrofiche inondazioni, grandinate e scariche di fulmini. Come in tutti i territori carsici, l'acqua non presente in superficie determina, attraverso il suo passaggio tra gli ammassi rocciosi, la formazione di particolari paesaggi contraddistinti da grotte, sia superficiali che sotterranee.

La possibilità di raccogliere e mettere in serbo risorse idriche, dunque, ha sempre rappresentato un considerevole problema risolto con sistemi di accumulo dell'acqua piovana e di quella generata dall'umidità notturna per condensa dovuta alle differenze di temperatura.

Le antiche tecniche utilizzate per la raccolta e la distribuzione dell'acqua nel nucleo urbano di Matera, strettamente legate alle caratteristiche del territorio circostante, sono il risultato di un accurato studio del territorio e della sua valida gestione.

²³ GRANO MARIA CARMELA, *Palombari, cisterne e pozzi per l'approvvigionamento idrico nei Sassi di Matera (Basilicata)*, "Il capitale culturale", n. 21, giugno 2020, pag. 379 <<https://doi.org/10.13138/2039-2362/2076>>.

Molti dei sistemi di approvvigionamento, prima sconosciuti, sono diventati nel tempo luoghi di interesse contribuendo all'iscrizione della città di Matera nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO nel 1993 e nel 2019 alla sua elezione a capitale europea della Cultura²⁴.

Cisterne, palombari e pozzi, utilizzati fino alla messa in esercizio nei primi decenni del 1900 dell'Acquedotto del Sele, sono ancora oggi visibili nei Sassi. Ci si riferisce al complesso di abitazioni disposte l'una sull'altra, detto vicinato, realizzato direttamente in una roccia calcarea, sedimentaria, relativamente morbida, facile da cavare e chiamata impropriamente tufo. È un sistema abitativo con ambienti sotterranei, quali grotte, corridoi e cisterne per la raccolta dell'acqua, che si aprono all'esterno con terrazzi e giardini pensili su strade pubbliche.

Nel centro storico di Matera, si individuano due quartieri: il Sasso Caveoso, nel quale le abitazioni scavate interamente nella roccia consentono di mantenere la temperatura costante intorno ai 15°C. Esse si sviluppano verso il basso favorendo l'ingresso dei raggi solari in inverno e trattenendoli fuori in estate; il Sasso Barisano, nel quale le abitazioni sono scavate nella roccia e presentano un prolungamento verso l'esterno delle volte a botte realizzato con la roccia ricavata dalla grotta e chiamato lamione²⁵.



Figura 2.1 – Matera. Sasso Caveoso.

Fonte: <<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>



Figura 2.2 – Matera. Sasso Barisano.

Fonte: <<https://www.civitatis.com/it/matera/visita-guidata-sasso-barisano/>>

L'espansione dei Sassi avutasi nel corso dei millenni è la testimonianza della capacità di adattamento dell'uomo al contesto geologico e geomorfologico ed ha interessato il versante destro della gola del torrente Gravina, non utilizzabile come risorsa idrica a causa delle portate limitate e variabili. Partendo dalla Civita, nucleo del centro

²⁴ GRANO MARIA CARMELA, *Palombari, cisterne e pozzi per l'approvvigionamento idrico nei Sassi di Matera (Basilicata)*, "Il capitale culturale", n. 21, giugno 2020, pag. 377-389 <<https://doi.org/10.13138/2039-2362/2076>>.

²⁵ Matera, la smart city più antica del mondo, gennaio 2022 <<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>.

storico, lo sviluppo dei Sassi è avvenuto attraverso scavi e terrazzamenti lungo la Gravina per poi estendersi fino al Sasso Barisano (a nord-est sul bordo di un dirupo) e al Sasso Caveoso, (verso a sud-est)²⁶.

2.1.1 Configurazione della rete idrica

Nelle zone situate nel territorio materano, il sistema di approvvigionamento idrico si compone dell'opera di captazione, del canale per il convogliamento e del serbatoio di raccolta o a volte della collocazione di fontane.

Poiché molte di queste strutture sono sotterranee, favorevoli risultano le proprietà di isolamento termico del sottosuolo e la riduzione dell'effetto di evaporazione.

Dai primi insediamenti rupestri e l'immagazzinamento dell'acqua piovana mediante raccolta in cisterne, dopo il 1500 si passa, con le prime espansioni urbanistiche, alla captazione da sorgenti o da falde superficiali o profonde. Ciò avveniva mediante la realizzazione di grandi cisterne di raccolta, ad esempio il Palombaro Lungo, alimentate tramite condotte drenanti interrate e impermeabilizzate, dalle quali era possibile attingere acqua con buone proprietà.

La necessità di conservare l'acqua evitandone la dispersione per superare i mesi di siccità ha portato all'ideazione di un sistema idrico che consentisse la distribuzione dell'acqua in quasi tutta la città ed il suo accumulo in cisterne comunicanti tra loro.

Le cisterne, in muratura, presentano un rivestimento impermeabilizzante delle pareti interne realizzato con materiali quali intonaco idraulico o cocciopesto²⁷. Hanno una capacità variabile a seconda dell'utilizzo esclusivo nelle abitazioni o per la cittadinanza. Le cisterne ad uso privato sono: la cisterna a campana piccola (sono circa 2039), con volume di circa 5-15 m³; la cisterna a campana di vicinato (sono circa 170) con volume di circa 30-80 m³. A queste si aggiungono grandi cisterne chiamate palombari a servizio della collettività che strutturalmente si presentano come le cisterne ad uso privato ma a differenza di esse sono alimentate incessantemente attraverso l'apporto di un acquedotto o di un'altra fonte come una sorgente nel caso del Palombaro Lungo.

Le cisterne spesso venivano posizionate ad un livello inferiore agli ambienti per immagazzinare una quantità maggiore di acqua. Attraverso cortili, terrazze e tetti degli edifici provvisti di falde inclinate, l'acqua piovana scorreva in caditoie e canali collegati alla cisterna. L'incanalamento mediante vasche di decantazione, seguendo lo schema dei vasi comunicanti, consentiva la raccolta dell'acqua piovana filtrata assicurandone

²⁶ GRANO MARIA CARMELA, *Palombari, cisterne e pozzi per l'approvvigionamento idrico nei Sassi di Matera (Basilicata)*, "Il capitale culturale", n. 21, giugno 2020, pag. 379 <<https://doi.org/10.13138/2039-2362/2076>>.

²⁷ Materiale composto da frammenti di tegole o mattoni, mischiati a malta a base di calce. Rappresenta un'antica tecnica, conosciuta dalle popolazioni del Mediterraneo, utilizzata per rendere impermeabile le pareti impedendo l'assorbimento dell'acqua dalle rocce porose di calcarenite.

regolarmente la presenza nelle abitazioni che beneficiavano quindi di un'autonomia idrica.



Figura 2.3 – Matera. Cisterne a campana.
Fonte:<<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>



Figura 2.4 – Matera. Cisterna a campana piccola ad uso privato.
Fonte:<<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>

La serie di grotte realizzata su piani sovrapposti che va a formare i Sassi fungeva da condensatore poiché, durante le ore notturne, ciascuna cavità riuscendo a trattenere l'umidità atmosferica addensata nella cisterna finale nei periodi di siccità, consentiva sempre una riserva alla cisterna anche se non collegata a canalette esterne.

Oltre all'acqua era possibile anche l'accumulo in cavità sotterranee della neve che, raccolta dai tetti e dalle strade all'interno dall'alto e isolata mediante strati di paglia, poteva essere utilizzata per la produzione di ghiaccio da conservare per lungo tempo per uso domestico o vendita in rotoli²⁸.

Per il prelievo dell'acqua dall'alto nei palombari e nelle cisterne fondamentale ruolo avevano i pozzi, presenti nei cortili, nelle strade pubbliche e in altri luoghi del centro abitato dei Sassi, realizzati in pietra e diventati nel tempo solo dei componenti decorativi. Il prelievo dell'acqua avveniva a mano mediante sollevamento di secchi o brocche collegate ad una corda o con l'ausilio di carrucole sorrette da una struttura in legno.

Prima dell'arrivo dell'acqua nelle singole abitazioni, indispensabile è stato anche ricorrere alle fontane e ai lavatoi pubblici collocati nei centri urbani.

²⁸ GRANO MARIA CARMELA, *Palombari, cisterne e pozzi per l'approvvigionamento idrico nei Sassi di Matera (Basilicata)*, "Il capitale culturale", n. 21, giugno 2020, pag. 377-389 <<https://doi.org/10.13138/2039-2362/2076>>.

2.1.2 Il Palombaro Lungo

Il sotterraneo del Palombaro Lungo è un grande serbatoio idro-potabile realizzato in diversi momenti a partire dal XVI secolo e situato sotto Piazza Vittorio Veneto, nel centro storico della città.

È la cisterna più grande presente a Matera ed anche la più grande scavata a mano tra quelle note in Europa. Ha una capienza di 5000 m³ di acqua, una profondità di circa 15 m, una lunghezza di 50 m ed è composta da più ambienti ipogei uniti tra loro all'interno dei quali da secoli affluiscono acque sorgive e piovane. Realizzata artificialmente scavando in una roccia arenaria calcarea debole, poco permeabile, autoportante allo scavo, con buone proprietà meccaniche e dal collegamento di grotte preesistenti adoperate per altri usi. È caratterizzata da pareti dalla forma arrotondata rivestite da un intonaco impermeabile chiamato cocchiopesto, dello spessore di 2–3 cm.



Figura 2.5 – Matera. Piazza Vittorio Veneto.

Fonte: <<https://www.basilicataturistica.it/scopri-la-basilicata/matera-patrimonio-mondiale-dellumanita/il-palombaro/>>



Figura 2.6 – Matera. Interno Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://www.isassidimatera.com/cosa-vedere/palombaro-lungo/>>

Dall'interno del Palombaro sono ancora visibili le 6 bocche dell'antico pozzo presente sulla piazza, dal quale era possibile prelevare l'acqua attraverso secchi in alluminio nei periodi più caldi in cui l'acqua erogata dalle fontane pubbliche non era sufficiente. Proprio in corrispondenza del pozzo, il fondo della cisterna presenta una maggiore profondità per consentire l'approvvigionamento idrico anche in caso di limitata disponibilità. Successivamente il pozzo è stato abbattuto con la dismissione della

cisterna, a seguito dell'installazione di fontane pubbliche dell'Acquedotto Pugliese nei primi decenni del 1900²⁹.

Il Palombaro Lungo è stato interessato da diversi interventi di ampliamento per aumentare la sua capacità di accumulo, di cui l'ultimo documentato risale al 1870. Riscoperto nel 1991, durante i lavori di restauro della sovrastante Piazza Vittorio Veneto, sono state effettuate operazioni di esplorazione e messa in sicurezza della cisterna, resa in seguito fruibile ai visitatori attraverso corridoi interni, su passerelle sospese sull'acqua per apprezzarne la grandiosità.

2.1.3 Caso studio di stabilità del Palombaro Lungo

Per un'analisi più dettagliata, si fa riferimento a un articolo pubblicato sulla rivista internazionale *Environmental Earth Sciences*³⁰. Gli autori Giovanni Bruno, Daniele Tupputi e Vincenzo Simeone presentano un modello geomeccanico del Palombaro Lungo e una valutazione sulla stabilità della struttura. Sulla base delle attività di rilievo svolte sul campo, sulle simulazioni numeriche effettuate e sulla raccolta di campioni di roccia propongono un caso studio di interessante confronto con altri siti in cui sono presenti serbatoi sotterranei o manufatti simili.

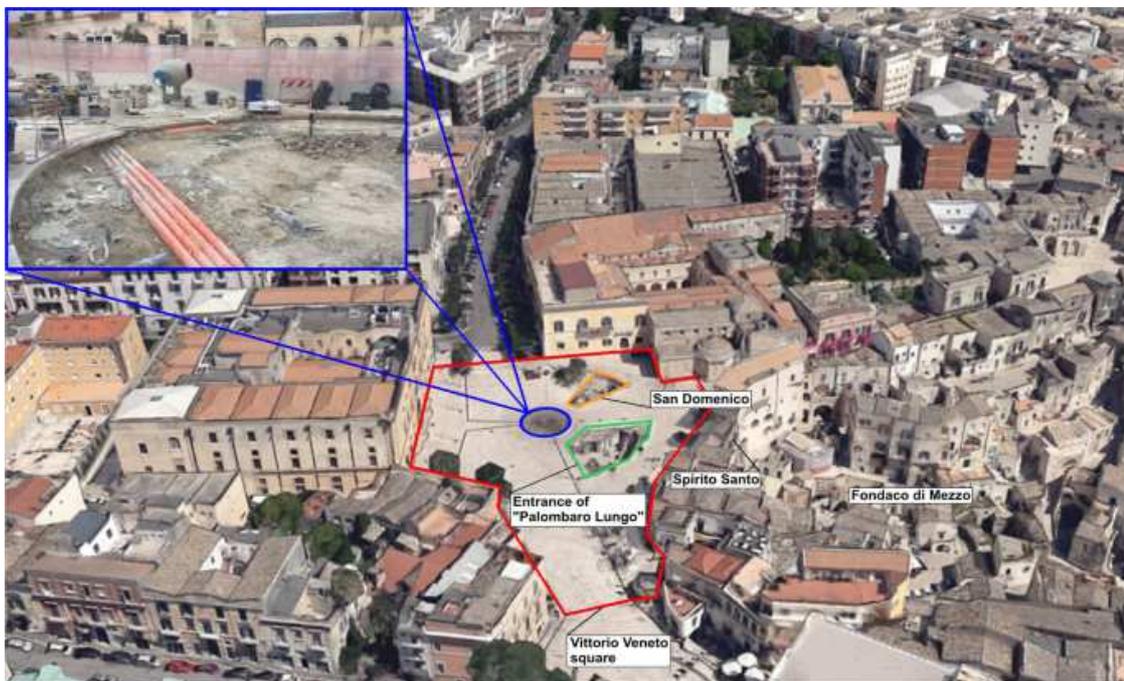


Figura 2.7 – Matera. Panoramica di Piazza Vittorio Veneto con ingresso del Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

²⁹ <<https://sassidimatera.net/cosa-vedere/palombaro-lungo/>>.

³⁰ BRUNO GIOVANNI [et al.], *Geomechanical modelling and stability analysis of the shallow underground water reservoir Palombaro Lungo (Matera-Italy)*, “*Environ Earth Sci*”, vol. 82, n.302, maggio 2023. <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>.

La ricostruzione geometrica del Palombaro Lungo e dei sotterranei vicini³¹ è stata eseguita esaminando le planimetrie e i rilievi topografici relativi agli interventi di ristrutturazione riguardanti Piazza Vittorio Veneto ma anche attraverso indagini e misurazioni effettuate sul posto³².

Sulla base delle informazioni riportate sull'articolo menzionato, sono state definite la planimetria del serbatoio sotterraneo e le quattro sezioni A–A' (longitudinali), B–B', C–C', D–D' (trasversali) per la creazione dei modelli geomeccanici delle sezioni di verifica di stabilità. Ai fini della ricerca, per stimare la stabilità delle grotte sotterranee del Palombaro Lungo, per evitare l'influenza degli effetti di bordo e per tenere conto dell'influenza delle grotte adiacenti, sono state considerate solo tre sezioni: una longitudinale A–A' importante per delineare l'ambiente oggetto di studio ma ritenuta meno rilevante per le condizioni di stabilità; due trasversali B–B' e D–D', maggiormente importante poiché situata nel punto più profondo³³.

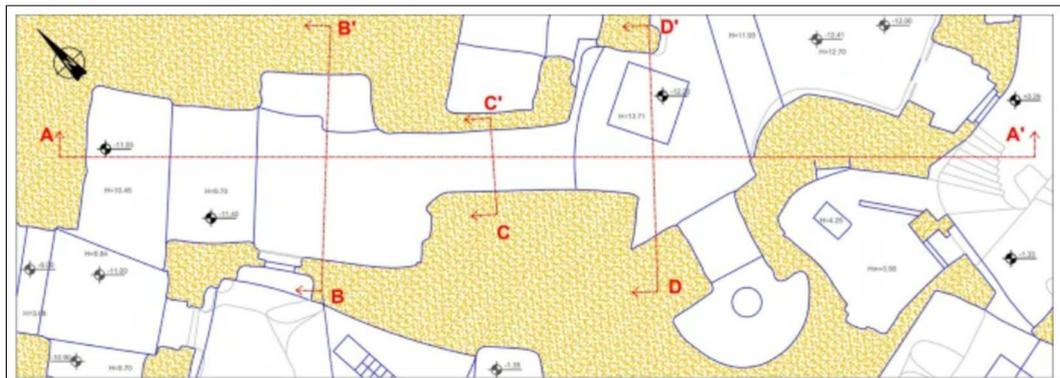


Figura 2.8 – Matera. Geometria e sezioni Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

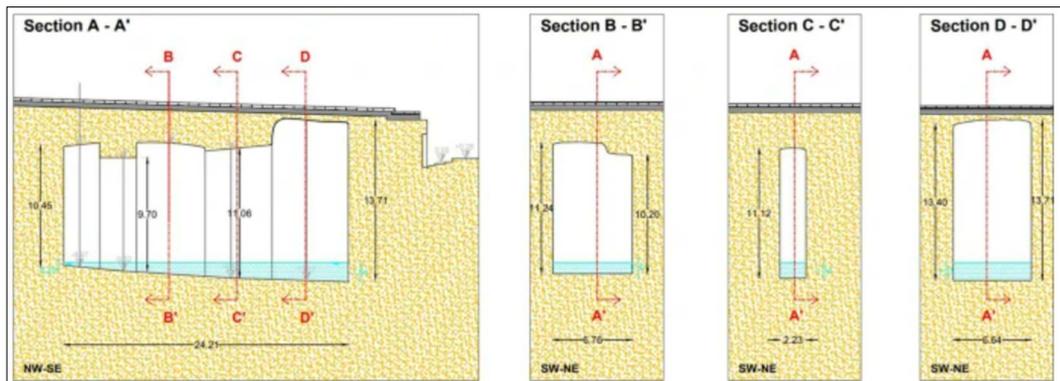


Figura 2.9 – Matera. Sezioni longitudinali e trasversali Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

³¹ Nel sottosuolo della piazza si trovano altri ipogei: San Domenico, Spirito Santo e Fondaco di Mezzo.

³² BRUNO GIOVANNI [et al.], *Geomechanical modelling and stability analysis of the shallow underground water reservoir Palombaro Lungo (Matera-Italy)*, "Environ Earth Sci", vol. 82, n.302, maggio 2023. <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>.

³³ Ibidem.

La simulazione dello stato sforzo-deformazione nelle verifiche statiche delle sezioni esaminate è avvenuta considerando tre momenti: prima della realizzazione dello scavo (carichi permanenti relativi alla Piazza); dopo la costruzione degli ipogei (sovraccarichi accidentali, con il passaggio di persone e mezzi); dopo l'effetto dovuto all'applicazione dei sovraccarichi permanenti e accidentali (carichi idrostatici permanenti, dovuti alle acque presenti all'interno del Palombaro Lungo).

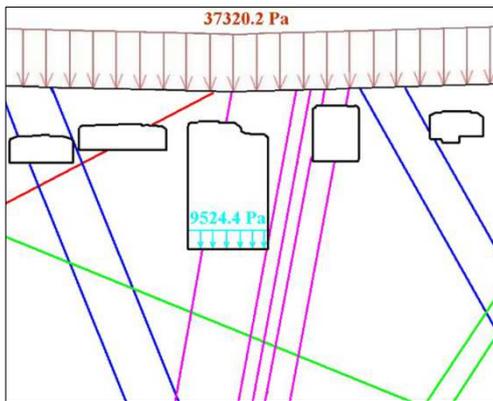


Figura 2.10 – Matera, Palombaro Lungo. Schema carichi permanenti e accidentali.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

I risultati dell'indagine hanno evidenziato condizioni di instabilità nella sezione A–A', ritenuta irrilevante staticamente e con minori fratture rispetto alle sezioni B–B' e D–D'. L'analisi descrive uno stato sforzo-deformazione in accordo con le reali condizioni di stabilità anche in presenza di carichi dovuti all'uso della Piazza e all'acqua all'interno del serbatoio, confermando una condizione di stabilità e sicurezza della cisterna.

2.2 Schema acquedottistico di Pompei

Pompei è nata presumibilmente nell'VIII secolo a.C ad opera del popolo degli Osci. Le sue rovine, rimaste sepolte per 1700 anni, sono state rinvenute grazie alle operazioni di scavo eseguite negli ultimi tre secoli. Distrutta nel 79 d.C. a seguito dell'eruzione del Vesuvio è stata caratterizzata da diverse culture e conquistata dai romani nell'89 a.C.

Nella città di Pompei inizialmente, per superare le difficoltà legate all'approvvigionamento idrico, si utilizzavano cisterne e pozzi poiché consentivano la raccolta e l'accumulo dell'acqua indispensabile anche per affrontare i periodi di siccità. Essi in genere erano situati lungo le strade, davanti agli ingressi delle case e nei giardini.

Le cisterne erano presenti anche negli edifici pubblici, principalmente nelle terme nelle quali l'uso dell'acqua era fondamentale per il loro funzionamento. L'acqua piovana alimentava le cisterne attraverso l'apertura presente nel tetto (compluvio), discendeva poi nel bacino sottostante dell'atrio (impluvio) o dal tetto dei cortili.

I pozzi, scavati nel banco di lava e tufo, arrivavano ad una profondità di oltre 30 m raggiungendo la sottostante falda freatica e servivano per soddisfare altre esigenze come l'irrigazione dei campi³⁴.

Successivamente, poco prima dell'eruzione, si è avuta una grande riqualificazione del sistema di approvvigionamento con la costruzione di una tra le più grandi infrastrutture pubbliche dell'Età Augustea: l'imponente acquedotto del Serino dal nome della sorgente dalla quale captava l'acqua.

Le sorgenti del Serino hanno origine dalla valle del fiume Sabato, situata tra l'Appennino centrale campano e la pianura salernitana, caratterizzata da numerose sorgenti che nascevano dai monti calcarei disposti intorno ad essa. Tra questi, il gruppo dei monti Picentini, le cui sorgenti di Serino, di Sorbo Serpico e di Cassano Irpino alimentavano rispettivamente gli acquedotti napoletano, dell'alto Calore e quello Pugliese³⁵. A formare l'insieme del Serino contribuiscono due gruppi di sorgenti che si trovano a differenti quote e distano in linea d'aria circa 3500 m:

- il gruppo di sorgenti Urciuoli, con una portata più intensa ed un volume medio di circa 1500 l/s. Era captato da tre gallerie drenanti, canalizzato nella camera di carico dell'acquedotto, situata a 340 m s.l.m., e condotto nel 1885 nella città di Napoli mediante un nuovo acquedotto in muratura a pelo libero;
- il gruppo sorgentizio a quota superiore delle sorgenti di Acquaro e Pelosi, con camera di raccolta situata a 360 m s.l.m., unite all'acqua della sorgente di Urciuoli negli anni '30 e convogliate verso Napoli con lo stesso acquedotto ottocentesco.

Le sorgenti Urciuoli, prima del loro più recente utilizzo, nel I secolo d.C. giungevano a Benevento per opera dei Romani. Le sorgenti più alte nel I secolo a.C. venivano adoperate per alimentare la flotta imperiale, insediata da Augusto a Capo Miseno, mediante la costruzione di un considerevole acquedotto a pelo libero lungo oltre 100 km dalla valle del Sabato sino alla Piscina *Mirabilis* con una capacità di 12.600 m³ e di cui vi è traccia ancora oggi a Miseno nel Comune di Bacoli.

Poiché il canale augusteo si sviluppava lungo il pre Appennino Campano, per procedere con la costruzione dell'opera sono stati effettuati scavi a cielo aperto, con successivo drenaggio e riempimento, mediante la realizzazione di gallerie e ponti canale per consentire l'attraversamento di montagne e valli. L'acquedotto lungo il suo percorso riusciva ad alimentare numerose città attraverso le diverse diramazioni tra le quali,

³⁴ CANTARELLA EVA, JACOBELLI LUCIANA, *Pompei è viva*, Feltrinelli Editore, 2014.

³⁵ POTENZA UBERTO, *L'acqua di Serino e l'acquedotto Augusteo*, "Magazine lacquaonline", Associazione Idrotecnica Italiana, 2016 <<https://www.idrotecnicaitaliana.it/lacquaonline/wp-content/uploads/2016/08/Potenza-Serino.pdf>>.

all'altezza del partitore di Palma Campania, anche quella per Pompei lunga oltre 6 km che distribuiva l'acqua in pressione con tubazioni in piombo nella città vesuviana³⁶.

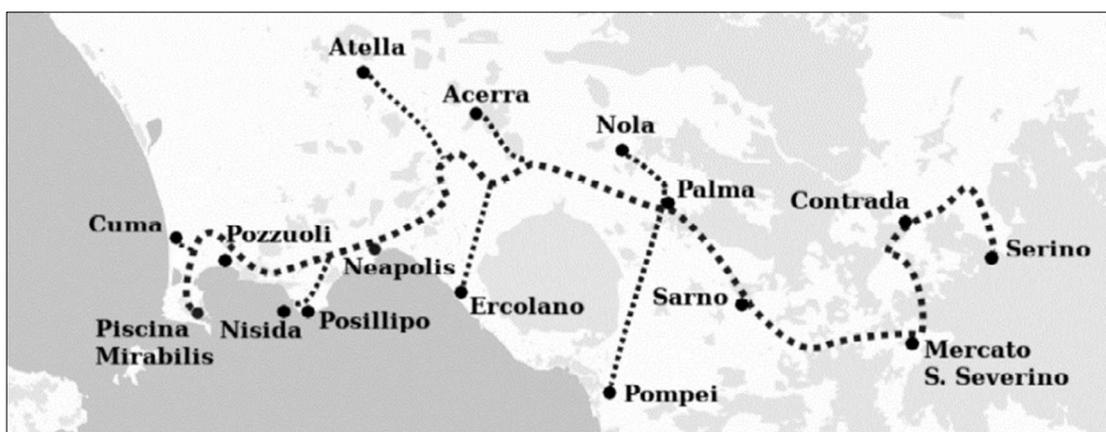


Figura 2.11 – Tracciato acquedotto Augusteo del Serino – Rielaborazione grafica dell'autrice.

Fonte: <https://it.wikipedia.org/wiki/Acquedotto_romano_del_Serino>

L'acqua arrivava nel punto più alto della città, in prossimità di porta Vesuvio, raccolta in un grande serbatoio, chiamato *castellum aquae*, e successivamente distribuita nell'area urbana attraverso tre ramificazioni principali. Le condotte per l'adduzione dell'acqua venivano collocate ad una certa profondità per evitarne il facile deterioramento. Il materiale utilizzato maggiormente per la loro realizzazione era il piombo o la terracotta per lo scarico delle acque reflue. I tubi, a sezione ellittica, di diverse grandezze e a volte contrassegnati con una sigla, sono ancora individuabili in vari punti di Pompei.

Il flusso dell'acqua destinato alle utenze veniva regolato mediante rubinetti, al contrario delle fontane pubbliche sempre operative anche per garantire la pulizia delle strade. Le fontane, circa 40 quelle trovate, erano poste in numerosi punti poco distanti dalle case come postazioni di approvvigionamento idrico sempre disponibili per soddisfare le esigenze della popolazione³⁷.

L'acqua potabile era ancora una prerogativa dei più ricchi, mentre la gran parte della popolazione utilizzava come fonte di rifornimento le fontane pubbliche, grandi vasche di forma quadrangolare nelle quali l'acqua fluiva ininterrottamente.

La città non disponeva ancora di un'estesa rete fognaria, ad eccezione della zona del Foro. Sulle strade, realizzate in pendenza, fluivano le acque in esubero o sporche raggiungendo un'apertura per lo scarico ai piedi delle mura. La continua presenza

³⁶ POTENZA UBERTO, *L'acqua di Serino e l'acquedotto Augusteo*, "Magazine lacquaonline", Associazione Idrotecnica Italiana, 2016 <<https://www.idrotecnicaitaliana.it/lacquaonline/wp-content/uploads/2016/08/Potenza-Serino.pdf>>.

³⁷ CANTARELLA EVA, JACOBELLI LUCIANA, *Pompei è viva*, Feltrinelli Editore, 2014.

dell'acqua ai bordi delle strade veniva arginata con i marciapiedi e le pietre squadrate di lava disposte sulla carreggiata per permettere il passaggio evitando l'inconveniente di bagnarsi i piedi.

Danneggiato dal terremoto, recuperato e distrutto dalla successiva catastrofica eruzione, l'acquedotto di Pompei testimonia il rilevante livello ottenuto nella scienza idraulica, nelle tecniche metallurgiche, architettoniche ed urbanistiche del tempo.

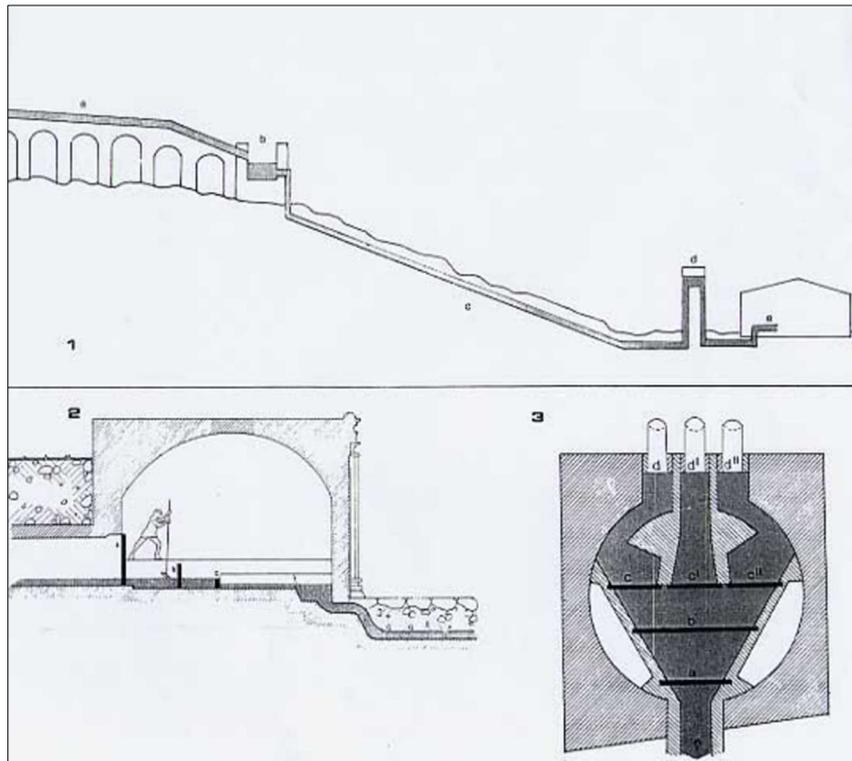


Figura 2.12 – Pompei. Schema di distribuzione urbana dell'acqua potabile: a) speco dell'acquedotto; b) vasca di raccolta e distribuzione; c) condotte in pressione; d) torre piezometrica; 2) vasca di decantazione; 3) pianta della vasca di distribuzione.

Fonte: <https://o2.architettilroma.it/monitor/d/didatticaurbana/dominazione_romana_del_mediterraneo.html>

2.2.1 Il castellum aquae

Scoperto durante le operazioni di scavo condotte a Pompei nel 1902, il grande serbatoio del *castellum aquae*, si presenta come una costruzione quadrangolare rivestita in mattoni, posta nel punto più alto di Pompei (42 m), presso porta Vesuvio³⁸.

Nel bacino circolare del *castellum* venivano raccolte le acque provenienti da un ramo dell'acquedotto del Serino, attraverso un sistema di saracinesche e di muretti frangi

³⁸ ADAM JEAN-PIERRE, VARENE PIEREE, *Le castellum aquae de pompéi, étude architecturale*, "Revue archéologique", n. 45(1), 37-72 < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>.

acqua che ne regolava l'erogazione in base alle necessità. L'acqua, grazie alla pressione di caduta, si incanalava in tre condotte posizionate a differenti altezze e veniva successivamente ripartita in vari punti della città per gravità, sfruttando la pendenza del terreno, percorrendo la rete di distribuzione realizzata con tubi in piombo.

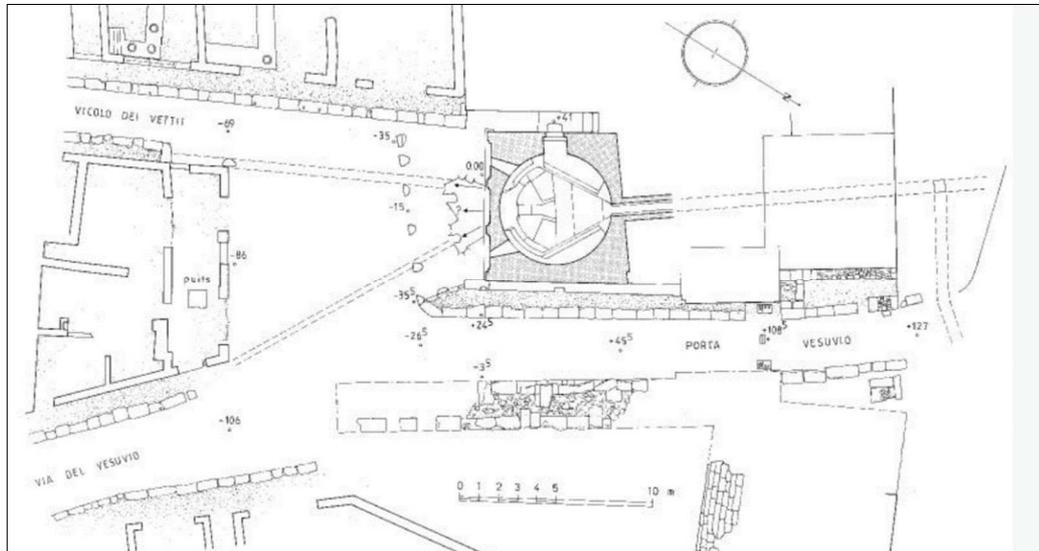


Figura 2.13 – Pompei. Pianta *castellum aquae*.

Fonte: <<https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

Per evitare il verificarsi di una elevata pressione nei tubi, si ricorreva all'utilizzo, lungo tutto il percorso dell'acqua, di torri portanti a forma di pilastri. Esse erano provviste di una scanalatura verticale lungo la quale l'acqua arrivava ad un recipiente di piombo (*castellum plumbeum*) posto in sommità e coperto per evitare la contaminazione dovuta a depositi di foglie, polvere e ad altri elementi inquinanti. Raggiunta la torre, l'acqua discendeva alla nuova altezza di caduta con una minore pressione.



Figura 2.14 – Pompei. Torrini piezometrici.

Fonte: <<https://acquadottihirpinia.wordpress.com/2016/03/02/pompeii/>>

Nel locale (*taberna*) dinanzi all'edificio vi è ancora traccia di un pozzo profondo 39,20 m, probabilmente risalente ad un periodo precedente alla realizzazione della rete idrica collegata al *castellum*, nel quale si trova l'acqua ad una profondità media di 35 m.

L'edificio del *castellum*, in parte danneggiato a seguito del terremoto del 62 d.C. e prontamente ripristinato, di moderate dimensioni, a pianta esterna quadrangolare, poggia su un alto basamento composto da quattro grandi blocchi di lava alti 45 cm, gravanti a loro volta su una spessa lastra cementizia. Esso si sviluppa per una lunghezza di circa 7,70 m e 4,58 m in altezza dal substrato lavico. La facciata è rivestita in mattoni di dimensioni irregolari compensate dalla malta legante ed è caratterizzata da tre arcate cieche divise da lesene. In origine, una piccola finestra orizzontale completava la parte superiore di ogni arcata (quella centrale più ampia delle altre due) ed una nicchia era presente sopra le arcate laterali.

Sulla facciata opposta ad ovest vi è la porta di ingresso che si apre verso l'interno del *castellum*. La porta, rialzata rispetto al piano di calpestio ed alla quale si accede attraverso un solo gradino, permette una visuale sulla vasca interna avente posizione centrale e posta ad un livello tale da consentire l'alimentazione nelle tubazioni urbane per gravità³⁹.

L'edificio è visibile solo fino a circa 1,20 m della sua altezza poiché il fronte posteriore è parzialmente interrato. In sommità vi è un terrazzo, rivestito da massetto in malta, inclinato verso la facciata principale sulla quale convergono le acque piovane.



Figura 2.15 – Pompei. Facciata *castellum aquae*.

Fonte: < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

³⁹ ADAM JEAN-PIERRE, VARENE PIEREE, *Le castellum aquae de pompéi, étude architecturale*, "Revue archéologique", n. 45(1), 37-72 < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>.



Figura 2.16 – Pompei. Facciata ovest del *castellum aquae* integrata nel terrapieno.
Fonte: < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

L'interno dell'edificio è accessibile tramite un lungo corridoio e, a differenza di quella esterna, la pianta è circolare con cupola in muratura. Il diametro della cupola ha dimensioni variabili dovute alle caratteristiche della muratura e del suo rivestimento, ha un braccio di 2 m ed un profilo basso con curva irregolare.

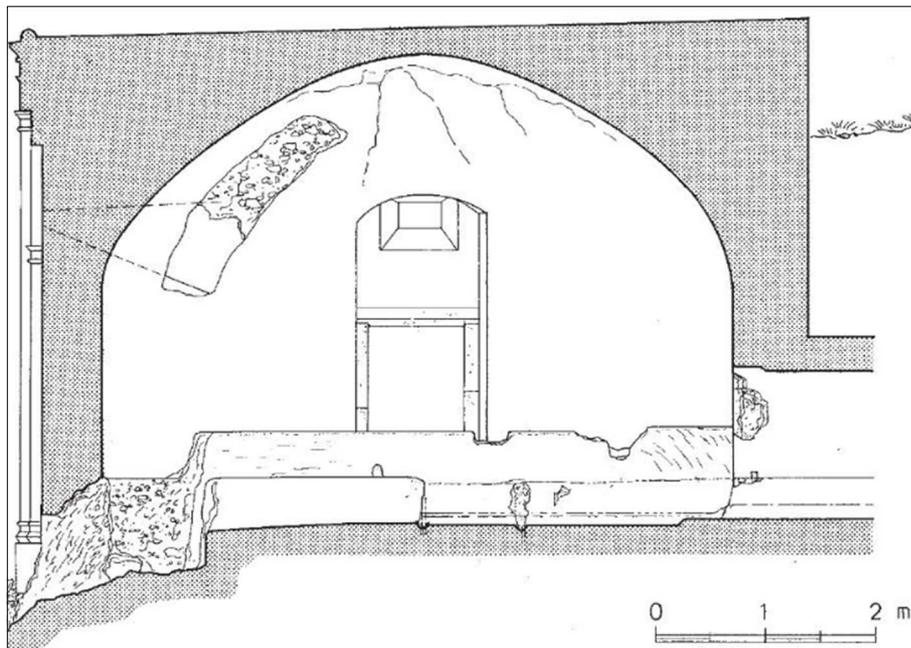


Figura 2.17 – Pompei. Sezione sud-nord cupola interna al *castellum aquae*.
Fonte: < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

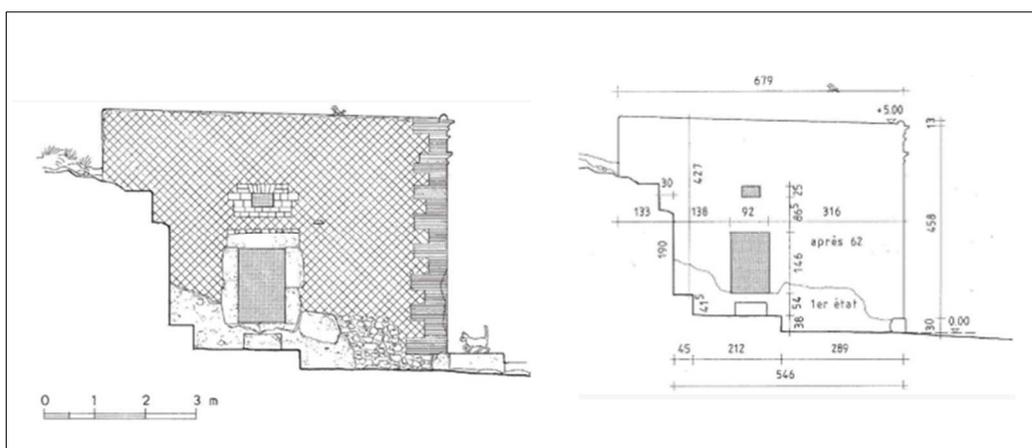


Figura 2.18 – Pompei. Facciata ovest con ingresso al *castellum aquae*.

Fonte: < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

Lo sbocco dell'acquedotto, appena sollevato rispetto al pavimento della vasca, si apre in corrispondenza dell'asse settentrionale della parete. Probabilmente per rendere più veloce la fuoriuscita dell'acqua evitando depositi carbonatici la condotta si restringe nella parte inferiore a distanza di 15 m dall'ingresso del *castellum*. La vasca in cui arrivava l'acqua si allarga ad imbuto dallo sbocco della condotta dove era fissata una griglia per permettere le operazioni di ispezione della tubazione, trattenere gli elementi inquinanti più evidenti e impedire l'accesso clandestino alla città. La vasca ha una forma semicircolare e prevedeva una tripartizione dell'acqua attraverso tre canali: uno assiale e rettilineo, che va restringendosi con una certa pendenza, e due laterali con andamento curvilineo, la cui larghezza si riduce con una leggera pendenza e che fuoriescono dall'edificio parallelamente al canale rettilineo. Presenti nella vasca anche altri due sistemi di filtrazione: un primo sbarramento, poco distante dallo sbocco dell'acquedotto che si estende per tutta la larghezza del bacino, fissato sul fondo mediante tondini di ferro verticali; un secondo sbarramento più a valle, realizzato mediante una lama di piombo fissata nel terreno e lateralmente per tutta la lunghezza della vasca, sostenuta dai blocchi murari della tripartizione⁴⁰.

Nel *castellum aquae* l'insieme di tutti i meccanismi attraverso i quali avviene l'ingresso dell'acqua ed i successivi filtraggio, decantazione e distribuzione ne provano il buon funzionamento ed il controllo dei problemi idraulici.

⁴⁰ADAM JEAN-PIERRE, VARENE PIEREE, *Le castellum aquae de pompéi, étude architecturale*, "Revue archéologique", n. 45(1), 37-72 < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>.

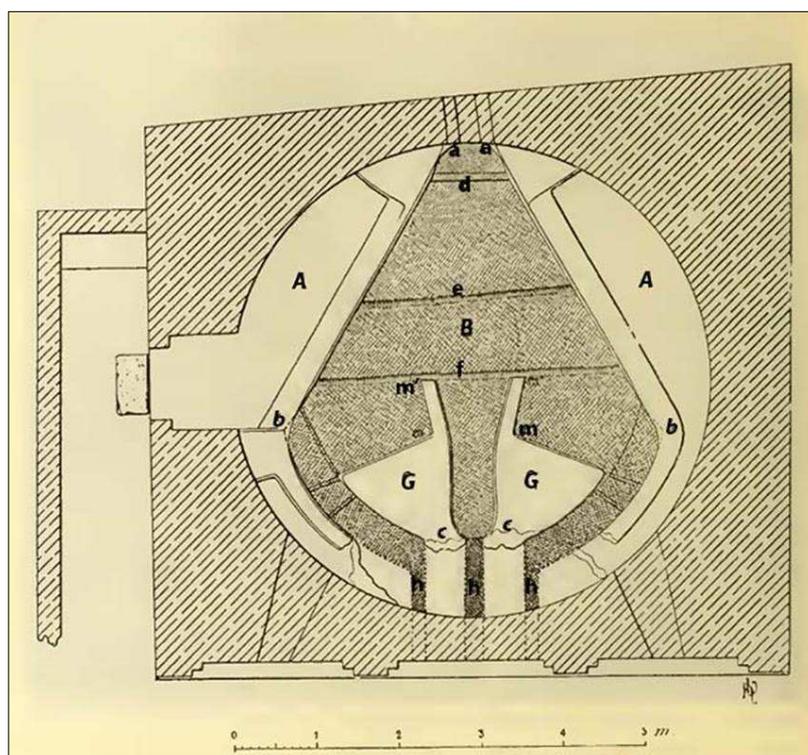


Figura 2.19 – Pompei. Pianta del serbatoio interno al *castellum*: A) livello base; B) bacino interno; a) pareti del canale di ingresso; b) pareti della vasca alta 0,87 m rispetto al livello base; c) pareti di contenimento dei tre canali; d) imbocco del canale di ingresso; e), f) lastre in piombo di filtrazione dell'acqua; G) pareti di orientamento del flusso nei tre canali di scarico; h) canali di scarico che attraversano la parete sud in tubi di piombo; m), m') pareti divisorie dell'acqua.

Fonte: <<https://pompeiiinpictures.com/pompeiiinpictures/Fountains/fountain%2061500.htm>>

2.3 L'acquedotto Pugliese

L'acquedotto Pugliese con la sua importante realizzazione ha conquistato una posizione di rilevanza internazionale, con 1598 km di canalizzazioni nell'anno di messa in esercizio (1915), primeggiando su tutti i principali acquedotti mondiali del tempo.

La Puglia è una regione caratterizzata da limitati eventi piovosi poiché le precipitazioni si verificano con più frequenza nel periodo invernale con valore medio annuo che varia tra 400 mm e 600 mm. Durante la stagione estiva si registrano sporadici ma forti temporali ed il suolo risulta più arido anche per i frequenti venti asciutti meridionali.

Il terreno composto principalmente da calcari notevolmente fratturati, con la sua struttura a spartiacque verso il Mare Adriatico, favorisce lo scorrere delle piogge ma non consente accumuli o riserve di acqua. Essa penetra verso il basso a grandi profondità

riducendone la captabilità naturale o artificiale⁴¹. Il carattere carsico dei terreni rende questa regione priva di corsi d'acqua duraturi, alternando in alcune zone periodi di alluvioni improvvise ad altri in cui si evidenzia una naturale mancanza d'acqua. Conseguenza di queste caratteristiche del suolo e del clima è l'assenza in Puglia di sorgenti superficiali importanti, ad eccezione di piccole sorgenti nel subappennino.

Negli anni precedenti alla realizzazione dell'opera, le scarse risorse idriche hanno condizionato lo sviluppo economico e sociale di questa regione, fra le prime, come indice demografico nazionale. Erano in prevalenza le famiglie appartenenti alle classi sociali più privilegiate a poter usufruire delle limitate risorse disponibili.

La popolazione, in maggioranza agricola, utilizzava adeguate cisterne per raccogliere le acque piovane destinate ad utilizzo domestico ed al bestiame riducendone l'impiego per le attività agricole⁴². I centri abitati più emancipati, attivi nei settori del commercio e dell'industria, disponevano di cisterne pubbliche costruite dalla comunità e, grazie all'attività dei venditori d'acqua, era possibile effettuare il trasporto in botti o barili dalle sorgenti più distanti della Lucania e dell'Irpinia.

Nei periodi di grande siccità la mancanza di acqua incideva sulla vita della collettività causando problemi igienico-sanitari fonte di epidemie, rendendo sempre più forte l'esigenza di un acquedotto⁴³.

Dopo varie ricerche e tentativi effettuati dai principali centri abitati, l'impossibilità di risolvere in autonomia il problema di un adeguato approvvigionamento idrico, conduce all'intervento dello Stato. Per fronteggiare l'onere di spesa richiesto viene progettato un acquedotto unico, alimentato dalle sorgenti del fiume Sele a Caposele, in provincia di Avellino, alle falde del Monte Paflagone, le cui acque prima della captazione fuoruscivano attraverso le aperture della roccia⁴⁴. Con l'arrivo dell'acqua del Sele, la Puglia raggiunge importanti miglioramenti delle condizioni economiche e soprattutto igienico-sociali, con una conseguente diminuzione della mortalità generale, specialmente per malattie trasmissibili per via idrica.

Un'attenta valutazione del problema della scarsità idrica in Puglia si inizia ad avere a partire dal 1861 con la costituzione dello Stato italiano.

Nel 1868 si intravedono le prime iniziative con la pubblicazione, da parte della Provincia di Foggia, di un bando di concorso pubblico per il progetto di un'opera attraverso la quale condurre l'acqua in tutto il territorio. Tra i vari progetti presentati, spicca la proposta dell'ingegnere Camillo Rosalba: addurre le acque delle sorgenti di

⁴¹ MOSSA MICHELE, *Una breve storia degli acquedotti e delle formule di progettazione dei condotti*, Mario Adda Editore, 2020.

⁴² CERES MICHELE, *Le vie dell'acqua, i grandi trasferimenti idrici dell'Appennino Meridionale*, Arturo Bascetta Edizioni, 2015.

⁴³ FREGA GIUSEPPE, *L'acquedotto Pugliese*, "L'ACQUA", Edizione n.6, 2011, pag.55.

⁴⁴ ENTE AUTONOMO PER L'ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L'Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.

Caposele mediante una grande condotta in galleria fino a Conza per superare lo spartiacque del Tirreno e di un canale lungo il margine dell'Ofanto verso Andria per volgere verso Corato, Ruvo, Bitonto fino a Brindisi. Il progetto viene scartato a causa della lontananza delle sorgenti e delle difficoltà costruttive per la realizzazione della galleria di valico dell'Appennino⁴⁵. La proposta viene in seguito ripresa dall'ingegnere Zampari, dopo il traforo del Sempione, che suggerisce di far arrivare le acque del Sele nelle province di Bari, Foggia e Lecce che allora rappresentavano la Puglia. Il progetto, inizialmente accettato, non viene tuttavia realizzato.

Nel 1896 viene nominata una commissione per approfondire il tema riguardante le acque potabili e, in particolare, per l'acquedotto Pugliese.

Il Regio Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 19 maggio 1898 n.332⁴⁶ rappresenta il primo atto ufficiale che conferma l'intervento dello Stato nell'approvvigionamento idrico della Puglia.

Nel 1898 viene accettato lo studio di un progetto tecnico per rendere possibile la distribuzione di acqua potabile in tutta la Puglia. Per esaminare e redigere il progetto dell'acquedotto Pugliese viene costituito, ad Avellino, un apposito ufficio del Genio Civile.

Nel 1902, con legge 26 giugno 1902 n.245⁴⁷, la commissione costituisce un consorzio fra lo Stato e le tre province di allora di Bari, Foggia e Lecce, a cui affidare il compito della costruzione, manutenzione ed esercizio perenne dell'acquedotto Pugliese. La legge stabilisce il prezzo di vendita dell'acqua, adeguandolo al livello di necessità presente in ciascun Comune, e fissa una tariffa ridotta per l'acqua da destinare alle fontane pubbliche e ad usi igienici.

Nel 1903, con la pubblicazione del bando di gara internazionale, vengono ammesse 10 ditte fra cui 5 italiane. Ma, andata deserta la gara, l'anno successivo ne viene indetta una seconda, a livello internazionale, che vede la partecipazione di imprese sia italiane che europee. Ad aggiudicarsi i lavori, per un importo di 125 milioni di lire, è la Società Anonima Italiana Ercole Antico e soci concessionaria dell'acquedotto Pugliese ed il contratto viene sottoscritto nel luglio 1905.

Nel 1906 nasce il primo consiglio di amministrazione del consorzio per l'acquedotto Pugliese sotto la direzione del presidente Giuseppe Pavoncelli. Si avviano i lavori alle sorgenti Madonna della Sanità di Caposele per la realizzazione dello scavo della grande galleria dell'Appennino e delle opere di captazione. Vengono, però,

⁴⁵ <<https://www.aqp.it/perche-acquedotto/la-storia>>.

⁴⁶ <<https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1898-08-01&atto.codiceRedazionale=098U0332&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=0&qId=7dad680a-2664-4f15-8a81-4e887cef0761&tabID=0.7934689472304761&title=lbl.dettaglioAtto>>.

⁴⁷ <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1902-06-26;245#:~:text=%C3%88%20istituito%20un%20Consorzio%20fra,Stato%20e%20delle%20dette%20pr ovincie>>.

realizzati solo la struttura del Canale Principale e le gallerie di attraversamento dell'Appennino e delle Murge poiché la Società, proseguendo inizialmente con i lavori, non riesce a rispettare il contratto⁴⁸.

Il 24 aprile 1915 arriva l'acqua a Bari e negli anni seguenti in altri 33 comuni della provincia e nella città di Taranto. I lavori subiscono un arresto a causa degli eventi della Prima guerra mondiale, con conseguenti rallentamenti, debiti e l'inevitabile intervento dello Stato. Negli anni successivi l'acqua arriva a Brindisi e poi anche a Foggia, dove la distribuzione viene ultimata in 13 anni. L'acqua nei Comuni pugliesi, nella maggioranza dei casi, viene inizialmente fornita solo attraverso le fontane pubbliche, non esistendo ancora le fognature ma solo fosse provvisorie, pozzi neri e carri botte con funzione di raccolta dei rifiuti urbani.

Con il Regio Decreto n.2060 del 1919, convertito nella Legge 23 settembre 1920 n.1365⁴⁹, viene costituito un Ente Autonomo per la costruzione, manutenzione ed esercizio dell'acquedotto Pugliese, con sede a Bari, che ottiene un importante contributo a carico del bilancio del Ministero dei Lavori Pubblici per la realizzazione di opere pubbliche straordinarie quali: la realizzazione delle condotte interne, l'ultimazione e successiva manutenzione delle opere di riforestazione del bacino del Sele, costruzione delle fognature, collegamento alle condotte d'acqua e fognarie degli edifici pubblici, organizzazione dei piani regolatori in relazione alle necessità di realizzazione e funzionamento delle condotte d'acqua e fognarie; opere di irrigazione, costruzione di case popolari e villaggi rurali, recupero di quartieri ed abitazioni insalubri.

Nel decennio tra il 1931 e il 1941 si procede con l'ultimazione dei lavori di realizzazione delle diramazioni e sub-diramazioni suburbane e urbane e della costruzione del Grande Sifone Leccese, che consente la distribuzione dell'acqua anche nella città di Lecce dove giunge nel 1927.

Nel 1938 con il Regio Decreto-legge n.1464⁵⁰, l'Ente Autonomo acquedotto Pugliese riceve l'incarico per la realizzazione e la gestione delle fognature nei Comuni serviti dall'acquedotto medesimo.

I lavori giungono al termine nel 1938, poco prima dell'inizio della Seconda guerra mondiale, con l'ultimazione delle opere di Santa Maria di Leuca. Qui viene realizzata la cosiddetta "Cascata Monumentale" sul promontorio di Punta Meliso, resa possibile utilizzando il dislivello tra il piazzale della Basilica e l'area più a valle di fronte il porto di Leuca. Essa rappresenta una soluzione architettonica di grande suggestione, perfettamente integrata nel paesaggio circostante, con un costo dell'intera spesa pari ad 1 miliardo e 23 milioni di lire di cui 970 a carico dello Stato.

⁴⁸ <<https://www.aqp.it/perche-acquedotto/la-storia>>.

⁴⁹ <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1920-09-23;1365>>.

⁵⁰ <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:regio.decreto.legge:1938-08-02;1464>>.

Nel 1942 l'E.A.A.P. ottiene l'autorizzazione da parte del governo per il completamento e la gestione della rete idrica e fognaria della Lucania e, nel 1947 attraverso un contributo statale, per la costruzione dell'acquedotto dell'Alta Irpinia. Lo Stato in quegli anni elargisce ai Comuni contributi per l'esecuzione di opere pubbliche, principalmente acquedotti e fognature, per le cui realizzazioni i Comuni si avvalgono dell'E.A.A.P. come soggetto attuatore già dalla fase di progettazione.

Nel 1950, con Legge 10 agosto 1950 n.646⁵¹, viene fondata la Cassa per il Mezzogiorno (Cassa per Opere Straordinarie di Pubblico Interesse dell'Italia Meridionale) con funzione di mediazione per l'ottenimento di finanziamenti a sostegno dell'E.A.A.P. da parte dello Stato.

Con la legge 4 febbraio 1963 n.29⁵² viene richiesta al governo la promulgazione di norme di attuazione per definire a livello nazionale una previsione del fabbisogno idrico e dei costi degli acquedotti e delle fognature nel periodo compreso tra il 1963 e il 2013. Viene emanato un decreto contenente il Piano Regolatore Generale degli acquedotti d'Italia in cui vengono stabilite le risorse essenziali per soddisfare i fabbisogni delle popolazioni servite. Per la Puglia si prevede l'utilizzo degli invasi artificiali del Pertusillo (1974), a servizio delle province di Bari, Taranto e Lecce; del fiume Fortore (1974), che pone rimedio ai problemi di approvvigionamento idrico della Capitanata⁵³; del fiume Sinni (1986), che, con una capacità di trattamento di 6 m³/s, è uno dei più grandi d'Europa; del torrente Locone (1998) e di Conza. Con l'arrivo dell'emergenza derivante dalla diffusione dell'epidemia di colera si attua anche il programma di costruzione dei nuovi impianti di depurazione.

Nel maggio del 1999, con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale del decreto legislativo n.141⁵⁴, avviene la conversione dell'Ente Autonomo acquedotto Pugliese in società per azioni.

Con la legge finanziaria del 2002, il Ministero dell'Economia e delle Finanze ordina la cessione gratuita dell'intero pacchetto azionario dell'acquedotto Pugliese S.p.A. alle regioni Puglia e Basilicata. Sempre nel 2002 l'Acquedotto Pugliese S.p.A. sigla con la regione Puglia un accordo per l'affidamento della gestione del servizio idrico integrato (S.I.I.) relativo ai Comuni di tutto il territorio fino al 31 dicembre 2018. Nello stesso anno viene fondata l'Autorità d'Ambito Territoriale per la Puglia (AATO Puglia), che esercita funzioni di indirizzo e controllo sull'attività compiuta dell'acquedotto Pugliese S.p.A in qualità di gestore del servizio.

⁵¹ <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1950;646>>.

⁵² <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1963-02-04;129>>.

⁵³ Parte settentrionale della Puglia, denominazione antica dell'attuale provincia di Foggia.

⁵⁴ <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:1999-05-11;141>>.

2.3.1 Caratteristiche progettuali

L'acquedotto Pugliese è considerato un'imponente opera idrica, il più grande acquedotto d'Europa e tra i primi nel mondo, per lo sviluppo delle sue canalizzazioni.

In uno storico edificio, chiamato Palazzo dell'Acqua e sito nella città di Bari, si trovano gli uffici centrali dell'Ente, con all'interno la biblioteca e i laboratori scientifici utilizzati per effettuare le prove sui materiali da costruzione, le misurazioni idrauliche e gli esami chimici. È presente anche una rete telefonica che collega la sede dell'Ente alle principali opere dell'acquedotto, da Capo Sele al Capo di Leuca, ai più grandi centri abitati serviti. L'edificio, simbolo dell'importante conquista dell'acqua per la Puglia, è stato progettato dall'ingegnere Cesare Vittorio Brunetti e ultimato nel 1931.⁵⁵ È un'opera in muratura all'avanguardia per tipologia strutturale dell'epoca, realizzata in bugnato di colore bianco, in stile romanico-pugliese, ispirata ai più noti monumenti architettonici della regione. Al suo interno è presente una galleria di dipinti murali, sculture, arredi ed altre decorazioni realizzate dall'artista romano Duilio Cambellotti ed ispirate al tema dell'acqua.



Figura 2.20 – Bari. Palazzo dell'Acqua, progettato dall'ingegnere Cesare Vittorio Brunetti (1931).

Fonte: <<https://www.aqp.it/aqp-comunica/multimedia/il-palazzo-dellacqua-un-monumento-allacqua>>

⁵⁵ <<https://www.aqp.it/pianeta-acqua/palazzo-acqua>>.

L'acquedotto è costituito da un insieme di opere, a servizio di centri abitati distribuiti su un'ampia superficie, aventi in comune la sorgente. Partendo da una condotta maestra, chiamata Canale Principale, nascono varie diramazioni lungo il percorso che rappresentano altrettanti acquedotti per singoli abitati o abitati più numerosi⁵⁶. È stato realizzato sulla base delle norme tecniche più evolute del tempo, ricorrendo ad opportune soluzioni in modo tale da poter salvaguardare le proprietà dell'acqua di sorgente lungo tutto il suo percorso nelle condotte della rete.

Di importante valutazione nella fase progettuale è stata la possibilità di preservare la protezione termica delle condotte, considerando la lunghezza del tratto attraversato, le alte temperature nella stagione estiva e la rilevante conducibilità delle rocce calcaree. Si è infatti stimato l'ininfluente aumento della temperatura dell'acqua di pochi gradi centigradi nel suo lungo percorso.

I terreni individuati per la realizzazione dell'opera hanno consentito l'utilizzo del cemento armato per le condotte in pressione lungo l'intero percorso partendo dalla sorgente di Caposele e arrivando al Capo di Santa Maria di Leuca. Invece la ghisa, più onerosa ma maggiormente resistente alle alte pressioni, è stata privilegiata per le condotte che dai serbatoi arrivano ai centri abitati ed anche per quelle della rete di distribuzione all'interno degli abitati⁵⁷.

Tutti i canali a pelo libero, sia in galleria che in trincea, sono stati realizzati in muratura di calcestruzzo, pietrame o mattoni con malta di cemento. Si è optato per il cemento armato nella realizzazione delle condotte in pressione fino ai serbatoi ottenendo buone prestazioni in esercizio.

Per tutti gli impianti di sollevamento sono state disposte due diverse energie motrici, per garantirne il funzionamento.

Per la distribuzione dell'acqua nei centri abitati presenti lungo il percorso non sono stati adoperati i serbatoi di estremità, poiché eccessivamente lontani da molte ramificazioni, e le diramazioni dirette per evitare sbalzi di pressione con rischio di colpo d'ariete per repentine chiusure. Ma è stata adottata una valida soluzione che comprende l'inserimento di torrini piezometrici provvisti in cima di un setto che suddivide il sifone in una serie di sezioni staccate, ognuna delle quali è sottoposta alla quota idrostatica dalla quale far partire le diramazioni⁵⁸.

Per i serbatoi, posti in vicinanza dei centri abitati, è stata prevista una capacità tale da soddisfare le funzioni di compenso diurno e anche quelle di riserva, regolamentata a 30 ore di consumo, con estensione anche di qualche giorno per quelli più lontani dal punto di partenza del Canale Principale. Considerando, inoltre, la conformazione

⁵⁶ ENTE AUTONOMO PER L'ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L'Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.

⁵⁷ *Ibidem*.

⁵⁸ FREGA GIUSEPPE, *L'acquedotto Pugliese*, "L'ACQUA", Edizione n.6, 2011, pag.55.

pianeggiante della Puglia si è ritenuto opportuno realizzare diversi serbatoi pensili in cemento armato che presentano una definizione strutturale di rilievo.

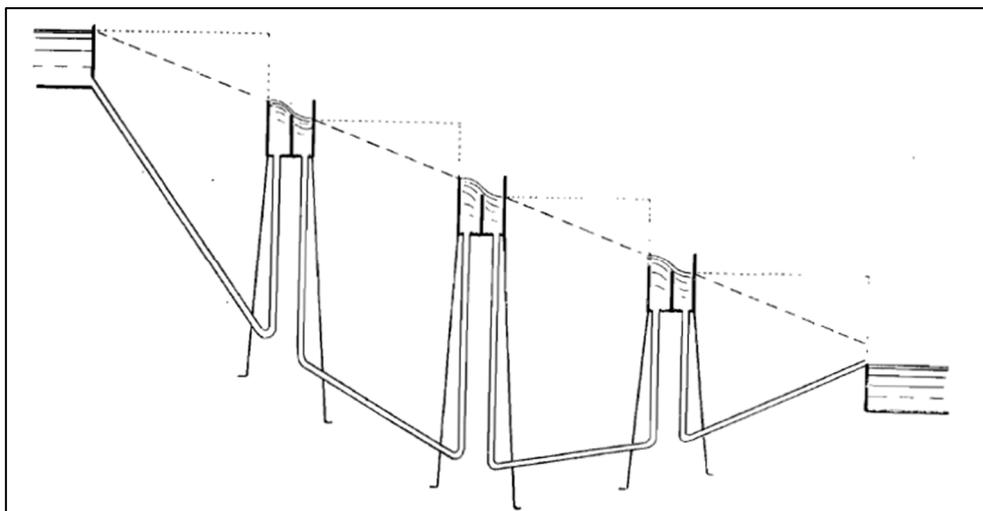


Figura 2.21 – Torrini di interruzione in c.a. con vaschette che raggiungono la linea dei carichi idrodinamici.

Fonte: FREGA GIUSEPPE, *L'acquedotto Pugliese*, "L'ACQUA", Edizione n.6, 2011, pag.55.

Nel complesso l'acquedotto Pugliese ha un'estensione di 3135 km che comprende⁵⁹:

- 244 km del Canale Principale da Caposele a Villa Castelli;
- 239 km di diramazioni primarie di cui 46 km a pelo libero (nel primo tratto dell'acquedotto di Capitanata) e 193 km di condotta forzata inclusi i 125 km del Grande Sifone Leccese;
- 1807 km di diramazioni secondarie;
- 830 km di canalizzazione per la fornitura all'interno degli abitati.

L'acquedotto risulta sempre soggetto ad opere di ammodernamento e potenziamento delle infrastrutture, conseguenti al progressivo inaridimento delle fonti tradizionali di approvvigionamento (bacini artificiali di raccolta, pozzi artesiani) e delle perdite d'acqua durante il suo lungo percorso. Tra gli interventi recenti più significativi, la realizzazione di un innovativo sistema di telecontrollo delle reti che, attraverso un

⁵⁹MONTE ANTONIO, *Il grande patrimonio industriale dell'Acquedotto Pugliese: conoscenza, salvaguardia e valorizzazione turistico-culturale*, in "Lungo la Ciclovia dell'Acquedotto Pugliese – Storia, patrimonio industriale e valorizzazione condivisa", Palazzo Ducale, Martina Franca (TA), 12 dicembre 2015 <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>.

applicativo informatico, rende possibile l'accesso in remoto per il controllo delle reti di adduzione e distribuzione.

Una recente ed interessante iniziativa è rappresentata dal progetto della ciclovia dell'acquedotto Pugliese, il cui completamento è previsto entro il 2026, pensata con l'obiettivo di migliorare e valorizzare alcune opere dell'acquedotto e promuovere un turismo ecosostenibile. Il progetto riguarda la realizzazione di un itinerario cicloturistico di oltre 400 km, considerato il secondo percorso ciclabile europeo su acquedotto, lungo la vecchia strada di servizio del canale principale con funzione di ispezione della condotta. Esso segue il tracciato delle due condotte storiche dell'acquedotto: il Canale Principale, da Caposele (AV) a Villa Castelli (BR), ed il Grande Sifone Leccese, attraversando luoghi suggestivi della Campania, della Basilicata e della Puglia ancora poco apprezzati (Alta Irpina, Vulture Melfese, Alta Murgia, Valle d'Itria, Arneo ed entroterra del Salento)⁶⁰.

2.3.2 Le sorgenti, le opere di presa, il canale principale e le diramazioni

L'acquedotto Pugliese è alimentato dalle storiche sorgenti situate nella provincia di Avellino: la sorgente Sanità in agro di Caposele ed il gruppo sorgentizio composto dalle sorgenti Pollentina, Bagno della Regina e Peschiera, tra i comuni di Cassano Irpino e Montella. La sorgente Sanità del fiume Sele, la sola che inizialmente alimentava l'acquedotto, sgorga a 420 m s.l.m. sul versante tirrenico del monte Cervialto presso Caposele, in provincia di Avellino⁶¹. Le sue acque, fra le migliori per le caratteristiche chimiche, fisiche e batteriologiche costanti, sono deviate dall'antico corso, che nasce sotto il monte Paflagone e sfocia nel Tirreno presso Paestum; superando i monti, giungono attraverso canali e condotte fino al Salento. Le sorgenti hanno una portata in media di circa 4 m³/s, pressoché regolare durante l'anno, con un massimo ed un minimo rispettivamente nei mesi di luglio e di gennaio.

Con il passare del tempo, le principali fonti di approvvigionamento dell'acquedotto si sono rivelate insufficienti a soddisfare il fabbisogno crescente della popolazione rendendo fondamentale la scelta di ricorrere agli invasi artificiali e a circa 200 pozzi, alimentati dalle acque della falda idrica. Gli invasi artificiali utilizzati, che permettono l'impiego di acque superficiali, sono stati realizzati mediante la costruzione dei seguenti sbarramenti: Diga di Occhito, sul fiume Fortore a Carlantino (FG); Diga del Locone, sul torrente Locone a Minervino Murge (BT); Diga del Pertusillo, sul il fiume Agri a Spinoso (PZ); Diga di Monte Cotugno, sul fiume Sinni a Senise (PZ)⁶².

⁶⁰ <<https://www.aqp.it/pianeta-acqua/ciclovia-acquedotto-pugliese>>.

⁶¹ <<https://www.aqp.it/scopri-acquedotto/gli-impianti/sorgenti>>.

⁶² <<https://www.aqp.it/scopri-acquedotto/servizi/servizi-distribuzione-acqua>>.



Figura 2.22 – Schema rete acquedotto Pugliese.

Fonte: <http://www.forumtelecontrollo.it/allegati/11.10intesis_sinni_lanave_w.pdf>

A differenza delle acque di sorgente, per le acque degli invasi artificiali e dei pozzi sono necessari processi di potabilizzazione prima del loro utilizzo, in base alla classificazione in categorie come previsto dall' art. 80 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152⁶³. Al momento sono presenti 5 impianti di potabilizzazione gestiti dall'Acquedotto Pugliese S.p.a.: l'impianto di potabilizzazione del Sinni, il più grande, in esercizio dal 1986, progettato per potabilizzare l'acqua del fiume omonimo; l'impianto di potabilizzazione del Locone, in esercizio dal 1999; l'impianto di potabilizzazione del Pertusillo, in esercizio dal 1974; l'impianto di potabilizzazione del Fortore, in esercizio dal 1974; l'impianto di potabilizzazione di Conza, a valle dell'omonima diga realizzata sbarrando il fiume Ofanto a Conza della Campania (AV), terminato nel 2014.

Le opere di presa sono costituite da un canale collettore allacciante, lungo 75,75 m a fondo naturale, e canali trasversali sostenuti dalla roccia in corrispondenza dei punti in cui si trovavano le fonti più intense.

Le sorgenti sono risultate naturalmente collegate poiché nel punto terminale sottostante era presente una fascia di terreni impermeabili sulla quale è stato inserito un diaframma murario con lunghezza pari a 64 m per salvaguardare la posizione e la stabilità delle sorgenti mantenendone inalterata nel tempo l'originaria conformazione. Ad una

⁶³<<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2006;152~art80!vig=>>.

quota di 417,76 m si trova l'ingresso del Canale Principale in corrispondenza della camera di raccolta nella quale termina il collettore allacciante⁶⁴.

Il Canale Principale è il componente fondamentale del sistema adduttore, con funzionamento idraulico a pelo libero. Ciò consente di sfruttare la gravità con un minore consumo di energia grazie ad una leggera pendenza costante, a differenza di tutti gli altri vettori che funzionano in pressione. Esso è alimentato dalle acque del Sele e, a partire dal 1970, anche da quelle del fiume Calore attraverso la galleria di passaggio Cassano Irpino-Caposele. L'opera si sviluppa in 99 gallerie lunghe 109 km, trincee e rilevati per 120 km, si solleva su 91 ponti canale per 6,8 km (tra i quali Atella, Bradano, Tragino, Vonchia, S. Pietro), scende e riprende quota mediante 6 sifoni, che interrompono la continuità a pelo libero del canale, a doppia canna per 7.2 km e costruiti per l'attraversamento di vallate poiché meno onerosi dei ponti canale.



Figura 2.23 – Atella (PZ). Ponte canale.

Fonte:<<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

⁶⁴ ENTE AUTONOMO PER L'ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L'Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.

Per la progettazione del Canale Principale sono state considerate pendenze variabili da un minimo di 25 ‰ a un massimo di 40 ‰, per una capacità di trasporto massima iniziale di circa 6,3 m³/s e decrescente fino al suo punto di arrivo in località Monte Fellone presso Villa Castelli (BR), mantenendo sulle Murge sempre una quota tale da rendere possibile la distribuzione dell'acqua sotto carico naturale agli abitati. Esso è stato realizzato quasi interamente in muratura (calcestruzzo di cemento, pietra o mattoni con malta idraulica), con sezione decrescente con le portate e di forma variabile a seconda della natura dei terreni attraversati (policentrica, circolare, ecc.).

Il Canale Principale attraversa le province di Avellino, Salerno, Potenza, Matera, Bari, Brindisi e Taranto lungo un percorso complessivo di circa 244 km⁶⁵. Il tratto del Canale di maggior rilievo attraversa l'Appennino, dal bacino del Sele al bacino dell'Ofanto, percorrendo circa 55 km, fino ad arrivare in località Contista presso Venosa, quasi tutta in sotterraneo dove è presente la galleria Pavoncelli lunga circa 15 km. Essa è ritenuta da un punto di vista tecnico più importante, anche se di lunghezza leggermente inferiore, della galleria che oltrepassa le Murge, lunga circa 16 km, a causa della complessa attività di trivellazione dei terreni argillosi spingenti attraversati per lunghe tratte.

Lungo l'intero percorso attraversato dal canale sono presenti 30 scarichi totali, 274 pozzetti di visita e camere di discesa, 41 case cantoniere, 19 sifoni autolivellatori in cemento armato tipo Gregotti. Sui ponti, nei tratti in trincea e in rilevato, alle estremità delle gallerie e dei sifoni si trovano anche strade di servizio.

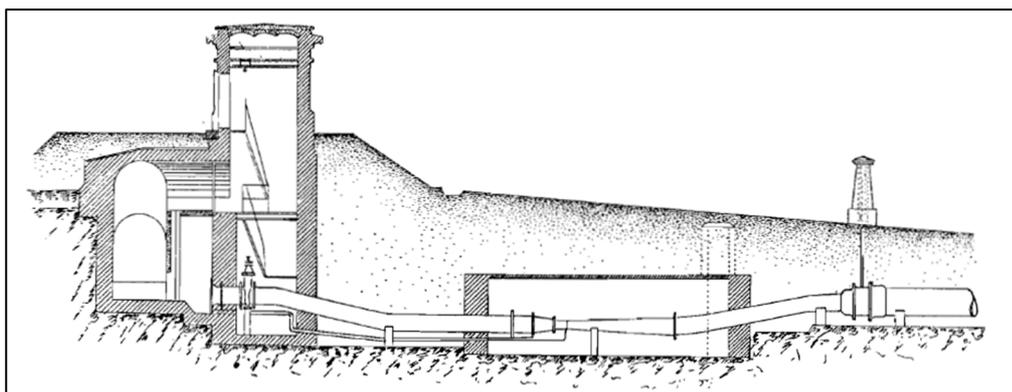


Figura 2.24 – Edificio di presa sul Canale Principale dell'acquedotto Pugliese.

Fonte: <https://www.ifontanaritorremaggioresi.com/files/visita_sele---copia--1-.pdf>

⁶⁵ ENTE AUTONOMO PER L'ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L'Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.

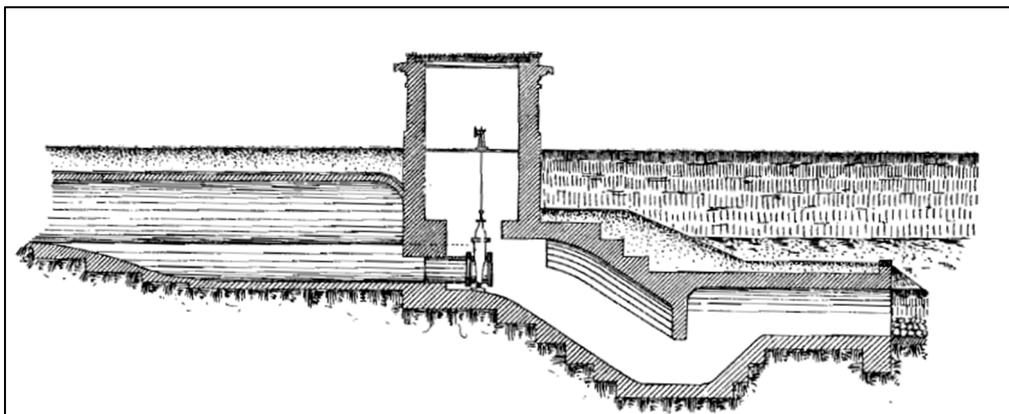


Figura 2.25 – Scarico totale sul Canale Principale dell’acquedotto Pugliese.

Fonte: <https://www.ifontanaritorremaggioresi.com/files/visita_sele---copia--1-.pdf>

Dal Canale Principale partono 27 diramazioni, di cui le principali sono: la diramazione dell’Alta Irpinia, a servizio di diversi comuni irpini e della Daunia meridionale; la diramazione primaria della Capitanata in parte a pelo libero e in parte in condotta forzata, il cui punto d’arrivo è il serbatoio Besanese vicino Apricena. Dalla Diramazione Primaria si distaccano 12 ramificazioni a servizio di 42 abitati, di cui 29 ricevono l’acqua con impianti di sollevamento termici o idraulici, in zone poste a quota maggiore del canale. La provincia di Bari viene rifornita attraverso 14 diramazioni inserite nel Canale Principale. La provincia di Brindisi è servita mediante 4 diramazioni dal Canale Principale, di cui 2 provenienti dal Ramo Principale e 1 appartenente al Ramo Adriatico del Sifone del Salento⁶⁶. La provincia Ionica è servita da tre gruppi di diramazioni: la parte occidentale è alimentata dal gruppo con presa dal Canale Principale, presso Gioia del Colle; la parte centrale è alimentata dal gruppo di diramazioni che si distacca dal termine del Canale Principale, presso Villa Castelli; la parte orientale è alimentata con diramazioni del Grande Sifone Leccese.

2.3.3 Il Grande Sifone Leccese

Il Grande Sifone Leccese costituisce uno dei tronchi provenienti dal Canale Principale che arriva fino alla cascata monumentale, progettata dall’ingegnere Cesare Vittorio Brunetti⁶⁷, realizzata ai piedi del Santuario di Santa Maria di Leuca, che termina nel mare fungendo da sbocco finale della grande opera acquedottistica.

⁶⁶ ENTE AUTONOMO PER L’ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L’Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.

⁶⁷ <<https://voicedellacqua.aqp.it/news-i-monumenti-dellacqua-nel-nome-dellingegner-cesare-brunetti>>.

Esso rappresenta una soluzione singolare pensata per servire zone con una particolare configurazione del territorio, con grande estensione e notevole depressione, non ancora raggiunte dall'acquedotto. Nasce come progetto alternativo a quelli precedentemente valutati poiché, con una condotta con carichi più ridotti e valori di pressione massima, ha reso possibile l'impiego di tubazioni in cemento armato. Al contrario, la costruzione di un sifone lungo oltre 80 km avrebbe richiesto maggiori costi di costruzione e reso più complicato l'esercizio poiché sottoposto a carichi superiori a 200 metri di acqua, con alimentazione diretta dei centri abitati per mancanza di quote opportune per l'ubicazione dei serbatoi⁶⁸.

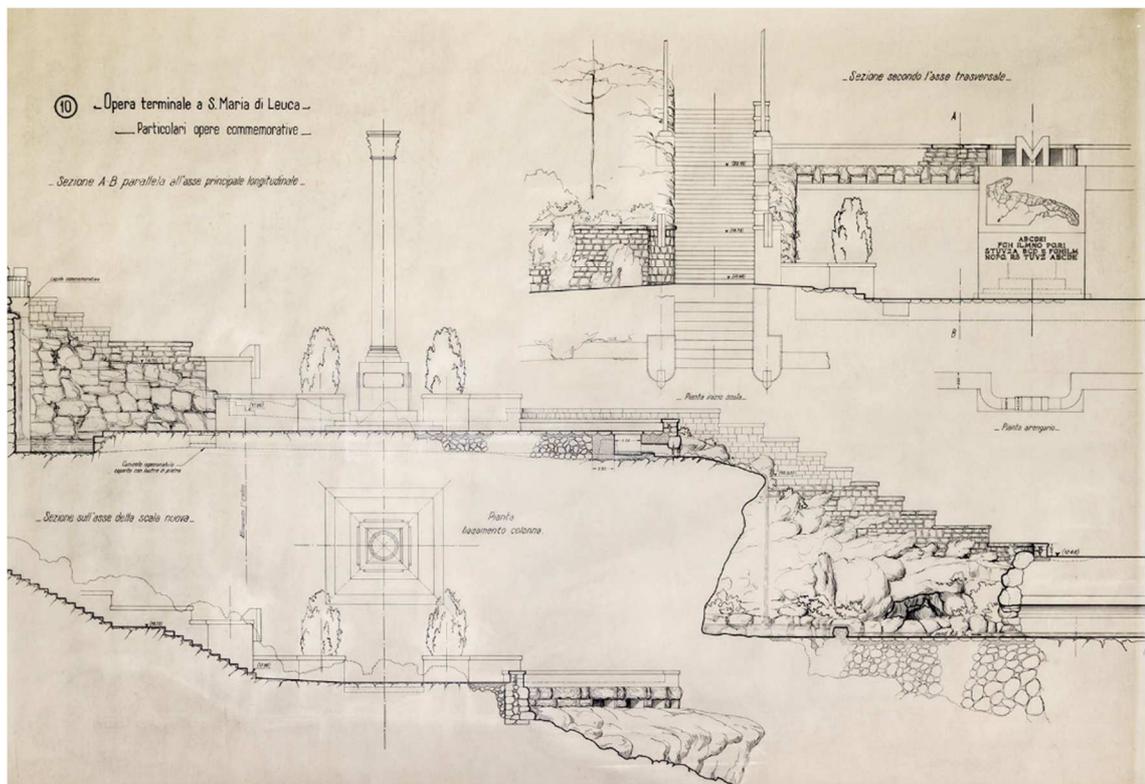


Figura 2.26 – Santa Maria di Leuca (LE). Sezioni e piante opera terminale Grande Sifone Leccese.

Fonte: <<https://www.zoomculture.it/portfolio-item/la-via-dellacqua-patrimonio-industriale-dellacquedotto-pugliese/>>

⁶⁸ ENTE AUTONOMO PER L'ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L'Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.



Figura 2.27 – Santa Maria di Leuca (LE). Cascata monumentale, progettata dall'ingegnere Cesare Vittorio Brunetti (1939).

Fonte: <<https://www.grottedileuca.com/orari-apertura-cascata-monumentale-santa-maria-di-leuca/>>



Figura 2.28 – Santa Maria di Leuca (LE). Cascata monumentale, progettata dall'ingegnere Cesare Vittorio Brunetti (1939).

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

La parte terminale del Canale Principale è costituita da una camera di carico da cui parte una condotta forzata in acciaio del diametro di 1,200 m/m, con capacità di portata di oltre 2 m³/s. Ai suoi piedi è stata installata la Centrale Idroelettrica Battaglia a

Villa Castelli (BR) con turbine idrauliche della potenza di 2260 HP, per la cui energia si sfruttava il salto di 120 m della condotta da una quota di circa 324 m ad una quota di circa 200 m.



Figura 2.29 – Centrale Idroelettrica Battaglia di Villa Castelli (BR).

Fonte: <<https://www.zoomculture.it/portfolio-item/la-centrale-idroelettrica-battaglia/>>



Figura 2.30 – Centrale Idroelettrica Battaglia di Villa Castelli (BR) – Interno.

Fonte: <<https://www.zoomculture.it/portfolio-item/la-centrale-idroelettrica-battaglia/>>

Messa in funzione nel 1939, dismessa nel 1971, con l'entrata in esercizio dell'acquedotto Pertusillo e la riduzione delle portate idriche, è rientrata nuovamente in esercizio nel 2011 dopo interventi di ristrutturazione grazie all'impiego di nuove tecnologie; automatizzata con sistema di telecontrollo e di telecomando a distanza, può generare 450 mWh, sufficienti per la fornitura di energia elettrica di un Comune di circa 3500 abitanti⁶⁹.

La camera di scarico delle turbine rappresenta quella di carico del Sifone. Grazie al collegamento con una specifica componente, è possibile deviare l'acqua in caso di arresto della centrale smorzandovi la sua energia.

Il Grande Sifone Leccese lungo un tragitto di circa 40 km, a partire dalla camera di scarico, scende fino alla collina S. Paolo in agro di Salice Salentino (LE) dove si trova un serbatoio di riserva della capacità di 17000 m³ che funge anche da partitore per i due rami del sifone: il Ramo Adriatico, per Cellino e Lecce, fino all'impianto di sollevamento di Galugnano basso (Lecce, 1928-1931), ai piedi delle Murge Salentine; il Ramo Ionico, per Zanzara e Nardò fino al serbatoio e all'impianto di sollevamento di Galatone (Lecce, 1928-1933), anch'esso ai piedi delle Murge Salentine. I due impianti di sollevamento ed altri due più a valle, alimentati dalla centrale idroelettrica, sollevano complessivamente oltre 300 l/s di acqua sull'altipiano salentino. Qui attraverso condotte a carico naturale, provenienti dai serbatoi collocati al termine delle tubazioni prementi degli impianti, è possibile rifornire i centri abitati.

Il tratto principale del Sifone, che da Battaglia arriva a S. Paolo, è lungo 38,79 km ed è costituito da condotte di diametro variabile compreso tra 900 e 1000 m/m. Il ramo Adriatico è lungo 51,44 km e quello Ionico 33,07 km⁷⁰.

Il profilo del Sifone, allineandosi ai punti maggiormente elevati del terreno, riduce la quota originaria. Le pressioni di esercizio risultano, quindi, inferiori a 6 atmosfere e ciò consente l'impiego di tubazioni in cemento armato meno costose di quelle metalliche.

Torrini di interruzione in cemento armato, muniti di vasche che a pelo libero arrivano alla linea dei carichi piezometrici, sono stati realizzati in specifici punti lungo il Sifone. Essi, separando in tratti differenti il Sifone, mantengono costante il livello della quota di carico delle diramazioni da essi provenienti rendendo non necessario l'utilizzo di serbatoi di compenso.

⁶⁹MONTE ANTONIO, *Il grande patrimonio industriale dell'Acquedotto Pugliese: conoscenza, salvaguardia e valorizzazione turistico-culturale*, in "Lungo la Ciclovia dell'Acquedotto Pugliese – Storia, patrimonio industriale e valorizzazione condivisa", Palazzo Ducale, Martina Franca (TA), 12 dicembre 2015 <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>.

⁷⁰ ENTE AUTONOMO PER L'ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L'Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.

Considerando l'intera dotazione idrica degli abitati da servire, attraverso la camera di carico, viene introdotta nel Sifone una portata d'acqua continua. In caso di maggior consumo si compensa con i serbatoi di riserva situati presso gli impianti di sollevamento di Galugnano e Galatone, agli estremi del Grande Sifone Leccese. L'acqua non utilizzata, nei periodi di minor consumo, prosegue invece nel Sifone fino al serbatoio d'estremità.

Il Grande Sifone di Lecce complessivamente, attraverso 21 diramazioni, serve l'intera provincia di Lecce, parte della provincia di Brindisi e di quella di Taranto con una capacità iniziale di portata pari a 855,36 lt/sec.

2.3.4 Il serbatoio di compenso di Altamura (BA)

Il serbatoio di compenso, realizzato nel 1925 e ultimato nel 1931, con una vasca di capacità di 625 m³ ripartiva l'acqua per gli abitati di Altamura, Gravina in Puglia e Matera. Sono ancora presenti al suo interno le vecchie condotte e la camera di manovra, in funzione fino al 2010. Caratterizzato da 2 volte concentriche sovrapposte, si sviluppa su quattro livelli. Il Palazzo-serbatoio con D.D.R. del 19 febbraio 2009 è stato dichiarato di interesse storico-artistico.⁷¹.



Figura 2.31 – Altamura (BA). Palazzo - serbatoio (1931).

Fonte:<<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

⁷¹ MONTE ANTONIO, *Il grande patrimonio industriale dell'Acquedotto Pugliese: conoscenza, salvaguardia e valorizzazione turistico-culturale*, in "Lungo la Ciclovia dell'Acquedotto Pugliese – Storia, patrimonio industriale e valorizzazione condivisa", Palazzo Ducale, Martina Franca (TA), 12 dicembre 2015<<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>.

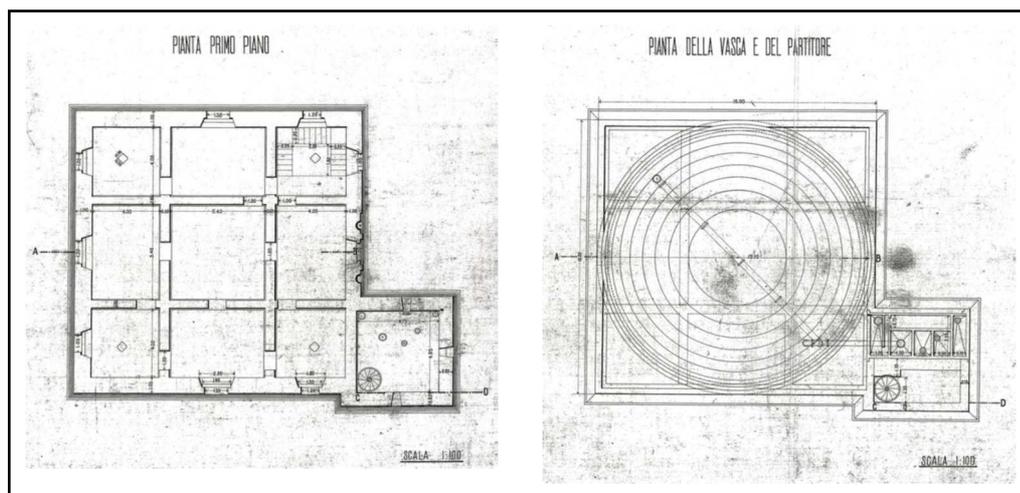


Figura 2.34 – Altamura (BA). Palazzo – serbatoio, pianta del primo piano, della vasca e del partitore. Scala 1:100.

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

2.3.5 Il Serbatoio pensile di Lecce

È un'opera caratterizzata da un grande effetto visivo e viene definita anche “astronave” a causa della sua forma circolare. Essa presenta un diametro di circa 25 m e un'altezza totale pari a 28 m. Al suo interno un'unica vasca centrale della capacità di circa 4000 m³ posta a circa 16 metri dal piano di campagna è sorretta da 12 colonne in calcestruzzo⁷². Inaugurato nel 1931 da S.M. il Re V. Emanuele III, alimenta il centro storico di Lecce e la zona nord della città.

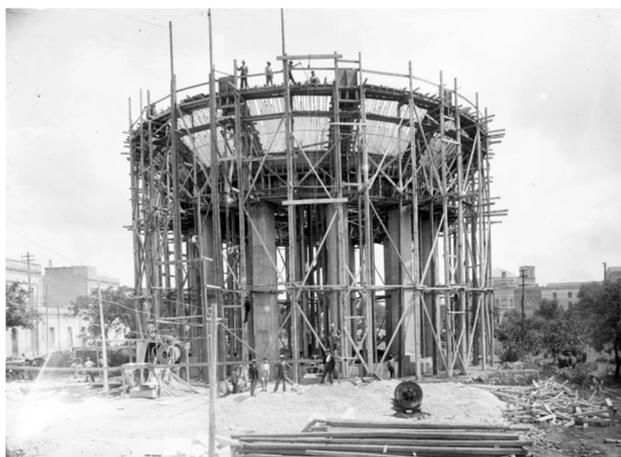


Figura 2.35 – Lecce. Serbatoio pensile in fase di costruzione.

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

⁷² MONTE ANTONIO, *Il grande patrimonio industriale dell'Acquedotto Pugliese: conoscenza, salvaguardia e valorizzazione turistico-culturale*, in “Lungo la Ciclovia dell'Acquedotto Pugliese – Storia, patrimonio industriale e valorizzazione condivisa”, Palazzo Ducale, Martina Franca (TA), 12 dicembre 2015 <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>.



Figura 2.36 – Lecce. Serbatoio pensile.

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

2.3.6 Serbatoio Alto di Corigliano d’Otranto (LE)

Serbatoio di accumulo idrico situato su un colle a Madonna degli Angeli, nel territorio di Corigliano d’Otranto (LE), progettato nel 1931 dall’Ingegnere e architetto Gaetano Minnucci e realizzato nel 1935, ancora in uso e in buone condizioni. Con una capacità di 22000 m³, attraverso un impianto di sollevamento che porta l’acqua a quota adeguata, alimenta tuttora gli abitati del territorio⁷³. Costituito da una struttura cilindrica del diametro di 30 m in calcestruzzo armato all’interno e muratura in pietra artificiale all’esterno, in linea con gli stili architettonici del tempo, è uno dei più grandi d’Europa. Nella parte interna è presente una scala di servizio che porta alla calotta terminale ed all’esterno presenta delle costolonature verticali.

⁷³ MONTE ANTONIO, *Il grande patrimonio industriale dell’Acquedotto Pugliese: conoscenza, salvaguardia e valorizzazione turistico-culturale*, in “Lungo la Ciclovia dell’Acquedotto Pugliese – Storia, patrimonio industriale e valorizzazione condivisa”, Palazzo Ducale, Martina Franca (TA), 12 dicembre 2015 <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>.

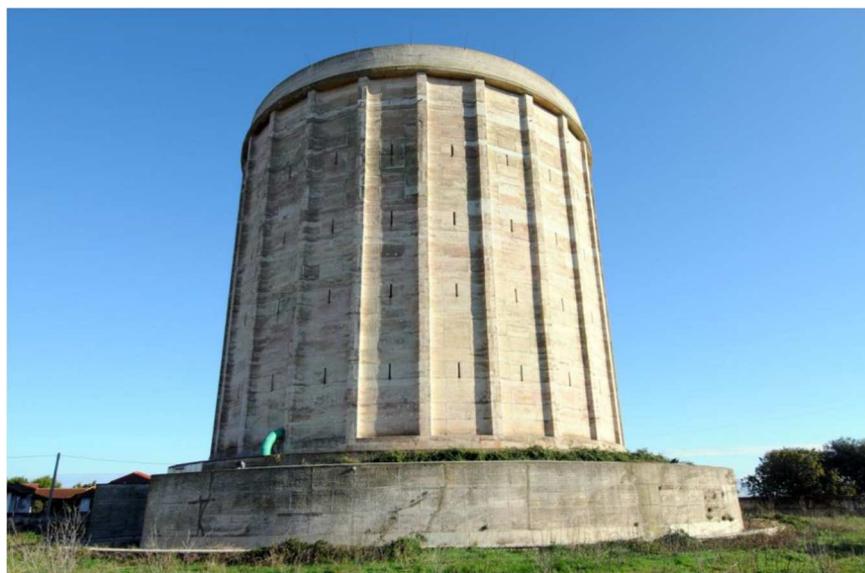


Figura 2.37 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci.

Fonte:<<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

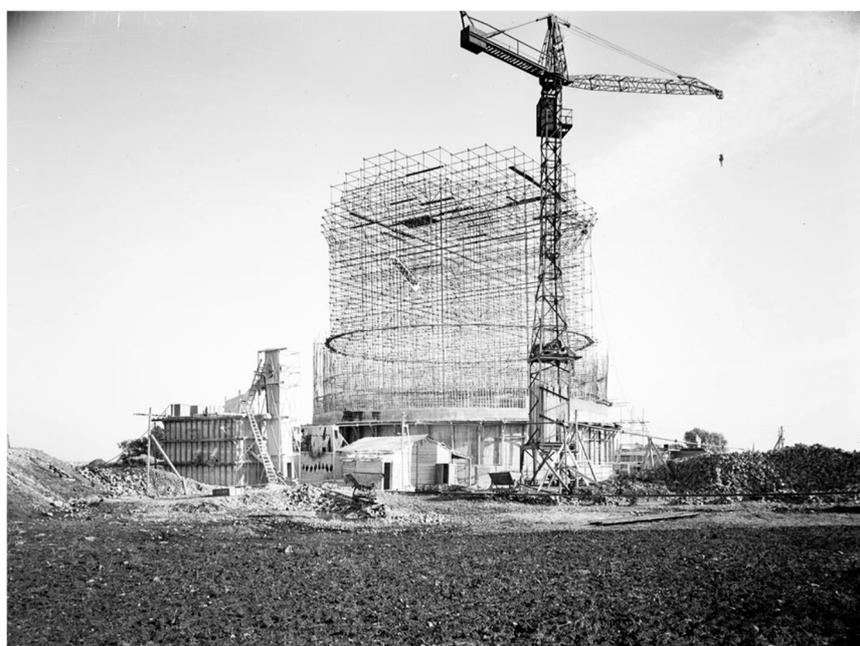


Figura 2.38 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci. Serbatoio in fase di costruzione.

Fonte:<<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

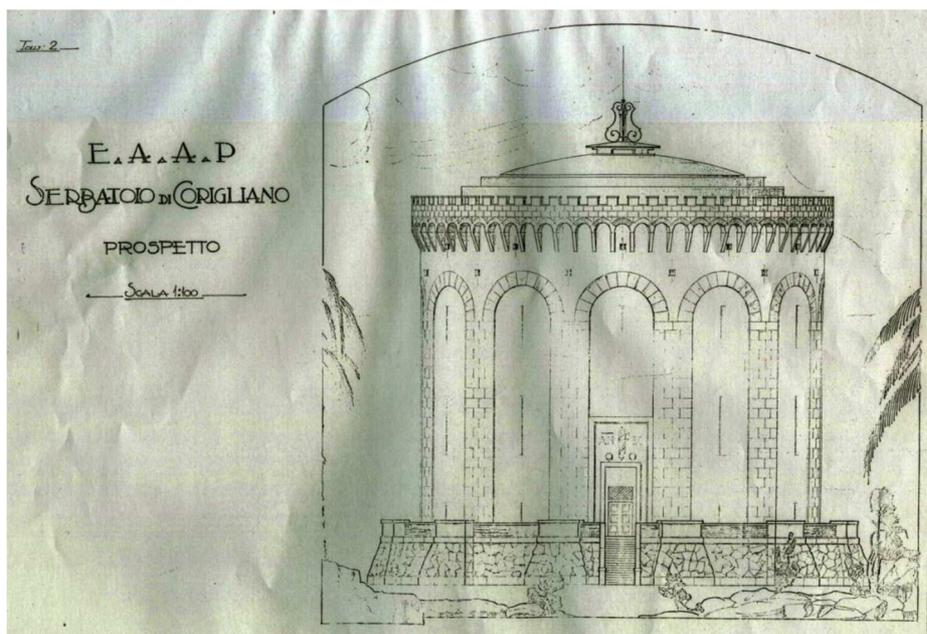


Figura 2.39 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci. Prospetto serbatoio Scala 1:100.

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

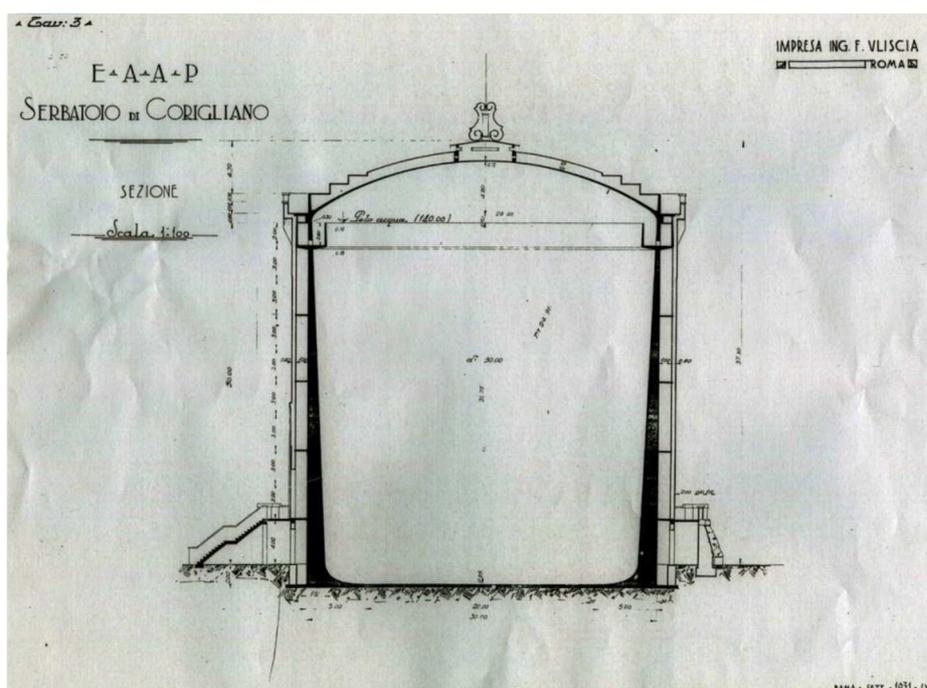


Figura 2.40 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci. Sezione serbatoio Scala 1:100.

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Capitolo 3

L'approvvigionamento idrico in Calabria e il caso dell'acquedotto Merone di Cosenza

Nel capitolo conclusivo si è valutato l'approfondimento di un caso studio che da un punto di vista geografico e storico può essere correlato ai contesti esaminati in precedenza. È stato scelto come luogo oggetto di indagine la città di Cosenza anche per il legame con l'autrice dell'elaborato. In questo territorio l'acqua ha influito nei processi insediativi e produttivi, nella trasformazione urbana attraverso un'evoluzione del rapporto acqua/città, organizzandone naturalmente gli spazi e diventando parte della sua architettura. Le strutture acquedottistiche testimoniano le fasi di sviluppo del nucleo urbano, la connessione con la storia e le caratteristiche del territorio in cui si inseriscono.

3.1 Le risorse idriche in Calabria

Il territorio della Calabria presenta caratteristiche geologiche molteplici che ne rendono fortemente mutevole il paesaggio. Esso, prevalentemente montuoso e collinare ed in minima percentuale costituito da pianure, alterna i paesaggi mediterranei, lungo le due coste tirrenica e ionica, alle ripide montagne nelle zone più interne sulle quali si riversano vari corsi d'acqua per la maggior parte a carattere torrentizio.

L'orografia è correlata in modo rilevante ai caratteri climatici della regione. Il clima temperato con estati calde e aride ed inverni più freddi e piovosi nelle zone più interne e più miti nelle zone costiere contribuisce al verificarsi di piene intense ed improvvise a seguito di violenti nubifragi nei mesi invernali e considerevoli magre nei restanti periodi dell'anno. La notevole pendenza dei versanti, l'impermeabilità delle rocce e la modesta superficie delle zone ad alta quota, influiscono sul grado di perennità dei corsi d'acqua che risulta molto basso. La cadenza variabile dei fenomeni meteorici e l'instabilità delle temperature nel corso dell'anno determinano alluvioni e frane e sollecitano le erosioni⁷⁴.

L'insieme di queste condizioni naturali che contraddistinguono la Calabria ne influenzano la pianificazione urbana facilitando maggiormente gli insediamenti nelle zone pianeggianti e lungo la costa rispetto alle aree montane caratterizzate da minore densità abitativa.

La Calabria grazie alle sue caratteristiche idrogeologiche dispone di molte risorse idriche che hanno consentito il soddisfacimento della domanda potabile e lo sviluppo delle comunità locali malgrado gli eventi siccitosi, la crescente richiesta, gli effetti preoccupanti delle variazioni climatiche e le problematiche tecniche delle reti di distribuzione. La maggior parte dell'acqua potabile impiegata in Calabria proviene dalle

⁷⁴Ing. VISCOMI FRANCESCO, *Piano di Ambito*, Autorità Idrica Calabria, Regione Calabria, dicembre 2020, pag. 3-5 <<https://www.autoritaidricacalabria.it/piano/piano.pdf>>.

acque sotterranee a seguito della graduale captazione di sorgenti avvenuta mediante le perforazioni di numerosi pozzi nei primi decenni dello scorso secolo⁷⁵.

Il patrimonio acquedottistico regionale è composto da numerosi e differenziati schemi idrici attraverso i quali avviene l'erogazione dell'acqua potabile in quasi tutti i comuni della Calabria.

La maggior parte degli acquedotti è stata realizzata e gestita dalla Cassa per il Mezzogiorno sulla base del fabbisogno idrico richiesto e della possibilità di impiego delle risorse disponibili, realizzando strutture totalmente nuove o migliorandone altre già esistenti. Dal 1983 la proprietà delle strutture acquedottistiche è passata alla Regione Calabria che ne ha affidato nel 2004 la gestione alla società So.Ri.Cal. s.p.a.⁷⁶, di cui la stessa Regione è azionista di maggioranza⁷⁷. I singoli comuni oltre ad acquistare le risorse gestite da So.Ri.Cal. s.p.a, utilizzano anche fonti proprie quali sorgenti o pozzi per rendere sempre possibile la fornitura del servizio all'utenza.

L'approvvigionamento idrico della regione è rappresentato prevalentemente dalle sorgenti e dall'acqua di falda che risultano però scarse per soddisfare la richiesta idrica, in particolare durante la stagione estiva. La ridotta disponibilità della risorsa in alcuni periodi dell'anno, l'orografia e la morfologia dei bacini naturali, l'interruzione del servizio in seguito alle frane che si verificano in zone caratterizzate da dissesti, influiscono notevolmente sul servizio idrico. In questi casi è possibile in alcune zone ricorrere agli invasi artificiali per sopperire alla carenza d'acqua.

Vi è inoltre una percentuale molto alta di dispersioni lungo le reti di distribuzione dovute a perdite, errori di gestione e inefficienza nei sistemi di contabilizzazione dei volumi idrici forniti⁷⁸.

3.2 L'acqua nella città di Cosenza attraverso lo sviluppo urbano

La città di Cosenza nasce sul Colle Pancrazio, sulla cui cima è ancora presente Il Castello Svevo Normanno, è circondata da altri sei colli ed è bagnata dai fiumi Crati e Busento che separano la parte antica da quella moderna.

⁷⁵POLEMIO MAURIZIO [et al.], *La risorsa idrica. Sfruttamento, depurazione dei serbatoi sotterranei e utilizzo razionale nel caso della Calabria*, in "Scritti e Documenti XLVII L'Acqua in Calabria: risorsa o problema? Atti della Giornata di studio, Arcavacata di Rende, 31 maggio 2013, in collaborazione con l'Università della Calabria a cura di F. Dramis e A. Mottana", ARACNE Editrice S.r.l., Roma, ottobre 2013, pag.11-22-26. < <https://www.accademixl.it/attivita/publicazioni/scritti-e-documenti/>>.

⁷⁶ Società Risorse Idriche Calabresi s.p.a. (So.Ri.Cal) è la società incaricata dalla la Regione Calabria per la gestione, la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti idrici regionali, il completamento, l'adeguamento e l'ampliamento degli schemi idrici di grande adduzione, accumulo e potabilizzazione. La società fornisce acqua potabile all'ingrosso, dalle fonti di approvvigionamento fino ai nodi terminali attraverso vari serbatoi, ai comuni che ne dispongono la distribuzione ai cittadini < <https://www.soricalspa.com/azienda-sorical-spa/>>.

⁷⁷ <<https://www.soricalspa.com/infrastrutture/acquedotti/>>.

⁷⁸ Ing. VISCOMI FRANCESCO, *Piano di Ambito*, Autorità Idrica Calabria, Regione Calabria, dicembre 2020, pag. 3-5 <<https://www.autoritaidricacalabria.it/piano/piano.pdf>>.

La storia della città testimonia un profondo legame con i due corsi d'acqua che è poi mutato nel tempo poiché, conclusa la loro primaria attività di contenimento degli edifici nello storico centro cittadino, nella successiva fase espansiva della città divengono elementi di interruzione della continuità urbana definendo una differente funzione degli spazi adiacenti alle sponde dei due fiumi e una chiara divisione con le unità architettoniche presenti⁷⁹.

Nell'iniziale sviluppo del centro abitato i due fiumi hanno avuto un ruolo decisivo, con la crescita economica conseguente all'attività fluviale⁸⁰ e la realizzazione di opere importanti quali i ponti, poiché hanno influenzato l'aspetto della città ed il suo successivo ampliamento verso la pianura⁸¹.



Figura 3.1 – Cosenza. Vista centro storico confluenza fiumi Crati e Busento.

Fonte: <<https://catalogo.beniculturali.it/detail/ArchitecturalOrLandscapeHeritage/1800174230>>

Importante è stata, infatti, la funzione svolta dai ponti realizzati nel corso dei secoli per attraversare le rive dei due fiumi ed accedere al centro originariamente fortificato ed alcuni di essi sono stati ricostruiti a seguito di eventi alluvionali e bellici⁸². Il più recente realizzato, risultato di un importante progetto di riqualificazione di una zona periferica della città, è il Ponte San Francesco di Paola, noto come Ponte di Calatrava poiché progettato dall'architetto spagnolo Santiago Calatrava e inaugurato nel

⁷⁹ DE SANCTIS ALDO, FIORE FRANCESCA, *Cosenza 1584-1962. Evoluzione e figuratività dello spazio costruito*, Luigi Pellegrini Editore, Cosenza, 1996.

⁸⁰ D'ALESSANDRO FELICE, *Cosenza e le sue acque*, Pubblisfera Edizioni, 2017.

⁸¹ MULTARI GIOVANNI, *Cosenza. La città e il fiume tra geografia e architettura*, Rubbettino Editore, 2013.

⁸² COSCARELLA LORENZO, *Cosenza la città dei ponti*, "Savuto Magazine", agosto-settembre 2017, pag. 30-32.

2018. L'opera, realizzata in acciaio e cemento, con un'altezza di 104 m, rappresenta il secondo ponte strallato più alto d'Europa. Esso, pensato come elemento di collegamento tra le sponde del fiume Crati, è sostenuto da un grande pilone dal quale divergono gli stralli, rievocando la forma di un'arpa⁸³.



Figura 3.2 – Cosenza. Ponte San Francesco di Paola sul fiume Crati, progetto di Santiago Calatrava, 2018. Fonte: <<https://ilgiornaledellarchitettura.com/2022/07/20/ritratti-di-citta-cosenza-fra-identita-e-innovazione-urbana/>>

Il costante pericolo di straripamento dei fiumi durante i periodi di piena ed i conseguenti fenomeni di diffusione della malaria hanno inizialmente delimitato naturalmente i confini territoriali isolando la città dalle aree più lontane poiché non facile da raggiungere⁸⁴. Solo nei primi anni del Novecento è stato possibile porre fine all'isolamento della città favorendone l'espansione oltre i fiumi, con la comparsa dei primi quartieri sulla pianura del Crati verso Nord. A seguito del verificarsi di eventi sismici, in particolare quello del 1905, è stata effettuata un'intensa attività di bonifica delle aree in pianura e di esecuzione di opere di contenimento dei fiumi. La realizzazione, inoltre, di infrastrutture viarie e ferroviarie ha reso più agevole il collegamento con i territori limitrofi.

Le successive opere di urbanizzazione, la costruzione di nuovi quartieri e di opere pubbliche, tra le quali l'acquedotto del Merone, hanno donato modernità alla città di Cosenza divenuta così espressione dell'architettura propria del tempo.

La città, oggi centro di oltre 60 mila abitanti, nella parte più moderna è infatti caratterizzata in molti quartieri dall'edilizia del primo Novecento con l'influsso

⁸³ <<https://fondoambiente.it/luoghi/ponte-calatrava-cosenza>>.

⁸⁴ MULTARI GIOVANNI, *Cosenza. La città e il fiume tra geografia e architettura*, Rubbettino Editore, 2013.

dell'architettura razionalista, modello di riferimento delle norme costruttive dell'epoca, attraverso l'originalità architettonica degli edifici e la loro importanza nel disegno del nuovo tessuto urbano realizzato.

3.3 Il caso studio dell'acquedotto Merone di Cosenza

L'acquedotto Merone di Cosenza è un'opera dell'ingegnere Tommaso Gualano, il cui progetto è stato approvato con delibera podestarile nel gennaio 1930. Il suo nome è dovuto all'omonimo corso d'acqua da cui è alimentato, affluente del fiume Savuto, la cui sorgente è posta a quota 1.360 m nel Comune di Rogliano (CS), attraversando nel suo percorso vari territori della Calabria. Sulla base della documentazione progettuale visionata presso l'Archivio di Stato di Cosenza, il punto di partenza dello sviluppo dell'impianto ha previsto la captazione delle sorgenti del Merone (denominate "Rogliano", "Confine", "Accio centrale", "Accio di destra"), site nel territorio del Comune di Rogliano (CS) a quote comprese tra 1.037 m e 1.177 m⁸⁵. Le acque del Merone, esaminate e riconosciute potabili, risultavano all'epoca le più adatte per quantità, qualità e vicinanza alla città.

La realizzazione dell'acquedotto è stata ritenuta necessaria per completare l'approvvigionamento idrico della città di Cosenza che nel 1930, con una popolazione di circa 34.000 abitanti, era già servita dall'esistente acquedotto dello Zumpo. Tale acquedotto, con una portata delle sorgenti di circa 36 l/s ed una distribuzione quotidiana di 91 litri per abitante, servizi pubblici compresi, non riusciva a soddisfare la crescente domanda, a seguito della progressiva riduzione della portata disponibile delle fonti e dello sviluppo demografico e edilizio della città⁸⁶.

La portata totale delle sorgenti del Merone assicurava un utilizzo pari a 128 l/s anche se la capacità iniziale del nuovo acquedotto è stata limitata a 117 l/s per compensare le variazioni di portata delle sorgenti garantendo così un flusso di acqua costante dell'acquedotto. Inoltre, l'effettivo volume d'acqua reso disponibile per il Comune di Cosenza era di 105 l/s e i restanti 12 l/s destinati al territorio di Rogliano in virtù di accordi intercorsi tra i 2 Comuni.

Le sue diramazioni si estendono per circa 30 km. Una prima condotta in acciaio del diametro di 375 mm per una lunghezza di circa 11.000 m dal bottino di raccolta delle acque delle sorgenti, posto a quota 983,70 m, giunge in località Piano S. Croce nell'edificio partitore delle acque fra la città di Cosenza e Rogliano, a quota 804,70 m.⁸⁷ La realizzazione della condotta ha richiesto l'esproprio dei terreni attraversati di proprietà privata poiché è il risultato di una modifica del progetto originario che

⁸⁵ Archivio di Stato di Cosenza – Archivio Aletti, busta 16, Acquedotto Merone, Consiglio superiore dei lavori pubblici, Adunanza del 28 maggio 1930 VIII N.1704 – Progetto acquedotto di Cosenza, pag. 1-2.

⁸⁶ Ibidem.

⁸⁷ Ibidem.

prevedeva in questo primo tratto la costruzione di una condotta a pelo libero, in muratura di calcestruzzo a sezione rettangolare, da realizzare nella vecchia sede di un canale di derivazione per uso industriale⁸⁸.

Una seconda condotta forzata in ghisa di 16.500 m, del diametro di 275 mm, con giunzioni a bicchiere ed a flange in base alla pressione, si estende dall'edificio partitore al serbatoio. In questo tratto, per contenere eventuali aumenti di pressione, sono stati collocati sfiati e pozzetti interruttori di carico in muratura. La profondità media di posa della condotta è di 1,90 m⁸⁹. Per la posa è stato necessario espropriare dei terreni adiacenti alla strada lungo la quale era prevista la sede della condotta e successivamente non più disponibile a seguito di operazioni di bitumatura.

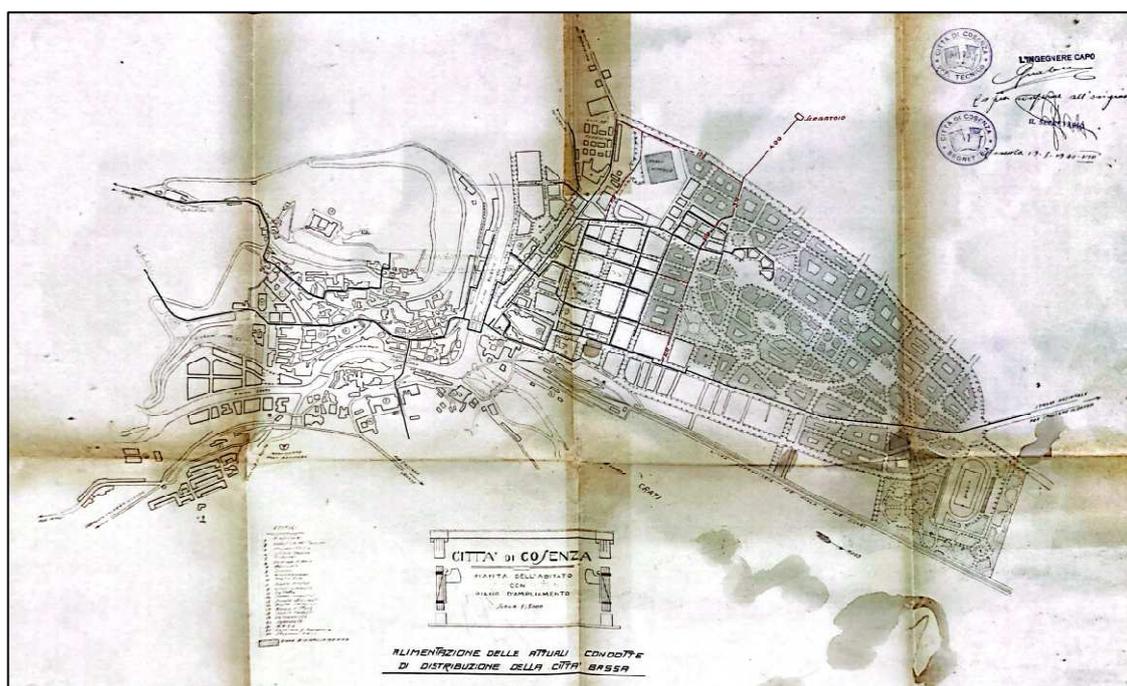


Figura 3.3 Piano di ampliamento rete idrica città di Cosenza redatto dall'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:5000.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

L'acquedotto giunge al serbatoio terminale omonimo, completato nel 1932, sito sulla sommità della collina Muoio a quota 325 m, dalla quale si domina l'intera area urbana. L'ubicazione collinare ha indirizzato la cifra stilistica degli esterni verso una costruzione fortificata. Tanto al fine di attribuire fierezza e importanza a un'opera che avrebbe assunto un ruolo fondamentale nel contesto dei servizi offerti al territorio. Gli

⁸⁸ Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135, Ufficio Lavori Pubblici, Comune di Cosenza – Perizia suppletiva dei lavori non previsti nel progetto del nuovo acquedotto del "Merone", pag. 8-9.

⁸⁹ Archivio di Stato di Cosenza – Archivio Aletti, busta 16, Acquedotto Merone, Consiglio superiore dei lavori pubblici, Adunanza del 28 maggio 1930 VIII N.1704 – Progetto acquedotto di Cosenza, pag. 2-3.

elementi architettonici del corpo centrale combinano richiami neogotici e neorinascimentali, spiccano le due torri merlate e le finestre ad ogiva.



Figura 3.4 – Cosenza. Serbatoio acquedotto Merone.
Fonte: Immagine Google Earth.



Figura 3.5 – Cosenza. Ingresso serbatoio acquedotto Merone.
Fonte: <<https://fondoambiente.it/luoghi/acquedotto-del-merone?ldc>>

L'acquedotto è stato collegato mediante tubazione di raccordo alla rete interna di distribuzione dell'esistente acquedotto dello Zumpo. La struttura è composta da 2 vasche di accumulo rettangolari della capacità di circa 676 m³ ciascuna e una camera di manovra per una capacità complessiva di circa 1300 m³.

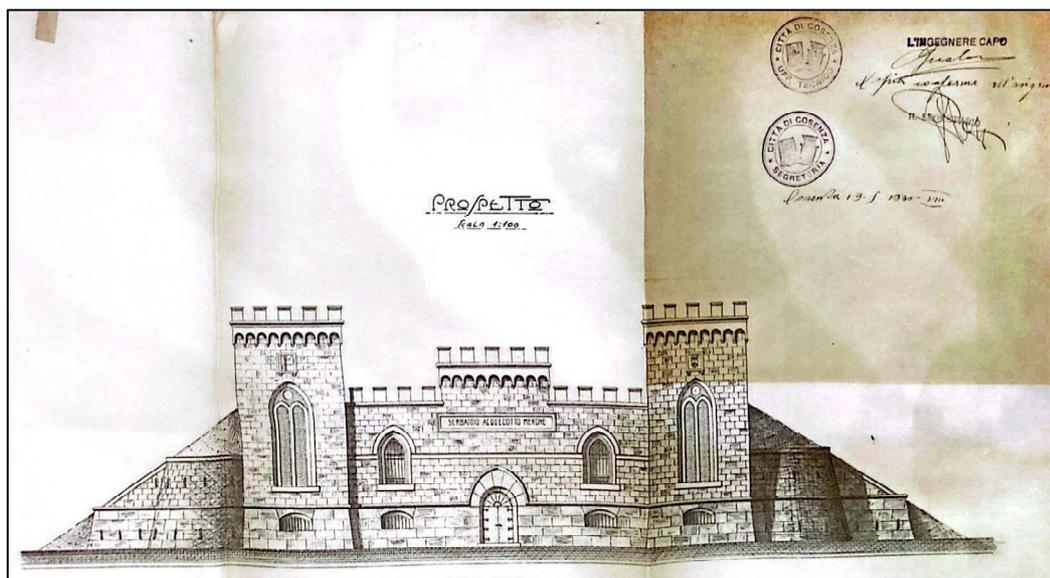


Figura 3.6 – Cosenza. Prospetto serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:100.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

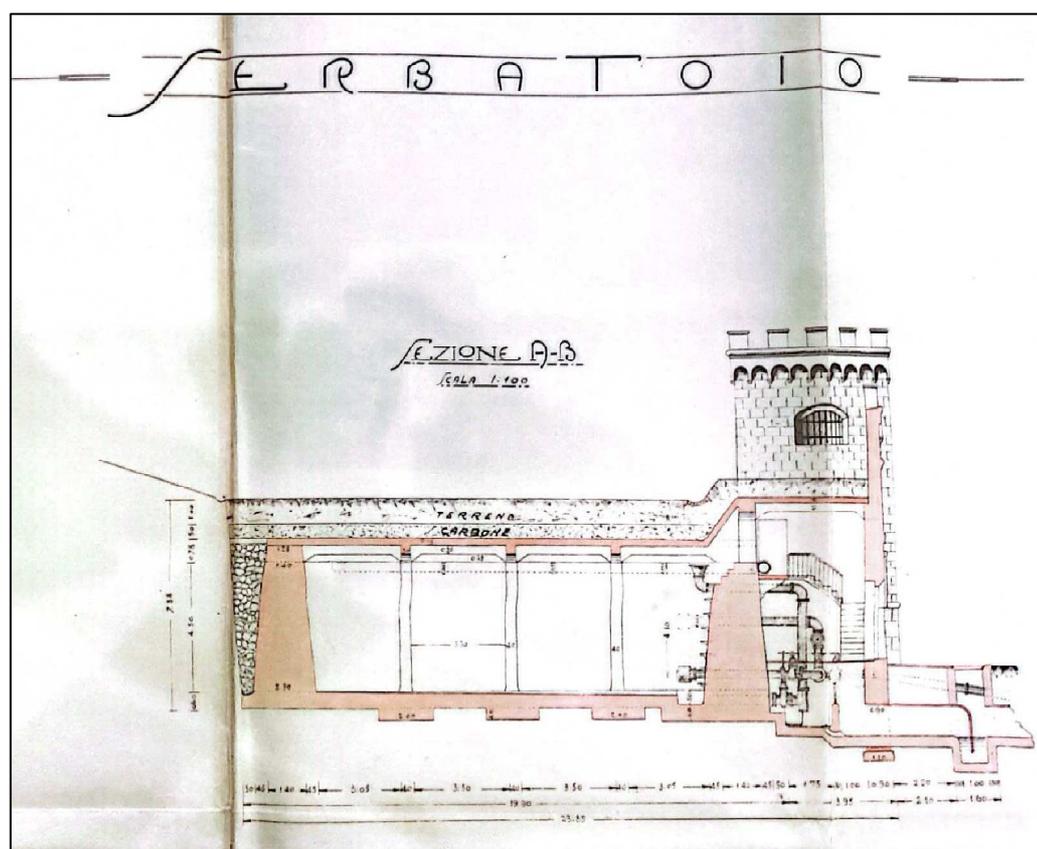


Figura 3.7 – Cosenza. Sezione serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:100.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Per la realizzazione dei muri perimetrali nel progetto sono state valutate dimensioni delle sezioni tali da poter assorbire efficacemente la spinta dell'acqua nei due sensi, in previsione dell'aumento della capacità e dell'ampliamento con vasche aggiuntive in caso di necessità. Davanti alle vasche è presente una galleria lungo la quale sono posizionate le tubazioni di arrivo, di presa, di scarico, i misuratori di portata e i relativi apparecchi di manovra⁹⁰.

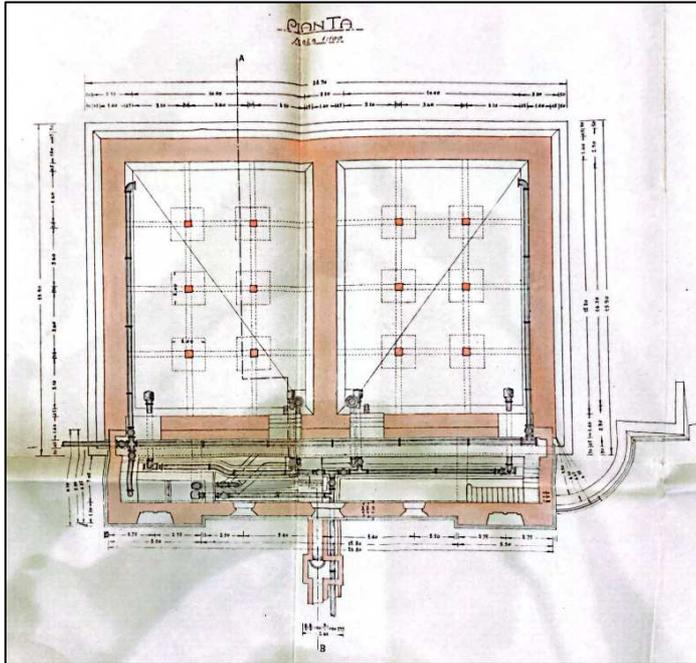


Figura 3.8 – Cosenza. Pianta serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:100.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Per il solaio di copertura il calcestruzzo armato è sostituito da pilastri e rinforzato da nervature.

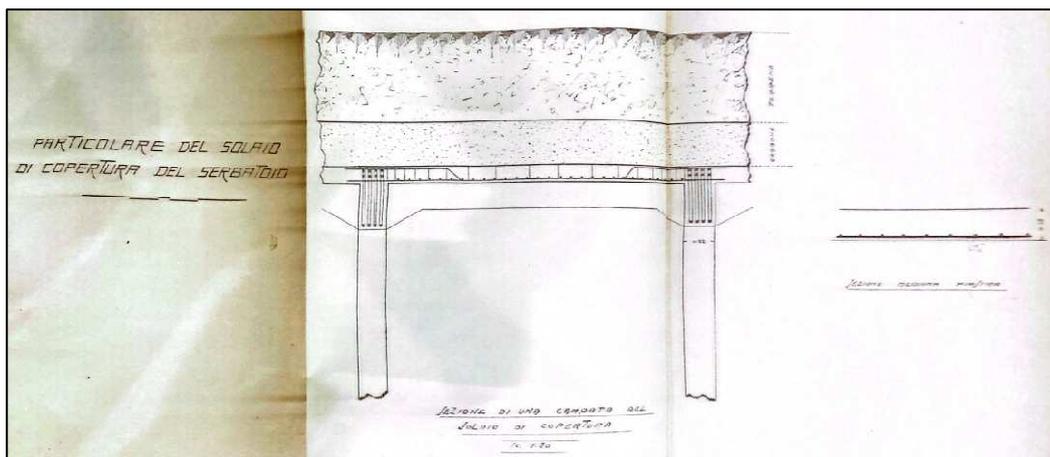


Figura 3.9 – Cosenza. Sezione di una campata del solaio di copertura del serbatoio dell'acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:20.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

⁹⁰ Archivio di Stato di Cosenza – Archivio Aletti, busta 16, Acquedotto Merone, Consiglio superiore dei lavori pubblici, Adunanza del 28 maggio 1930 VIII N.1704 – Progetto acquedotto di Cosenza, pag. 3-4.

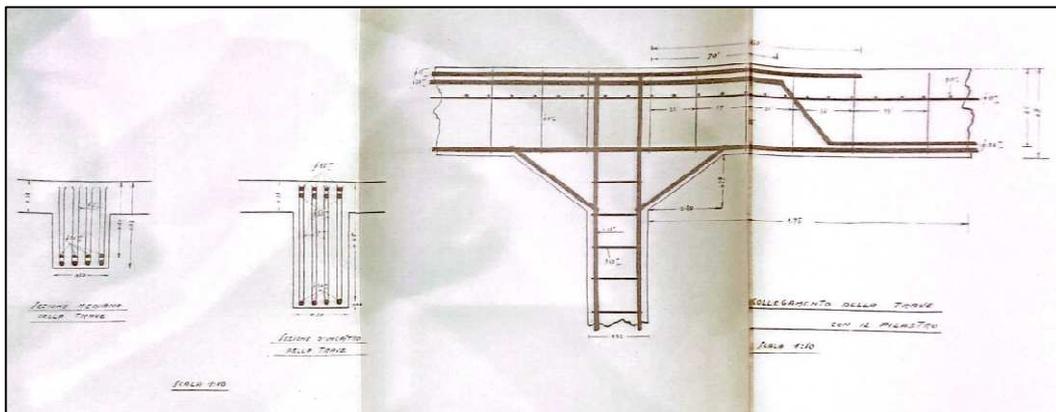


Figura 3.10 – Cosenza. Particolare del collegamento trave-pilastro solaio serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:10.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

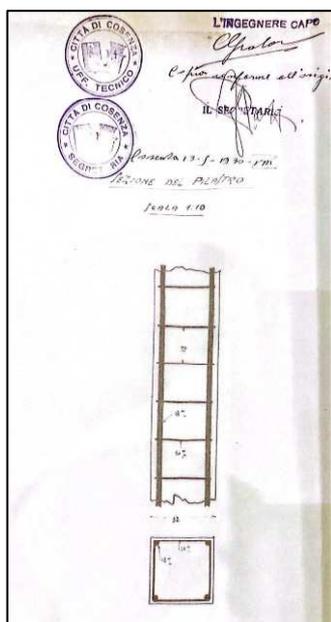


Figura 3.11 – Cosenza. Sezione del pilastro solaio serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:10. Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Le sembianze di antico maniero si esauriscono però nella facciata. Al di là di essa è stata costruita la casa del custode del serbatoio, non prevista inizialmente nel progetto ma fondamentale per garantire il controllo su un'opera così importante. Nella parte posteriore è stata creata un'area verde chiamata “Parco delle Rimembranze”, composta da viali alberati sovrastanti l'estensione orizzontale del serbatoio.

Contestualmente all'acquedotto è stata costruita la strada di accesso, che si inerpicava lungo le falde della collina Muoio fino a raggiungere il piazzale antistante l'ingresso del serbatoio, intitolato al quadrumviro Michele Bianchi. Lo sviluppo viario

stato realizzato mediante sopraelevazione del bottino generale di raccolta delle sorgenti⁹³.

L'acquedotto storico del Merone, unico acquedotto a servizio della parte nuova della città fino agli anni '60, attualmente è ancora in funzione e serve una parte del centro cittadino.

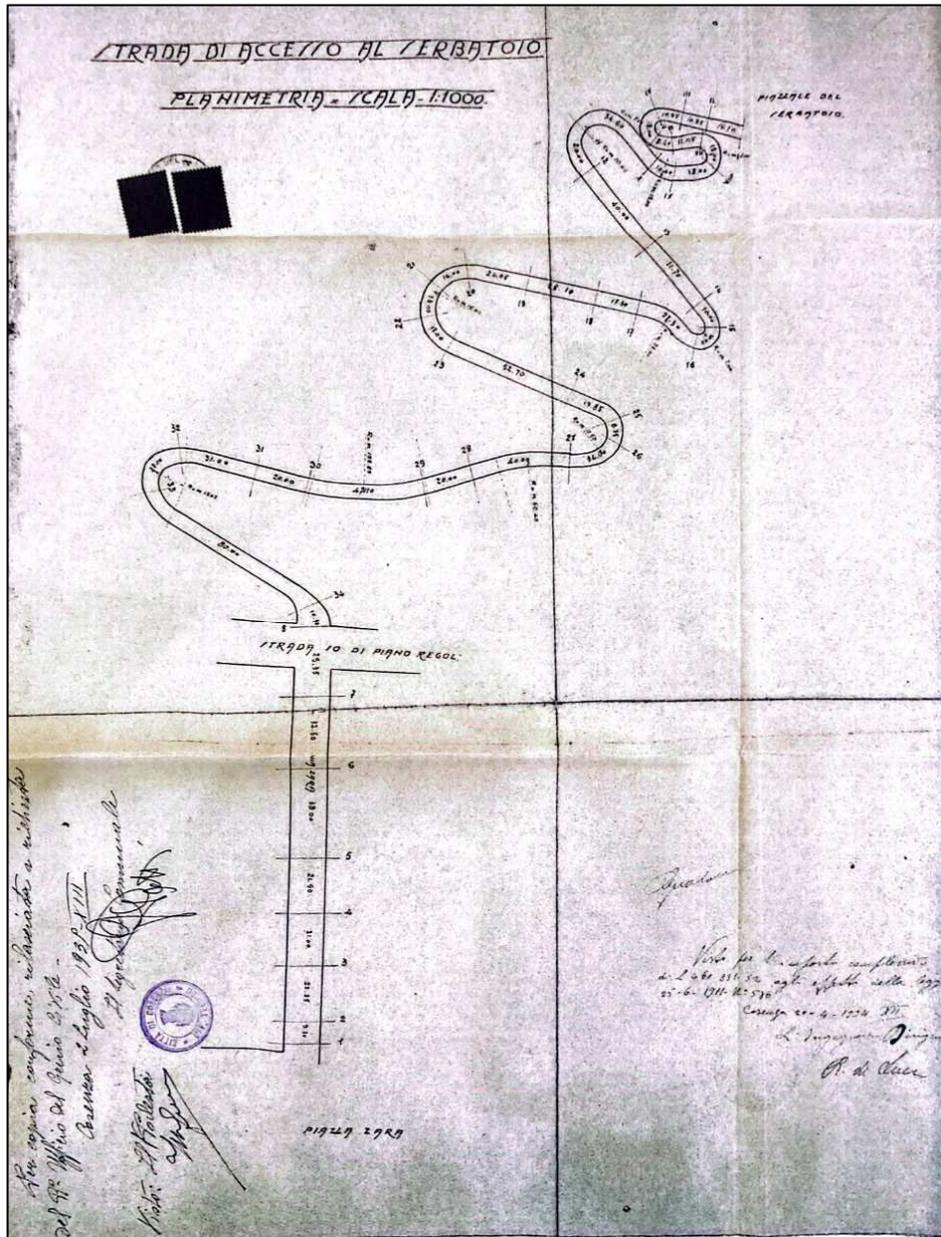


Figura 3.13 – Cosenza. Planimetria strada di accesso serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1939 – Scala 1:1000. Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

⁹³ Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135, Ufficio Lavori Pubblici, Comune di Cosenza – Perizia suppletiva dei lavori non previsti nel progetto del nuovo acquedotto del “Merone”.

3.4 L'acquedotto Merone e la rete idrica nel centro città: criticità e soluzioni

L'acquedotto Merone si inserisce in uno schema acquedottistico più ampio poiché la città risulta oggi alimentata anche da altri acquedotti realizzati negli anni successivi a seguito di un intenso sviluppo della città verso Nord, con la nascita di nuovi quartieri più distanti rispetto al Serbatoio Merone ed in previsione di una grande crescita demografica che ha visto il suo picco massimo nel 1981 di 107.000 abitanti⁹⁴.

La rete di distribuzione idrica urbana di Cosenza serve una popolazione di 63.251 abitanti residenti⁹⁵. La superficie del territorio comunale è di 37 km², la quota massima del centro urbano è di 380 m slm, la minima di 190 m slm.

Lo sviluppo delle condotte è di circa 137 km, in prevalenza in ghisa con diametro fino a 400 mm.

La città, dotata di abbondanti risorse idriche e vari acquedotti, è stata interessata per molti anni da una distribuzione idrica discontinua in misura maggiore nei quartieri del centro cittadino. Le frequenti perdite dovute all'obsolescenza di parte delle condutture e le continue dispersioni determinate da errori di gestione, hanno reso necessario elaborare nuove strategie di coordinazione dei vari serbatoi a servizio della città per un uso funzionale della risorsa idrica utilizzabile.

Dei rilevanti miglioramenti sono stati ottenuti a seguito di una sperimentazione eseguita nel 2017 dalla Società So.Ri.Cal.⁹⁶, risultata efficace per riequilibrare la rete, sulla base delle intuizioni ingegneristiche dei tecnici a supporto del Comune. Tra questi, l'Ingegnere Idraulico Giuseppe Viggiani autore di un testo⁹⁷ nel quale sono descritte le fasi delle prove effettuate e preziosa fonte utilizzata nel presente lavoro di tesi per apprendere ed approfondire l'origine e l'evoluzione di un problema che ha segnato la storia della città.

La rete idrica che alimenta il centro della città di Cosenza è costituita da quattro acquedotti e relativi serbatoi:

- Merone: acquedotto comunale, giunge al serbatoio terminale omonimo, completato nel 1932 ed il solo a servizio della città nuova fino agli anni '60;
- Bufalo: acquedotto regionale realizzato negli anni '60 per soddisfare il fabbisogno idrico dei quartieri più a Est del centro storico e le zone centrali della città nelle quali

⁹⁴ Censimenti popolazione Cosenza 1861-2021, dati ISTAT <<https://www.tuttitalia.it/calabria/45-cosenza/statistiche/censimenti-popolazione/>>.

⁹⁵ dati ISTAT, novembre 2024 <<https://demo.istat.it/app/?l=it&a=2024&i=D7B>>.

⁹⁶ Società Risorse Idriche Calabresi s.p.a. (So.Ri.Cal) è la società incaricata dalla la Regione Calabria per la gestione, la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti idrici regionali, il completamento, l'adeguamento e l'ampliamento degli schemi idrici di grande adduzione, accumulo e potabilizzazione. La società fornisce acqua potabile all'ingrosso, dalle fonti di approvvigionamento fino ai nodi terminali attraverso vari serbatoi, ai comuni che ne dispongono la distribuzione ai cittadini <<https://www.soricalspa.com/azienda-sorical-spa/>>.

⁹⁷ VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

la limitata capacità del serbatoio Merone era stata potenziata con la realizzazione del serbatoio De Rada;

- Timpafusa: acquedotto comunale, realizzato negli anni '60, giunge al serbatoio Merone e prende il nome dall'omonima sorgente in corrispondenza del Torrente Caronte;
- Abatemarco: acquedotto regionale completato negli anni '80 che attraversa per oltre 60 km alcune aree del territorio calabrese geologicamente e morfologicamente molto complicate. Esso con l'apporto dei serbatoi collegati Cozzo Muoio e Mussano (nella zona Est) ha reso possibile incrementare considerevolmente la portata e la capacità di accumulo nella rete idrica della città.

Presenti nella rete di distribuzione anche un pozzo comunale (Mussano) e un pozzo regionale (De Rada).

Serbatoio	Quota (m slm)	Capacità (m ³)
Cozzo Muoio	370	12000
Merone	325	1200
De Rada	285	5000
Colle Mussano	260	6500
Totale	-	24700

Figura 3.14 – Dati serbatoi a servizio del centro città. Tabella rielaborata dall'autrice.

Fonte: VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.



Figura 3.15 – Cosenza. Immagine schema serbatoi a servizio del centro città.

Fonte: Immagine Google Earth rielaborata dall'autrice.

L'indagine avviata da So.Ri.Cal. è stata effettuata nel 2017 soprattutto a fronte di un'intensa siccità ed una conseguente riduzione delle risorse disponibili. È stato evidenziato quanto il consistente volume idrico presente quotidianamente in rete, circa il doppio di quello nominale, consentisse una fornitura circoscritta a poche ore al giorno nelle zone centrali della città, considerata una popolazione pari a 40.000 abitanti equivalenti ed una dotazione idrica pari a 520 l/abitante/giorno.

Nasce da qui la collaborazione tra So.Ri.Cal. ed il Comune di Cosenza per l'attuazione di nuove procedure di erogazione idrica in contrapposizione a quelle utilizzate in passato.

Alla base delle analisi svolte da So.Ri.Cal. per rendere più efficiente la rete idrica sono state individuate le principali cause di squilibrio nella rete di distribuzione⁹⁸:

- la natura topografica dell'area urbana presa in esame con significative differenze di quota, fino a 100 metri, tra la zona Sud-Ovest e quella Nord-Est;
- inadeguata distrettualizzazione⁹⁹ della zona del centro città servita dai serbatoi Merone e De Rada posti rispettivamente a quota 325 m e 285 m e collegati alla stessa rete, a svantaggio delle utenze site a quote superiori. Nei punti della rete posti a quota inferiore le pressioni elevate alle quali sono soggetti generano un conseguente aumento delle perdite;
- presenza di parti di rete sovrapposte realizzate in periodi differenti e caratterizzate quindi da diverso stato di deterioramento;
- influenza sulla distribuzione idrica urbana dei numerosi serbatoi privati il cui celere riempimento determina lo svuotamento dei serbatoi dell'acquedotto in poco tempo. In presenza di una ridotta disponibilità idrica, sono dunque utilizzati con funzione di compenso e non di riserva come prevedrebbe un loro corretto impiego.

Dai dati presi in considerazione al momento dell'analisi svolta e relativi al 2016 è stato evidenziato un continuo aumento della portata, fornita all'intero territorio urbano dagli acquedotti regionali, dovuto a richieste da parte del comune di grandi volumi idrici garantiti da So.Ri.Cal., pur nei limiti della capacità degli acquedotti, per compensare problematiche relative alle dispersioni idriche ed allo stato della rete, contenendo notevolmente gli interventi sulle reti urbane¹⁰⁰. Considerata, ai fini della valutazione eseguita da So.Ri.Cal., una portata media annua nel 2016 di circa 540 l/s (di cui 330 l/s dagli acquedotti regionali e 210 l/s dagli acquedotti comunali) pari a 47.000 m³ giornalieri e una dotazione di circa 690 l/abitante/giorno, per la popolazione totale

⁹⁸ VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018, pag. 36-37.

⁹⁹ Suddivisione della rete in distretti, ovvero aree più piccole poste a quote analoghe e servite da specifici serbatoi.

¹⁰⁰ VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018, pag. 33-34.

residente di circa 67.500¹⁰¹ si sono raggiunti valori molto più alti di quelli previsti¹⁰². Il volume in esubero non ha tuttavia favorito le utenze delle zone del centro poste a quota più alta (Sud-Ovest), per le quali l'erogazione risultava insufficiente poiché limita a sole 2-3 ore in una giornata a differenza di altri quartieri più distanti in cui l'erogazione era continua.

Questa situazione critica derivava da una consueta manovra quotidiana che prevedeva alle ore 6:00 del mattino l'apertura dei serbatoi Merone e De Rada pieni per consentire il trasferimento della portata nella rete del centro città. Con la rete in pressione, quindi, era possibile soddisfare tutte le utenze e riempire le cisterne private fino al completo svuotamento dei due serbatoi che tuttavia avveniva con molta rapidità, a svantaggio delle utenze poste nella zona a Sud-Ovest del Centro a quota più alta e direttamente influenzate dallo svuotamento del serbatoio Merone¹⁰³. Nel tardo pomeriggio avveniva la riduzione della portata in uscita dai serbatoi Merone e De Rada già vuoti per consentirne il riempimento notturno, non utilizzando invece i serbatoi Cozzo Muoio (in gran parte pieno) e Colle Mussano (vuoto) all'occorrenza utili in caso di guasti o di operazioni di manutenzione. Fino al mattino successivo, un considerevole volume di acqua veniva comunque immesso in rete per assicurare il riempimento dei serbatoi privati ed evitare danni alla rete dovuti ad eventuali sfiori dei serbatoi Merone e De Rada riempiti eccessivamente.

Solo nei quartieri posti a Nord-Est, a quota più bassa e idraulicamente non separati dal centro, il mantenimento della rete in pressione rendeva ancora possibile l'erogazione dell'acqua che invece veniva a mancare proprio nel centro.¹⁰⁴ Inoltre, l'assenza o il malfunzionamento dei dispositivi di controllo del livello dell'acqua nei serbatoi privati, non interrompendo il flusso in arrivo al riempimento del serbatoio, scaricavano l'acqua nella rete fognaria con notevoli dispersioni nei punti in cui la rete risultava danneggiata.

Nella fase successiva, e dopo aver effettuato una prima distrettualizzazione tra l'area del centro città e quella posta ad Est, ha avuto inizio la sperimentazione di So.Ri.Cal. È stato proposto al Comune di Cosenza di riequilibrare in parte la rete, estendendo il numero di ore con la rete in pressione, con l'equivalente volume di acqua giornaliero erogato, attraverso l'utilizzo del serbatoio Cozzo Muoio per il trasferimento

¹⁰¹ dati ISTAT al 1° gennaio 2017.

¹⁰² Le Linee Guida per la formazione del Piano D'Ambito con Legge Regionale 10/1997), per centri con popolazione residente compresa fra 50.000 e 100.000 abitanti, prevedono una dotazione di 320 l/abitante/giorno per gli abitanti residenti e di 200 l/abitante/ giorno per i fluttuanti (valori comprensivi di perdite idriche del 25%, pag. 49-51.

¹⁰³ VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

¹⁰⁴ Ibidem.

al mattino dell'acqua immagazzinata durante la notte ai serbatoi Merone e De Rada pieni per contrastare il loro rapido svuotamento¹⁰⁵.

Il nuovo sistema di manovra ha reso possibile un'erogazione diretta fino a 15 ore con la rete in pressione. Fissata l'interruzione dell'alimentazione dal serbatoio Cozzo Muoio alle 22:00 circa, la riduzione della portata in uscita dai serbatoi Merone e De Rada, molto maggiore rispetto alla precedente manovra, ha attuato il recupero notturno del volume distribuito nel corso della giornata dai serbatoi evitando ad ogni modo gli sfiori di portata al raggiungimento del livello massimo.

Il volume di acqua sprecato con il vecchio sistema di manovra viene accumulato nel Serbatoio Cozzo Muoio che, ricevendo dall'acquedotto Abatemarco oltre il 50% della portata, prima a servizio del Serbatoio De Rada, ne consente il recupero notturno e l'utilizzo nell'intera giornata successiva¹⁰⁶.

Si è stimato infine che mantenere la rete in pressione oltre le ore 22:00 non risulta conveniente poiché si verificherebbe una grossa perdita delle portate immesse in rete a vantaggio solo di poche utenze prive di serbatoi propri e attive dopo quella fascia oraria.

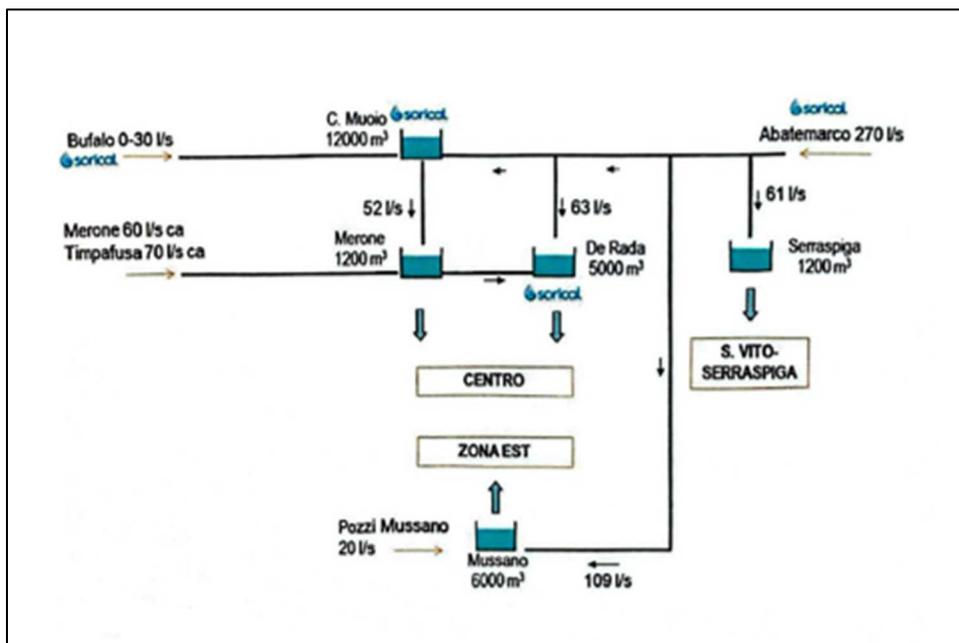


Figura 3.16 – Rappresentazione schematica della rete idrica del centro di Cosenza e dei distretti limitrofi con portate medie immesse in rete prima della sperimentazione So.Ri.Cal. Fonte: VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

¹⁰⁵ VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018, pag. 58-59-60.

¹⁰⁶ Ibidem.

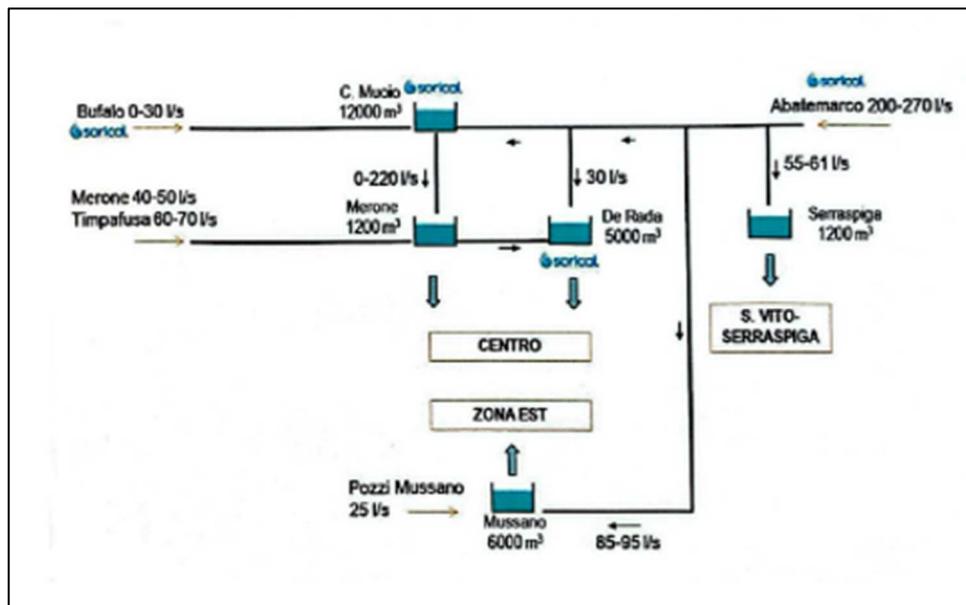


Figura 3.17 – Rappresentazione schematica della rete idrica del centro di Cosenza e dei distretti limitrofi con portate medie immesse in rete durante la sperimentazione So.Ri.Cal.
 Fonte: VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

La procedura adottata ha dunque concretamente e in modo proficuo migliorato la gestione della rete idrica, moderando in parte le dispersioni e fronteggiando la complessa situazione presente nel centro della città, in previsione di attività di ingegnerizzazione della rete e altre operazioni mirate a risolvere quanto più possibile le criticità persistenti.

3.5 Riflessioni e possibili scenari di interventi migliorativi

In un contesto come quello appena descritto di un sistema a più acquedotti e serbatoi e, considerata l'importanza di ciascun componente della rete nella storia dell'espansione della città, si comprende la necessità di giungere a soluzioni idonee per rendere sempre più efficiente e affidabile il servizio idrico esistente.

Sulla base di quanto emerso le maggiori dispersioni d'acqua si verificano durante le ore notturne a causa dello sfioro dei serbatoi privati e delle numerose perdite presenti in rete. In molte aree della città, dunque, è ancora necessario ricorrere all'interruzione notturna dell'erogazione.

Adoperare validi sistemi attraverso i quali individuare e limitare quanto più possibile le dispersioni e regolare la distribuzione delle portate nei serbatoi privati delle utenze renderebbe possibile avere un'erogazione continua mantenendo sempre la rete in pressione.

Considerando pertanto le principali criticità si vuole procedere con la valutazione di possibili e valide opzioni.

3.5.1 Sistemi di recupero dell'acqua piovana

Una soluzione per una gestione sostenibile delle risorse idriche, che rievoca tecniche già adoperate in passato e descritte nei capitoli precedenti, è rappresentata dai sistemi di captazione e riutilizzo delle acque di pioggia per moderare negli edifici l'impiego di acqua potabile non destinata ad attività di prima necessità (irrigazione, uso domestico ecc.)

L'acqua, raccolta attraverso la superficie captante del tetto, viene convogliata mediante i canali di gronda e i pluviali verso l'impianto di raccolta costituito da:

- un deviatore delle acque di prima pioggia¹⁰⁷, maggiormente ricche di impurità, con funzione di separatore dalle acque di seconda pioggia raccolte e riutilizzate;
- un filtro, per impedire l'ingresso di detriti nel serbatoio di raccolta;
- un serbatoio di accumulo, di varie dimensioni e materiali, presente all'interno o all'esterno dell'edificio, attraverso il quale raccogliere un determinato volume d'acqua piovana in base alla stima del fabbisogno idrico annuale per utente e dell'andamento delle precipitazioni. Esso deve consentire gli interventi di verifica e manutenzione e lo scarico dell'acqua in eccesso raggiunto il livello massimo.

L'acqua accumulata viene distribuita attraverso una pompa e controllata da una centralina elettronica che ne regola l'erogazione in base alla disponibilità del serbatoio¹⁰⁸.

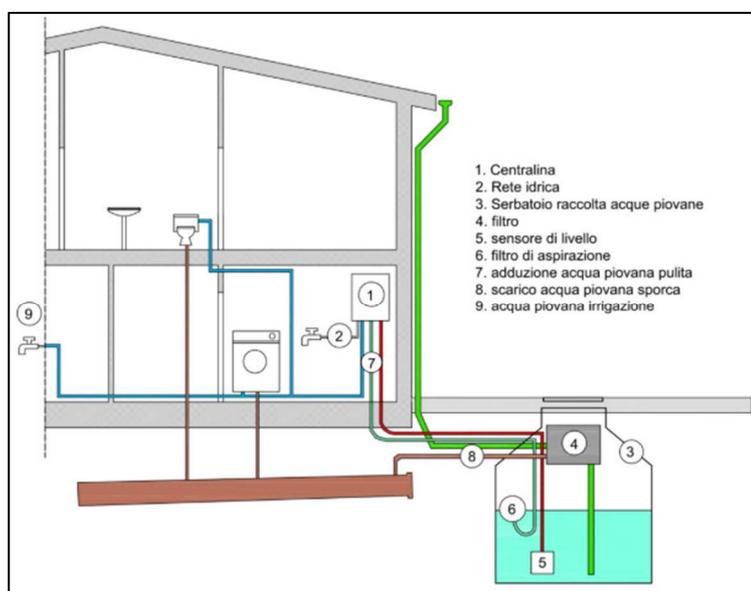


Figura 3.18 – Schema impianto per il recupero delle acque piovane.

Fonte: <<https://www.architettura23.it/2020/05/09/recupero-acque-piovane-risparmio-idrico/>>

¹⁰⁷ quantità di pioggia, in genere pari a 5 mm, caduta sulla superficie interessata (tetti, strade ecc.) nei primi 15 minuti dell'evento meteorico considerata alterata poiché ricca sostanze inquinanti presenti sulle superfici attraversate accumulate durante i periodi di asciutto quali polveri, oli ed altri elementi contaminanti. Vengono separate dalle acque di seconda pioggia, precipitate nei 15 minuti successivi, trattate prima dell'utilizzo finale.

¹⁰⁸ *Risparmio idrico: il recupero delle acque piovane*, cfr. <<https://www.infobuild.it/approfondimenti/risparmio-idrico-il-recupero-delle-acque-piovane/>>.

Per garantire un adeguato approvvigionamento in questo caso risulta fondamentale analizzare i dati delle precipitazioni medie della zona considerata (valutazione effettuata per il mese con piovosità minima e massima), rilevare la superficie della copertura attraverso la quale captare l'acqua piovana e verificare l'efficienza e la dimensione dei pluviali in rapporto alla portata, provvedendo all'eventuale sostituzione di elementi danneggiati¹⁰⁹.

L'uso dell'acqua piovana risulta molto vantaggiosa in moltissimi casi di applicazione poiché il suo riutilizzo consente un notevole risparmio idrico, anche a vantaggio di una buona qualità dell'acqua in quanto priva di calcare che si deposita comunemente nelle tubature.

Tuttavia, è necessario considerare i costi relativi alla realizzazione dell'impianto e agli interventi di manutenzione per i quali in alcuni Comuni, come nel caso esempio di Cosenza, la presenza di sorgenti che richiedono poca energia potrebbe rendere l'utilizzo di questo sistema poco vantaggioso.

3.5.2 Nuovi sistemi di rilevamento delle perdite idriche

Per effettuare delle ipotesi sui problemi presi in esame e riguardanti la rete idrica nella città di Cosenza, sono state considerate alcune delle tecnologie sperimentate negli ultimi anni e che offrono soluzioni incoraggianti.

A fronte di importanti investimenti, esiste infatti attualmente la possibilità di ottenere buoni risultati puntando su tecnologie innovative per il monitoraggio delle reti e l'individuazione delle perdite. Si tratta di sistemi già molto diffusi all'estero e di recente anche adottati in alcune regioni d'Italia dalle società che gestiscono il servizio idrico.

Tecnologia TALR (Trenchless Automated Leakage Repair)

Sistema israeliano, all'avanguardia per il ripristino delle reti di distribuzione idrica ad uso civile ed industriale. È utilizzabile su qualsiasi tipo di materiale ed è particolarmente indicato in caso di riparazioni di parti di tubazioni in cui non è possibile individuare con precisione le perdite o in punti della rete in cui si evidenzia un consumo notturno anomalo. La tecnologia TALR, non richiedendo la realizzazione di scavi, consente di intervenire in aree protette, difficilmente raggiungibili, dove non risulta vantaggioso effettuare operazioni di escavazione (strade, ferrovie, ponti, gallerie), necessita di piccoli spazi da adibire a cantiere ed il suo impiego prevede costi contenuti¹¹⁰.

La caratteristica rivoluzionaria è rappresentata da una sostanza sigillante a base vegetale-alimentare denominata PIG-Train che, attraversando la tubazione con la spinta

¹⁰⁹ BAIANI SERENA, VALITUTTI ANTONELLA, *Tecnologie di ripristino ambientale*, Alinea Editrice, Firenze 2008, pag.153-154.

¹¹⁰ <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>.

esercitata dalla pressione dell'acqua, identifica i punti critici ed effettua una sigillatura istantanea e permanente, poiché attirata dalla differenza di pressione in corrispondenza della perdita. La restante parte poi viene smaltita come rifiuto inerte non inquinante a seguito di raccolta in specifico filtro.

Le tempistiche necessarie per eseguire gli interventi richiedono tra le 4 e le 8 ore dopo le quali avviene nuovamente la messa in esercizio della tubazione.

La riparazione può interessare contemporaneamente più perdite presenti nella tubazione principale e negli allacci alle utenze, allungando quindi la vita utile degli impianti, riducendo i consumi energetici e migliorandone la gestione¹¹¹.

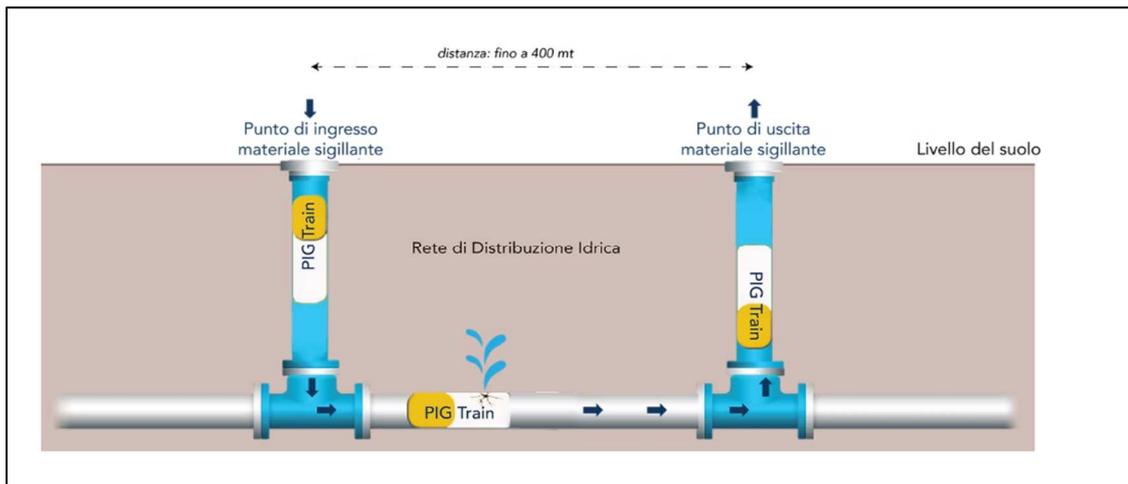


Figura 3.19 – Schema applicazione tecnologia TALR.

Fonte: <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>

FASI DI INTERVENTO



Figura 3.20 – Schema fasi di intervento tecnologia TALR

Fonte: <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>

¹¹¹ <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>.



Figura 3.21 – Esempi interventi con tecnologia TALR

Fonte: <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>

Sistema SmartBall

Sistema canadese da tempo adoperato in tutto il mondo e ora disponibile anche in Italia. La SmartBall è un congegno di forma sferica, al suo interno è presente un nucleo in lega di alluminio dotato di sorgente di alimentazione, sensore acustico, accelerometro triassiale, magnetometro, trasmettitore di ultrasuoni GPS sincronizzato, sensore di temperatura e componenti elettronici. Esternamente il nucleo è ricoperto da un rivestimento protettivo in materiale espanso che attenua il rumore ambientale.¹¹²

È uno strumento che consente di mappare e monitorare le condotte di adduzione idrica interrate e gli impianti di trasporto di acque reflue in pressione localizzando con molta precisione (entro 1,8 m considerando punti noti) anche le perdite più piccole. La SmartBall, in corrispondenza di un punto di accesso (valvole, sfiati, idranti, ecc), viene inserita nella condotta in pressione, trasportata dal flusso dell'acqua senza interrompere la continuità del servizio idrico, per essere poi recuperata mediante una rete ed estratta al termine della verifica che ha durata massima di 24 ore.

La sua posizione è continuamente monitorata attraverso sensori acustici e GPS posizionati lungo la linea e, in caso di rilevamento di perdite, viene emesso un segnale acustico subito registrato per essere sottoposto a valutazione.¹¹³ La SmartBall può raggiungere grandi distanze nel corso di un'ispezione superando anche curve e dislivelli presenti nelle condotte e rendendo possibile programmare interventi di riparazione o

¹¹²<<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/smartball-inline-free-swimming-inspection-platform/>>.

¹¹³ Ibidem.

sostituzione specifici in sicurezza, con una riduzione dei costi e dei volumi di acqua non fatturata.



Figura 3.22 – SmartBall



Figura 3.23 – Recupero SmartBall

Fonte: <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/smartball-inline-free-swimming-inspection-platform/>>

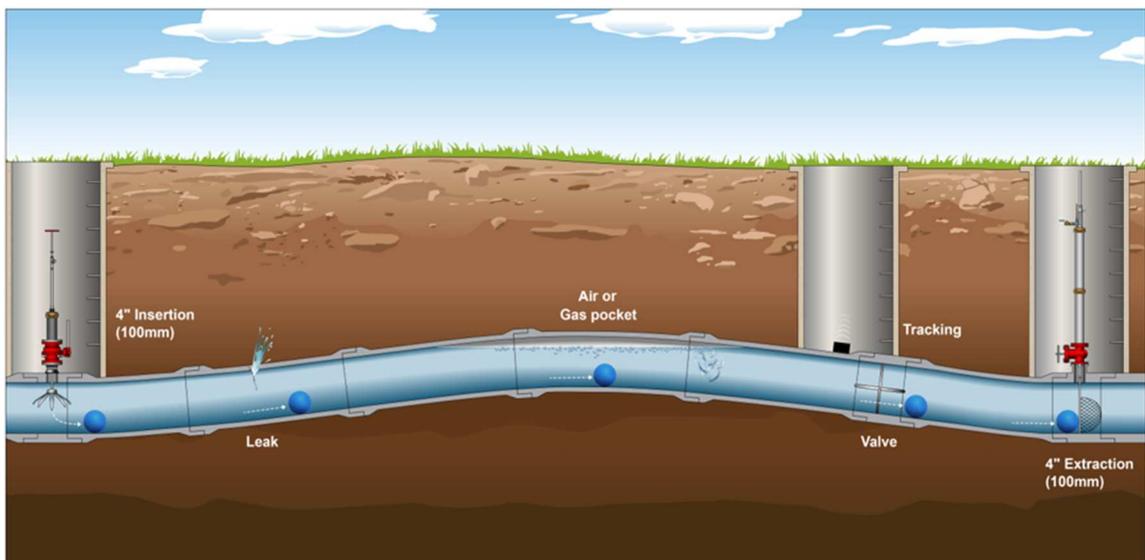


Figura 3.24 – Schema applicazione SmartBall.

Fonte: <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/smartball-inline-free-swimming-inspection-platform/>>

Sahara Pipeline Inspection System

Il metodo inglese Sahara è maggiormente indicato per monitorare condotte complesse di grande diametro che necessitano di un'ispezione molto accurata per verificare la presenza di bolle d'aria e di perdite, anche minime, e relativa geolocalizzazione, senza interrompere il regolare servizio di erogazione.

È un sistema dotato di sensori acustici molto sensibili per l'individuazione delle perdite e sensori di pressione per segnalare la presenza di ostruzioni. Una telecamera a circuito chiuso (CCTV) riprende in tempo reale l'interno della condotta per verificarne lo stato fornendo informazioni altrimenti non reperibili¹¹⁴.

Il sensore Sahara viene inserito direttamente nella condotta, come nel caso del sistema SmartBall, si muove con il flusso d'acqua, è flessibile e adattabile su qualsiasi tipologia di tubazione e consente l'individuazione di eventuali allacci abusivi.

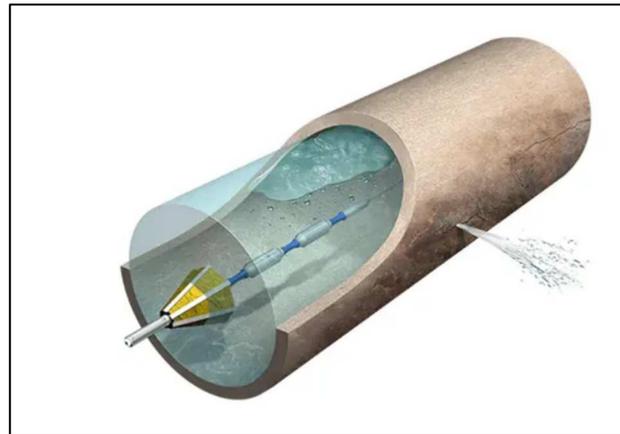


Figura 3.25 – Schema applicazione sistema Sahara.

Fonte: <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/sahara-inline-tethered-inspection-platform/>>

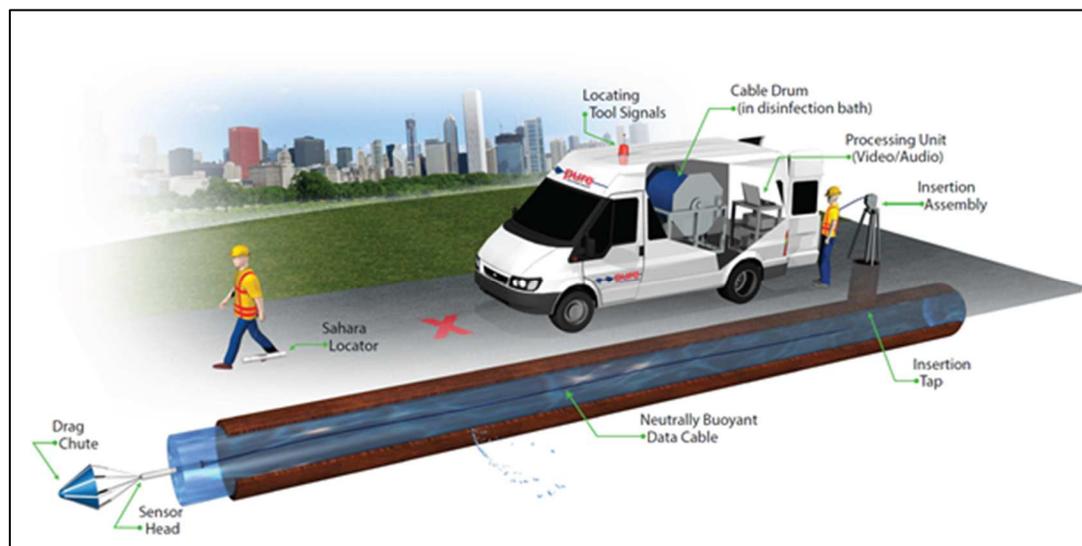


Figura 3.26 – Schema applicazione sistema Sahara.

Fonte: <https://enasud.com/ricerca_perdite-sahara/>

¹¹⁴<<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/sahara-inline-tethered-inspection-platform/>>.

La scelta di un adeguato sistema di gestione del servizio idrico consente, dunque, di verificare in modo efficiente i consumi, i prelievi dalle diverse fonti, le perdite, la regolazione delle pressioni, le tempistiche e la qualità delle operazioni di manutenzione e riparazione in modo da individuare le maggiori criticità e gli interventi di miglioramento della rete da attuare.

Conclusioni

Nel presente lavoro di tesi ci si è posti come obiettivo quello di mostrare quanto il rapporto tra l'acqua ed il territorio urbano si sia consolidato nel tempo in modalità differenti. Fondamentale è stata l'azione dell'uomo nella continua ricerca di soluzioni sempre più funzionali e durature, a seconda delle diverse aree geografiche e delle molteplici difficoltà incontrate. Attraverso lo studio dello sviluppo storico dei sistemi di approvvigionamento, si è dato valore ad una significativa tradizione ricca di esperienze e conoscenze che è diventata un modello di riferimento sempre attuale e adattabile alle strutture odierne. La volontà di sfruttare in modo ragionevole l'acqua riconoscendone il ruolo di bene indispensabile alla vita ha da sempre portato a importanti traguardi anche quando ancora non ci si avvaleva di particolari tecnologie e fonti di energia. Con l'approfondimento di alcuni sistemi acquedottistici caratterizzati da comuni peculiarità, ed in particolare, del caso studio dell'acquedotto Merone di Cosenza, si è osservato come l'attuazione di una appropriata procedura possa agevolare l'individuazione ed il superamento di una condizione critica. L'importante operazione di riequilibrio parziale della rete idrica cittadina si è concretizzata, nel caso considerato, attraverso un'adeguata gestione delle capacità dei serbatoi e un recupero del volume d'acqua in precedenza disperso a causa delle numerose perdite e del malfunzionamento delle cisterne private. Di conseguenza si è registrato un aumento di portata considerevole, resa disponibile per la rete urbana. Si può facilmente intuire, dunque, la consapevole necessità di rendere i sistemi acquedottistici efficienti in modo da contenere i consumi nelle reti urbane con il fine di preservare l'acqua, in quanto bene comune, per garantirne la rinnovabilità. La progressiva riduzione delle risorse idriche dovuta alla crescente domanda, al progresso ed agli effetti dei cambiamenti climatici ne condiziona notevolmente la disponibilità, la quantità e la qualità. Diventa sempre più importante quindi, assicurare determinate prestazioni delle reti di approvvigionamento in modo tale da riuscire sempre a soddisfare il fabbisogno quotidiano della popolazione in base a specifiche esigenze locali. L'evoluzione dei modelli idrici nel tempo ha reso possibile progettazione, dimensionamento ed esecuzione sempre più precisi delle opere migliorandone la durata. A tal proposito sono state proposte, infine, alcune tipologie di intervento per moderare gli sprechi d'acqua potabile, monitorare le reti idriche, individuare e limitare le maggiori criticità. Tale scelta nasce dalla considerazione sull'importanza di concepire i vari sistemi come un insieme di servizi da predisporre attraverso attività di analisi, esperienza sul campo, aggiornamento per assicurarne un buon funzionamento e raggiungere risultati sempre più soddisfacenti.

Fonti bibliografiche

- [1] BAIANI SERENA, VALITUTTI ANTONELLA, *Tecnologie di ripristino ambientale*, Alinea Editrice, Firenze 2008.
- [2] BOCHICCHIO LEILA, 2020, *Acqua e architettura: scenari di reciproca consonanza*, “L’industria delle costruzioni” rivista bimestrale di architettura, n. 474, pag. 4.
- [3] CANTARELLA EVA, JACOBELLI LUCIANA, *Pompei è viva*, Feltrinelli Editore, 2014.
- [4] CERES MICHELE, *Le vie dell’acqua, i grandi trasferimenti idrici dell’Appennino Meridionale*, Arturo Bascetta Edizioni, 2015.
- [5] COSCARELLA LORENZO, *Cosenza la città dei ponti*, “Savuto Magazine”, agosto-settembre 2017.
- [6] D’ALESSANDRO FELICE, *Cosenza e le sue acque*, Pubblisfera Edizioni, 2017.
- [7] DE FRANCESCO GAETANO, *Architettura dell’acqua. L’emergenza idrica come occasione progettuale nella città contemporanea*, Quodlibet Editore, 2021.
- [8] DE SANCTIS ALDO, FIORE FRANCESCA, *Cosenza 1584-1962. Evoluzione e figuratività dello spazio costruito*, Luigi Pellegrini Editore, Cosenza, 1996.
- [9] ENTE AUTONOMO PER L’ACQUEDOTTO PUGLIESE, *L’Acquedotto Pugliese*, Editore G. Laterza e figli, 1939.
- [10] FERRARI LAURA [et al.], *Paesaggi: didattica, ricerche e progetti*, Firenze University Press, 2007, pag. 169-170-172.
- [11] FREGA GIUSEPPE C., *Lezioni di acquedotti e fognature*, Liguori Editore, Napoli, 1984.
- [12] FREGA GIUSEPPE, *L’acquedotto Pugliese*, “L’ACQUA”, Edizione n.6, 2011, pag.55.
- [13] MARTINO GIORGIO, 2002, *I sistemi acquedottistici*, “L’ACQUA” rivista bimestrale, n. 1-2, pag.45.
- [14] MOSSA MICHELE, *Una breve storia degli acquedotti e delle formule di progettazione dei condotti*, Mario Adda Editore, 2020.
- [15] MULTARI GIOVANNI, *Cosenza. La città e il fiume tra geografia e architettura*, Rubbettino Editore, 2013.
- [16] MURACHELLI ADRIANO, RIBONI VITTORIA, *Rischio idraulico e difesa del territorio*, Dario Flaccovio Editore, 2010, pag. 15-16-17.
- [17] POTENZA UBERTO, *L’acqua di Serino e l’acquedotto Augusteo*, “Magazine lacquaonline”, Associazione Idrotecnica Italiana, agosto 2016.

[18] VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

Fonti archivistiche

[1] Archivio di Stato di Cosenza:

- Archivio Aletti, busta 16, Acquedotto Merone, Consiglio superiore dei lavori pubblici, Adunanza del 28 maggio 1930 VIII N.1704 – Progetto acquedotto di Cosenza.
- Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135, Ufficio Lavori Pubblici, Comune di Cosenza – Perizia suppletiva dei lavori non previsti nel progetto del nuovo acquedotto del “Merone”.

Fonti iconografiche

Capitolo 1

Figura 1.1 – Cunicoli scavati nella roccia.

<https://www.edilportale.com/news/2017/06/ambiente/acquedotti-l-ingegneria-antica-puo-ancora-combattere-la-siccita_58510_52.html>

Figura 1.2 – Interno cunicoli scavati nella roccia.

<https://www.edilportale.com/news/2017/06/ambiente/acquedotti-l-ingegneria-antica-puo-ancora-combattere-la-siccita_58510_52.html>

Figura 1.3 – Schema *qanat* nella civiltà persiana.

< https://download.kataweb.it/mediaweb/pdf/espresso/scienze/1968_004_7.pdf>

Figura 1.4 – Roma, Parco degli Acquedotti. Acquedotti Claudio (38 – 52 d.C.) e Anio Novus (52 d.C.).

<<https://www.parcoarcheologicoappiaantica.it/luoghi/acquedotti-claudio-marcio-e-novus/>>

Figura 1.5 – Schema acquedotto romano. Rielaborazione grafica dell'autrice.

Fonte: <<https://www.sigeaweb.it/documenti/gda-supplemento-3-2017.pdf>>

Figura 1.6 – Schema acquedotto romano, sezione condotta.

Fonte: <<https://www.sigeaweb.it/documenti/gda-supplemento-3-2017.pdf>>

Figura 1.7 – Schema Ponte sifone.

Fonte: <<https://www.sigeaweb.it/documenti/gda-supplemento-3-2017.pdf>>

Figura 1.8 – Roma, Porta Maggiore. Punto di incontro dei principali acquedotti romani.

Fonte: <<https://www.infobuild.it/approfondimenti/roma-aquarum-acquedotti-citta-eterna/>>

Capitolo 2

Figura 2.1 – Matera. Sasso Caveoso.

Fonte: <<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>

Figura 2.2 – Matera. Sasso Barisano.

Fonte: <<https://www.civitatis.com/it/matera/visita-guidata-sasso-barisano/>>

Figura 2.3 – Matera. Cisterne a campana.

Fonte: <<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>

Figura 2.4 – Figura 2.4 – Matera. Cisterna a campana piccola ad uso privato.

Fonte: <<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>

Figura 2.5 – Matera. Piazza Vittorio Veneto.

Fonte: <<https://www.basilicataturistica.it/scopri-la-basilicata/matera-patrimonio-mondiale-dellumanita/il-palombaro/>>

Figura 2.6 – Matera. Interno Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://www.isassidimatera.com/cosa-vedere/palombaro-lungo/>>

Figura 2.7 – Matera. Panoramica di Piazza Vittorio Veneto con ingresso del Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

Figura 2.8 – Matera. Geometria e sezioni Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

Figura 2.9 – Matera. Sezioni longitudinali e trasversali Palombaro Lungo.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

Figura 2.10 – Matera, Palombaro Lungo. Schema carichi permanenti e accidentali.

Fonte: <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>

Figura 2.11 – Tracciato acquedotto Augusteo del Serino – Rielaborazione grafica dell'autrice.

Fonte: <https://it.wikipedia.org/wiki/Acquedotto_romano_del_Serino>

Figura 2.12 – Pompei. Schema di distribuzione urbana dell'acqua potabile.

Fonte: <https://o2.architettilroma.it/monitor/d/didatticaurbana/dominazione_romana_del_mediterraneo.html>

Figura 2.13 – Pompei. Pianta *castellum aquae*.

Fonte: <<https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

Figura 2.14 – Pompei. Torrini piezometrici.

Fonte: <<https://acquedottihirpinia.wordpress.com/2016/03/02/pompeii/>>

Figura 2.15 – Pompei. Facciata *castellum aquae*.

Fonte: <<https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

Figura 2.16 – Pompei. Facciata ovest del *castellum aquae* integrata nel terrapieno.

Fonte: <<https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

Figura 2.17 – Pompei. Sezione sud-nord cupola interna al *castellum aquae*.

Fonte: < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

Figura 2.18 – Pompei. Facciata ovest con ingresso al *castellum aquae*.

Fonte: < <https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>

Figura 2.19 – Pompei. Pianta del serbatoio interno al *castellum*.

Fonte: <<https://pompeiiinpictures.com/pompeiiinpictures/Fountains/fountain%2061500.htm>>

Figura 2.20 – Bari. Palazzo dell'Acqua, progettato dall'ingegnere Cesare Vittorio Brunetti (1931).

Fonte: <<https://www.aqp.it/aqp-comunica/multimedia/il-palazzo-dellacqua-un-monumento-allacqua>>

Figura 2.21 – Torrini di interruzione in c.a. con vaschette che raggiungono la linea dei carichi idrodinamici.

Fonte: FREGA GIUSEPPE, *L'acquedotto Pugliese*, "L'ACQUA", Edizione n.6, 2011, pag.55.

Figura 2.22 – Schema rete acquedotto Pugliese.

Fonte: <http://www.forumtelecontrollo.it/allegati/11.10intesis_sinni_lanave_w.pdf>

Figura 2.23 – Atella (PZ). Ponte canale.

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.24 – Edificio di presa sul Canale Principale dell'acquedotto Pugliese.

Fonte: <https://www.ifontanaritorremaggioresi.com/files/visita_sele---copia--1-.pdf>

Figura 2.25 – Scarico totale sul Canale Principale dell'acquedotto Pugliese.

Fonte: <https://www.ifontanaritorremaggioresi.com/files/visita_sele---copia--1-.pdf>

Figura 2.26 – Santa Maria di Leuca (LE). Sezioni e piante opera terminale Grande Sifone Leccese.

Fonte: <<https://www.zoomculture.it/portfolio-item/la-via-dellacqua-patrimonio-industriale-dellacquedotto-pugliese/>>

Figura 2.27 – Santa Maria di Leuca (LE). Cascata monumentale, progettata dall'ingegnere Cesare Vittorio Brunetti (1939).

Fonte: <<https://www.grottedileuca.com/orari-apertura-cascata-monumentale-santa-maria-di-leuca/>>

Figura 2.28 – Santa Maria di Leuca (LE). Cascata monumentale, progettata dall'ingegnere Cesare Vittorio Brunetti (1939).

Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.29 – Centrale Idroelettrica Battaglia di Villa Castelli (BR).

Fonte: <<https://www.zoomculture.it/portfolio-item/la-centrale-idroelettrica-battaglia/>>

Figura 2.30 – Centrale Idroelettrica Battaglia di Villa Castelli (BR) – Interno.
Fonte: <<https://www.zoomculture.it/portfolio-item/la-centrale-idroelettrica-battaglia/>>

Figura 2.31 – Altamura (BA). Palazzo - serbatoio (1931).
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.32 – Altamura (BA). Palazzo - serbatoio in fase di costruzione.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.33 – Altamura (BA). Sezione palazzo - serbatoio. Scala 1:100.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.34 – Altamura (BA). Palazzo – serbatoio, pianta del primo piano, della vasca e del partitore. Scala 1:100.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.35 – Lecce. Serbatoio pensile in fase di costruzione.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.36 – Lecce. Serbatoio pensile.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.37 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.38 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci. Serbatoio in fase di costruzione.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.39 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci. Prospetto serbatoio Scala 1:100.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Figura 2.40 – Corigliano d’Otranto (LE). Serbatoio Alto, progetto dell’ingegnere e architetto Gaetano Minnucci. Sezione serbatoio Scala 1:100.
Fonte: <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

Capitolo 3

Figura 3.1 – Cosenza. Vista centro storico confluenza fiumi Crati e Busento.

Fonte: <<https://catalogo.beniculturali.it/detail/ArchitecturalOrLandscapeHeritage/1800174230>>

Figura 3.2 – Cosenza. Ponte San Francesco di Paola sul fiume Crati, progetto di Santiago Calatrava, 2018.

Fonte: <<https://ilgiornaledellarchitettura.com/2022/07/20/ritratti-di-citta-cosenza-fra-identita-e-innovazione-urbana/>>

Figura 3.3 Piano di ampliamento rete idrica città di Cosenza redatto dall'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:5000.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.4 – Cosenza. Serbatoio acquedotto Merone.

Fonte: Immagine Google Earth.

Figura 3.5 – Cosenza. Ingresso serbatoio acquedotto Merone.

Fonte: <<https://fondoambiente.it/luoghi/acquedotto-del-merone?ldc>>

Figura 3.6 – Cosenza. Prospetto serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:100.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.7 – Cosenza. Sezione serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:100.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.8 – Cosenza. Pianta serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:100.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.9 – Cosenza. Sezione di una campata del solaio di copertura del serbatoio dell'acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:20.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.10 – Cosenza. Particolare del collegamento trave-pilastro solaio serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:10.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.11 – Cosenza. Sezione del pilastro solaio serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1930 – Scala 1:10.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.12 – Cosenza. Pianta piazzale antistante al serbatoio dell'acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1939.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.13 – Cosenza. Planimetria strada di accesso serbatoio acquedotto Merone. Progetto dell'Ingegnere Tommaso Gualano, 1939 – Scala 1:1000.

Fonte: Archivio di Stato di Cosenza – Genio Civile, rete idrica fognante, busta 135.

Figura 3.14 – Dati serbatoi a servizio del centro città. Tabella rielaborata dall'autrice.

Fonte: VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

Figura 3.15 – Cosenza. Immagine schema serbatoi a servizio del centro città.

Fonte: Immagine Google Earth rielaborata dall'autrice.

Figura 3.16 – Rappresentazione schematica della rete idrica del centro di Cosenza e dei distretti limitrofi con portate medie immesse in rete prima della sperimentazione So.Ri.Cal.

Fonte: VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

Figura 3.17 – Rappresentazione schematica della rete idrica del centro di Cosenza e dei distretti limitrofi con portate medie immesse in rete durante la sperimentazione So.Ri.Cal.

Fonte: VIGGIANI GIUSEPPE, *La rete idrica di Cosenza. Origine, aggravamento e risoluzione di un problema storico*, Falco Editore, 2018.

Figura 3.18 – Schema impianto per il recupero delle acque piovane.

Fonte: <<https://www.architettura23.it/2020/05/09/recupero-acque-piovane-risparmio-idrico/>>

Figura 3.19 – Schema applicazione tecnologia TALR.

Fonte: <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>

Figura 3.20 – Schema fasi di intervento tecnologia TALR

Fonte: <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>

Figura 3.21 – Esempi interventi con tecnologia TALR

Fonte: <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>

Figura 3.22 – SmartBall

Fonte: <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/smartball-inline-free-swimming-inspection-platform/>>

Figura 3.23 – Recupero SmartBall

Fonte: <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/smartball-inline-free-swimming-inspection-platform/>>

Figura 3.24 – Schema applicazione SmartBall.

Fonte: <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/smartball-inline-free-swimming-inspection-platform/>>

Figura 3.25 – Schema applicazione sistema Sahara.

Fonte: <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/sahara-inline-tethered-inspection-platform/>>

Figura 3.26 – Schema applicazione sistema Sahara.
Fonte: < https://enasud.com/ricerca_perdite-sahara/>

Sitografia

- [1] APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), *I Quaderni della Formazione Ambientale*, 2006
<<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00001100/1110-acqua.pdf>>
- [2] Istat, *Le Statistiche dell'Istat sull'acqua*, Statistiche Report, Roma, 2024 <<https://www.istat.it/it/files/2024/03/Report-GMA-Anno-2024.pdf>>
- [3] L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, <<https://www.agenziacoesione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-losviluppo-sostenibile/>>
- [4] Decreto legislativo 03 aprile 2006, n.152 <<https://www.altalex.com/documents/codici-altalex/2011/02/14/codice-dell-ambiente>>
- [5] TEMPORELLI GIORGIO, *Gli acquedotti romani*, Fondazione AMGA, 2008.
<<https://www.fondazioneamga.org/wp-content/uploads/doc/Temporelli.pdf>>
- [6] GRANO MARIA CARMELA, *Palombari, cisterne e pozzi per l'approvvigionamento idrico nei Sassi di Matera (Basilicata)*, "Il capitale culturale", n. 21, giugno 2020, pag. 379
<<https://doi.org/10.13138/2039-2362/2076>>
- [7] Matera, la smart city più antica del mondo, gennaio 2022 <<https://www.geopop.it/matera-la-smart-city-piu-antica-del-mondo/>>
- [8] <<https://sassidimatera.net/cosa-vedere/palombaro-lungo/>>
- [9] BRUNO GIOVANNI [et al.], *Geomechanical modelling and stability analysis of the shallow underground water reservoir Palombaro Lungo (Matera-Italy)*, "Environ Earth Sci", vol. 82, n.302, maggio 2023. <<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11001-2>>
- [10] ADAM JEAN-PIERRE, VARENE PIEREE, *Le castellum aquae de pompéi, étude architecturale*, "Revue archéologique", n. 45(1), 37-72 <<https://doi.org/10.3917/arch.081.0037>>
- [11] <<https://www.aqp.it/perche-acquedotto/la-storia>>
- [12] <<https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1898-08-01&atto.codiceRedazionale=098U0332&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=0&qId=7dad680a-2664-4f15-8a81-4e887cef0761&tabID=0.7934689472304761&title=lbl.dettaglioAtto>>

[13] <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1902-06-26;245#:~:text=%C3%88%20istituito%20un%20Consorzio%20fra,Stato%20e%20delle%20odette%20province>>

[14] <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1920-09-23;1365>>

[15] <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:regio.decreto.legge:1938-08-02;1464>>

[16] <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1950;646>>

[17] <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1963-02-04;129>>

[18] <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:1999-05-11;141>>

[19] <<https://www.aqp.it/pianeta-acqua/palazzo-acqua>>

[20] MONTE ANTONIO, *Il grande patrimonio industriale dell'Acquedotto Pugliese: conoscenza, salvaguardia e valorizzazione turistico-culturale*, in “Lungo la Ciclovía dell'Acquedotto Pugliese – Storia, patrimonio industriale e valorizzazione condivisa”, Palazzo Ducale, Martina Franca (TA), 12 dicembre 2015 <<https://www.cicloviadellacquedotto.it/wp-content/uploads/2016/01/Il-grande-patrimonio-industriale-dell%E2%80%99Acquedotto-Pugliese.pdf>>

[21] <<https://www.aqp.it/pianeta-acqua/ciclovía-acquedotto-pugliese>>

[22] <<https://www.aqp.it/scopri-acquedotto/gli-impianti/sorgenti>>

[23] <<https://www.aqp.it/scopri-acquedotto/servizi/servizi-distribuzione-acqua>>

[24] <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2006;152~art80!vig=>>>

[25] <<https://voce dellacqua.aqp.it/news-i-monumenti-dellacqua-nel-nome-dellingegnercesare-brunetti>>

[26] <<https://fondoambiente.it/luoghi/palazzo-acquedotto-pugliese?ldc>>

[27] <<https://www.aqp.it/pianeta-acqua/palazzo-acqua>>

[28] Ing. VISCOMI FRANCESCO, *Piano di Ambito*, Autorità Idrica Calabria, Regione Calabria, dicembre 2020, pag. 3-5 <<https://www.autoritaidricacalabria.it/piano/piano.pdf>>

[29] POLEMIO MAURIZIO [et al.], *La risorsa idrica. Sfruttamento, depurazione dei serbatoi sotterranei e utilizzo razionale nel caso della Calabria*, in “Scritti e Documenti XLVII L'Acqua in Calabria: risorsa o problema? Atti della Giornata di studio, Arcavacata di Rende, 31 maggio 2013, in collaborazione con l'Università della Calabria a cura di F. Dramis e A. Mottana”, ARACNE Editrice S.r.l., Roma, ottobre 2013, pag.11-22-26. <<https://www.accademiaxl.it/attivita/pubblicazioni/scritti-e-documenti/>>

[30] <<https://www.soricalspa.com/infrastrutture/acquedotti/>>

[31] <<https://fondoambiente.it/luoghi/ponte-calatrava-cosenza>>

[32] Censimenti popolazione Cosenza 1861-2021, dati ISTAT
<<https://www.tuttitalia.it/calabria/45-cosenza/statistiche/censimenti-popolazione/>>

[33] dati ISTAT, novembre 2024 <<https://demo.istat.it/app/?l=it&a=2024&i=D7B>>

[34] *Risparmio idrico: il recupero delle acque piovane*, cfr.
<<https://www.infobuild.it/approfondimenti/risparmio-idrico-il-recupero-delle-acque-piovane/>>

[35] <<https://www.pipecareitalia.com/talr>>.

[36] <<https://www.xylem.com/it-it/products--services/pipeline-assessment/smartball-inline-free-swimming-inspection-platform/>>