

ACCORDO DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA TRA ACQUEDOTTO PUGLIESE S.p.A. E
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO (DI) PER
*“L'EFFETTUAZIONE DI STUDI E RICERCHE PER LA GESTIONE OTTIMALE DELLE FONTI DI
APPROVVIGIONAMENTO DI ACQUEDOTTO PUGLIESE S.P.A. (APPROFONT)”*

ANNESSO TECNICO

1 Premessa

Acquedotto Pugliese S.p.A. (di seguito anche AQP) gestisce un sistema idrico regionale a servizio dell'intero territorio della Puglia. Il DI dell'Università di Palermo ha già collaborato con AQP per lo svolgimento di attività rivolte alla caratterizzazione delle fonti di approvvigionamento di AQP e alla costruzione di un modello di gestione del sistema regionale di approvvigionamento primario nei due progetti denominati MOGESA (2012 – 2013) e GOSAR (2016-2017).

Alcune delle attività della presente convenzione costituiscono il proseguimento del progetto GOSAR, completato nel 2017, del quale adottano i risultati come punto di partenza per lo sviluppo delle nuove ricerche. Altre aprono invece nuovi filoni d'indagini, rivolti a migliorare la capacità dell'azienda di gestire le risorse che attualmente utilizza, sia incrementando la conoscenza su di esse (come nel caso delle risorse sotterranee che di quelle derivate dal bacino del fiume Ofanto), che offrendo l'implementazione di un modello di monitoraggio attivo delle risorse, finalizzato non solo alla previsione della domanda e dell'offerta futura di risorsa idrica, come nei precedenti progetti, ma anche a delineare scenari ottimizzati di gestione in relazione allo stock idrico attuale e alle disponibilità idriche previste.

2 Obiettivi generali della convenzione e prodotti

L'obiettivo della convenzione è di creare una sinergia tra il gestore del sistema idrico e l'Università per una migliore caratterizzazione di alcune risorse idriche utilizzate da AQP e per lo sviluppo di un modello matematico di gestione delle risorse idriche del sistema idrico pugliese, eventualmente brevettabile.

Nel complesso, le attività si possono inquadrare in quattro distinti filoni di ricerca che sono illustrati nel seguito.

2.1 Caratterizzazione delle falde da cui si approvvigiona AQP

In condizioni ordinarie, i prelievi di acqua di falda contribuiscono attualmente per poco meno del 15% al mix di risorse idriche prelevate da AQP dall'ambiente per l'approvvigionamento del suo sistema. Questo dato (circa 70,0 Mm³/anno), riferibile agli ultimi due anni di esercizio di AQP, testimonia la strategia di progressiva riduzione dei prelievi da falda indicata negli ultimi documenti di programmazione disponibili (il Piano d'Ambito del 2008, il Piano di Tutela delle Acque del 2009) come necessario per salvaguardare una risorsa che, fino al primo decennio di questo secolo, era stata sfruttata in maniera molto intensa, raggiungendo in Puglia picchi di prelievo, per l'approvvigionamento civile, di oltre 100 Mm³/anno. Le risorse sotterranee risultavano allora sovrasfruttate con caratteristiche di inquinamento chimico (cloruri, nitrati) e microbiologico.

Resta il fatto che le risorse sotterranee possono costituire un'importante riserva strategica per i periodi in cui la naturale variabilità idrologica delle fonti tende a determinare una riduzione delle disponibilità idriche dalle altre fonti, come nel recente passato, anche in relazione ad un assetto infrastrutturale del sistema di approvvigionamento primario in corso di evoluzione.

Sotto questo profilo i lavori svolti dal CNR – IRSA¹, per conto dell'Autorità di Bacino della Puglia (nel seguito anche AdBP), sono da considerare solamente come un punto di partenza e di riferimento metodologico, dato che i dati su cui si basano risalgono, in alcuni casi, a più di

¹ Aggiornamento del Bilancio Idrogeologico dei Corpi Idrici Sotterranei della Regione Puglia – Fase 6: Caratterizzazione quali-quantitativa dei pozzi potenzialmente utilizzabili a scopo potabili e sul loro possibile impiego ad integrazione delle risorse convenzionali in occasione di periodi di potenza idrica (2010); Rapporto Integrativo Fase 6: Valutazione di possibili emungimenti ad uso potabile da falde idriche sotterranee al 31/12/14 (2011)

quindici anni fa e non tengono quindi conto dell'evoluzione del quadro dell'approvvigionamento idrico tuttora in corso e delle informazioni più recenti in merito alle caratteristiche quali-quantitative delle risorse sotterranee.

L'obiettivo di questa fase del progetto è quindi di fornire una prima e aggiornata caratterizzazione degli acquiferi da cui si approvvigiona AQP in modo da 1) individuare i gap conoscitivi presenti e indirizzare la futura programmazione riguardo alle informazioni da raccogliere, conservare e classificare; 2) permettere una pianificazione più consapevole dello sfruttamento delle risorse sotterranee, anche tenendo conto del fatto che anch'esse, al pari delle superficiali, vengono utilizzate, talvolta in modo prevalente ed intensivo, per l'agricoltura. In questa fase è esclusa, invece, un'attività di modellazione, sia fisica che *data driven*, degli acquiferi per la definizione di scenari di dettaglio di gestione delle falde.

2.2 Studio idrologico delle risorse idriche del fiume Ofanto e delle regole per la loro gestione

La fase 3 del precedente progetto GOSAR era dedicata in larga parte alla valutazione/previsione dei volumi irrigui prelevati dai serbatoi da cui si approvvigiona AQP allo scopo di migliorare 1) le stime dei deflussi nei serbatoi a partire dai dati di esercizio in possesso di AQP e 2) le previsioni di medio-lungo termine sui volumi disponibili nei serbatoi stessi utilizzando le metodologie di previsione già sviluppate nel progetto MOGESA.

Nel corso del progetto GOSAR sono emerse notevoli criticità conoscitive in merito ai due serbatoi, Conza e Locone, che regolano una parte delle acque del fiume Ofanto. Il serbatoio Conza è situato nella parte più montana del bacino ed è progettato per l'approvvigionamento civile (gestito da AQP) e per l'approvvigionamento irriguo, che non avviene tuttavia per lo più direttamente dal serbatoio, bensì con rilascio delle portate in alveo per una successiva captazione attraverso la traversa Santa Venere, posta più a valle.

Il serbatoio Locone è invece un serbatoio fuori alveo prevalentemente approvvigionato dalla traversa Santa Venere, e la criticità conoscitiva consiste in questo caso nell'incertezza collegata alla regola di riempimento, mentre i volumi prelevati per uso irriguo sono noti con una certa sicurezza.

Tutte queste criticità conoscitive sono dovute al fatto che l'intero bacino dell'Ofanto è stato oggetto dal dopoguerra di un'articolata infrastrutturazione costituita da quattro serbatoi principali (Conza, S. Pietro, Rendina, Marana Capacciotti), da due minori (Saetta e Toppo di Francia) e da una importante opera di derivazione ad acqua fluente (la traversa Santa Venere), recentemente potenziata e che tale infrastrutturazione, tuttavia, come già verificato in altri sistemi, non è gestita in modo unitario, ma esiste al contrario una molteplicità di soggetti che hanno titolo nella gestione delle infrastrutture e dei centri di domanda.

In analogia a quanto svolto nella fase 3 del progetto GOSAR, lo studio ha quindi lo scopo di definire gli elementi fondamentali del bilancio tra domanda e offerta di risorsa idrica nel bacino dell'Ofanto e delle regole gestionali che presiedono alle allocazioni delle risorse, con il duplice obiettivo di 1) migliorare la capacità di AQP di incidere sui meccanismi decisionali che presiedono la programmazione delle risorse idriche e 2) di migliorare la qualità del sistema di previsione elaborato nei precedenti progetti.

2.3 Monitoraggio attivo delle risorse idriche - Integrazione dei modelli previsionali sviluppati nei precedenti progetti nel modello di gestione del sistema di approvvigionamento primario di AQP

Nei precedenti progetti di ricerca è stato costruito, validato e applicato un modello matematico del sistema di approvvigionamento primario di AQP col principale obiettivo 1) di ottimizzare

la gestione del sistema in condizioni ordinarie e 2) di ottimizzare la gestione del sistema qualora in essi si verificano eventi non ordinari, ma classificabili attraverso probabilità di accadimento, quali rotture di condotte, inquinamento di fonti di approvvigionamento, interruzione non programmata dell'energia elettrica. Il modello è stato sviluppato utilizzando il software AQUATOR, utilizzato per la costruzione di modelli customizzati di sistemi idrici complessi.

Le simulazioni di esercizio del sistema condotte fino ad ora sono state svolte con riferimento a un anno idrologico medio, considerando quindi eventi rischiosi di tipo puramente meccanico o elettromeccanico, senza guardare alla variabilità idrologica delle fonti di approvvigionamento. D'altra parte, nei due precedenti progetti sono stati elaborati modelli previsionali sia sulle disponibilità idriche di medio termine (fino alla fine dell'anno idrologico corrente) nei serbatoi che sulle domande idriche di tipo irriguo. Entrambi i tipi di modello (sia cioè sull'offerta che sulla domanda di risorsa idrica) vengono attualmente già impiegati da AQP per produrre report di monitoraggio e di previsione sulle riserve attese nei serbatoi, utili per il confronto con gli altri soggetti che a diverso titolo si occupano della gestione delle risorse idriche nella regione e, in senso più ampio, nel Distretto Idrografico.

In questa fase del presente progetto la componente della variabilità idrologica verrà invece esplicitamente incorporata nel modello, in diverse forme e con diversi obiettivi.

Come già indicato in premessa, la collaborazione tra AQP e DI si concretizzerà proprio nello sviluppo di un modello matematico per il monitoraggio attivo e per la gestione delle risorse idriche utilizzate da AQP che integri la complessità infrastrutturale del sistema di approvvigionamento primario della Puglia.

2.4 Strumentazione idro-meteorologica per il monitoraggio delle risorse idriche e valutazione degli indicatori di siccità

Questa fase del progetto è dedicata alla progettazione della strumentazione necessaria per un monitoraggio idrologico completo dei serbatoi da cui si approvvigiona AQP, anche a supporto dell'attività di ricerca descritta nel precedente 2.3. Il progetto MOGESA si era già occupato dell'argomento, tuttavia, la disponibilità, adesso, delle registrazioni termometriche e pluviometriche in tempo reale dei Centri Funzionali della Protezione Civile delle regioni Puglia, Basilicata e Campania permette di riconsiderare *in toto* la questione, anche alla luce di nuove infrastrutture che sono in procinto di entrare in esercizio (la derivazione del torrente Sarmento verso il serbatoio Monte Cotugno).

Questa fase del progetto cercherà quindi di determinare il livello ottimale d'informazione pluviometrica e termometrica da acquisire dalla rete esistente e valuterà l'eventuale necessità di infittire la rete attraverso strumentazione predisposta e gestita ad hoc da AQP anche alla luce del fabbisogno di conoscenza per il calcolo degli indicatori di siccità e scarsità contenuti nelle recenti guide linee contenute nelle "Linee Guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori Distrettuali per l'Uso della risorsa Idrica" (Attività condotta nell'ambito del sottogruppo "indicatori" del Comitato tecnico di coordinamento nazionale degli Osservatori distrettuali per l'uso della risorsa idrica – maggio 2018). A tal proposito verrà avviata una sperimentazione sugli indicatori per comprendere quelli più adatti a descrivere la situazione climatica del territorio e che meglio interpretano le caratteristiche delle fonti di approvvigionamento idrico di AQP, anche attraverso l'elaborazione di cartografie rappresentative degli indici attraverso l'ausilio di specifici software GIS.

Verrà anche valutata l'opportunità di installare nuove stazioni idrometriche / ripristinare quelle già esistenti ma dismesse.

In sintesi, il progetto si articolerà nelle seguenti quattro fasi, sinteticamente descritte di seguito

FASE 1 – Aggiornamento dello stato della conoscenza delle risorse sotterranee utilizzate da AQP. Screening delle informazioni disponibili, prima caratterizzazione quali-quantitativa delle risorse sotterranee e loro evoluzione nel tempo.

FASE 2 – Bilancio domanda – offerta delle risorse idriche nel fiume Ofanto sulla base dei dati idrologici e di esercizio (delle infrastrutture irrigue) disponibili. Analisi dei dati di esercizio dei serbatoi per individuare possibili regole gestionali.

FASE 3 – Integrazione dei modelli previsionali delle disponibilità di approvvigionamento degli invasi (Pertusillo, Sinni, Locone, Fortore e Conza) già implementati nel progetto precedente e della domanda per uso irriguo nel modello gestionale in AQUATOR per avviare la definizione di un sistema di supporto alle decisioni (DSS) su più livelli. Utilizzo del modello in AQUATOR per ricavare regole per l'intero sistema per la gestione della variabilità idrologica delle fonti di approvvigionamento.

FASE 4 – Definizione della strumentazione idro-meteorologica aggiuntiva alle reti di rilevamento già esistenti a supporto del monitoraggio attivo delle risorse idriche della fase 3 delle valutazioni di pertinenza della fase 1 e a supporto della valutazione degli indicatori di siccità e scarsità idrica contenuti nelle “Linee Guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori Distrettuali per l’Uso della risorsa Idrica” (Attività condotta nell’ambito del sottogruppo “indicatori” del Comitato tecnico di coordinamento nazionale degli Osservatori distrettuali per l’uso della risorsa idrica – maggio 2018). Rappresentazione cartografica dei bacini idrografici sottesi dagli invasi di interesse AQP (Conza, Locone, Fortore, Pertusillo e Sinni) attraverso l’ausilio di software GIS con l’ubicazione delle strumentazioni idro-meteorologiche esistenti e da integrare/ripristinare alla base dei modelli idrologici di calcolo degli afflussi negli invasi. Valutazione degli indici di siccità / scarsità e loro rappresentazione cartografica nei territori in cui ricadono le fonti di approvvigionamento idrico di AQP.

3 Struttura della convenzione

Le quattro fasi sopra indicate avranno, con maggior dettaglio, la seguente struttura:

FASE 1

Attività 1.1: Ricerca bibliografica sugli acquiferi di interesse per AQP: queste informazioni sono contenute in numerosi documenti di programmazione (Studio di Fattibilità del Bilancio Idrico Potabile, Piano di Tutela delle Acque, Aggiornamento del Bilancio Idrogeologico dei Corpi Idrici Sotterranei della Regione Puglia, etc.) e necessitano quindi di essere riorganizzate, confrontate, valutate. Questa attività comprende anche la rivalutazione dei risultati degli strumenti operativi a suo tempo elaborati e forniti dal CNR-IRSA per l’AdBP.

Attività 1.2: Analisi estensiva dello stato dell’arte dei pozzi gestiti da AQP con analisi dei dati (livelli freatici, portate prelevate, caratteristiche geochimiche e di qualità delle acque) disponibili) di tipo spaziale e temporale; valutazione della quantità e della qualità dei dati disponibili in relazione agli obiettivi generali della gestione delle risorse idriche e al rispetto della normativa vigente sulla qualità dell’acqua per il consumo umano.

FASE 2

Attività 2.1: Ricerca *desk* dello stato delle gestioni della domanda irrigua, dell'estensione delle aree attrezzate e irrigate, delle tipologie colturali al fine di stimare la domanda irrigua.

Attività 2.2: Valutazione (anche in connessione con la precedente fase 1) dell'incidenza delle risorse idriche sotterranee e superficiali non regolate nella chiusura del bilancio idrico dei distretti irrigui.

Attività 2.3: Valutazioni idrologiche sulle disponibilità idriche dell'Ofanto. Tali valutazioni saranno limitate ad un'analisi dei fondamentali risultati dello studio di fattibilità del bilancio idrico-potabile dell'AdBP, allo scopo di utilizzarli nell'elaborazione di scenari domanda-offerta

Attività 2.4: Utilizzo dei dati di esercizio disponibili dei serbatoi del sistema per stimare i prelievi di risorsa per l'irrigazione e confrontarli con le altre fonti di informazione.

Attività 2.5: Sintesi dei risultati: quadro della domanda e dell'offerta di risorsa idrica nel bacino dell'Ofanto in diverse condizioni idrologiche ed esposizione delle regole gestionali adottate attualmente.

FASE 3

Attività 3.1: integrazione dei modelli previsionali già sviluppati sulla domanda e sull'offerta di risorsa idrica nel modello del sistema di approvvigionamento primario implementato in AQUATOR. A tal fine, sarà definito un modello più semplice di quello utilizzato fino ad ora, che metta in evidenza, oltre alle fonti di approvvigionamento, solamente le principali linee acquedottistiche e le possibilità di interconnessione, anche raggruppando i centri di domanda e le fonti di minore importanza, quali i pozzi. Ciò dovrà essere fatto in modo da ridurre al minimo la perdita di informazione attinente lo specifico problema della gestione intertemporale delle risorse idriche. La disponibilità di un modello più semplice permetterà di concentrarsi maggiormente sulla fase di integrazione tra i modelli previsionali e quelli gestionali che sulla fase di taratura, che è particolarmente onerosa in termini di tempo sul modello completo.

Attività 3.2: Assieme a questi modelli di gestione "in tempo reale", si potrà valutare la possibilità di utilizzare il modello per definire regole di gestione che, a partire da determinate condizioni della principale fonte di approvvigionamento non regolabile del sistema, ovvero le sorgenti, indichino le politiche migliori di approvvigionamento per assegnati livelli di partenza dei serbatoi e per scenari idrologici con assegnata probabilità di non superamento. L'analisi e la individuazione di tali scenari, in parte già effettuata nei precedenti progetti, troverà in questa attività maggiore definizione e applicazione operativa.

FASE 4

Attività 4.1: Analisi bibliografica sul dimensionamento ottimale di reti di monitoraggio termo-pluviometrico e scelta delle specifiche dello schema di dimensionamento da utilizzare

Attività 4.2: Individuazione delle stazioni termo-pluviometriche da utilizzare e valutazione di un eventuale infittimento con strumentazione direttamente gestita da AQP.

Attività 4.3: Definizione di protocolli di raccolta ed elaborazione dei dati idrologici anche al fine del ragguglio ai bacini sottesi dai serbatoi delle grandezze idrologiche di interesse.

7 Articolazione dei costi rimborsabili

Stima dei costi per personale e missioni:

	<i>Mesi uomo</i>	<i>Costi unitari</i>	<i>Totale</i>
2 UNITÀ PERSONALE JUNIOR (BORSA DI STUDIO)	48	20,000 (euro/borsista/anno)	80,000 euro
1 UNITÀ PERSONALE SENIOR (ASSEGNISTA)	24	27,000 (euro/assegnista/anno)	54,000 euro
TOTALE SPESA PERSONALE			134,000 euro
Spese per missioni (compreso noleggio auto e carburante) e materiali di consumo			20,000 euro
Spese per acquisto di materiale tecnico durevole			12,000 euro
Totale convenzione			166,000 euro

La ripartizione della spesa interna potrà subire delle modifiche, a saldo invariato, sulla base delle esigenze del progetto.

Stima dei costi per attività:

<i>Attività</i>	<i>Mesi uomo</i>	<i>Costi</i>	<i>Totale</i>
1	4 assegnista + 8 mesi borsista	9.000 + 13.334	22.334 euro
2	2 assegnista + 4 borsista	4.500 + 6,666	11.166 euro
3	12 assegnista + 24 borsista	27.000 + 40.000	67.000 euro
4	6 assegnista + 12 borsista	13.500 + 20.000	33.500 euro
Spese per missioni (compreso noleggio auto e carburante) e materiali di consumo			20,000 euro
Spese per acquisto di materiale tecnico durevole			12,000 euro
Totale convenzione			166,000 euro

Non saranno oggetto di rimborso I costi sostenuti per la partecipazione al progetto dei docenti coinvolti e relative spese generali stimati in €34.000,00=, saranno valorizzati con i seguenti costi orari standard:

- Professore Ordinario € 73,00;
- Professore Associato € 48,00;
- Ricercatore/Tecnico amministrativo € 31,00.

APPENDICE A

Elenco delle pubblicazioni sviluppate all'interno del DICAM (ora DI) sui modelli di gestione delle risorse idriche in sistemi idrici complessi

1. Arena, C., Cannarozzo, M. and Mazzola, M.R., "Screening Investments to Reduce the Risk of Hydrologic Failures in the Headwork System Supplying Apulia (Italy) – Role of Economic Evaluation and Operation Hydrology", *Water Resources Management*, 2014, DOI 10.1007/s11269-014-0539-9.
2. Arena C., Cannarozzo M., Fortunato A., Scolaro I., Mazzola M.R., "Evaluating infrastructure alternatives for regional water supply systems by model-assisted cost-benefit analysis – a case study from Apulia, Italy", *Proceeding of Water Distribution Systems Analysis*, Bari, 14-17 July, 2014, *Procedia Engineering*, ISSN:1877-7058, Volume 89, 2014, Pages 1460-1469.
3. Arborea S., Arena C., Cannarozzo M., Fiori G., Fortunato A., Mazzola M.R., Qeraxhiu L., Scolaro I., Sicolo N., Venditti L., "Ottimizzazione della gestione della rete di adduzione primaria di Acquedotto Pugliese S.p.A. tramite modelli di supporto alle decisioni: l'utilizzo del software Aquator", XXXIV Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Politecnico di Bari, 7-10 settembre 2014, Bari. ISBN:978-88-904561-8-3.
4. Arena C., Cannarozzo M., Fortunato A., Scolaro I, Mazzola M.R., 2015, "Improving the resilience to drought of the Apulian water resources system – an hydroeconomic model", in Andreu J., Solera A., Paredes-Arquiola, J., Haro-Monteagudo, D., Van Lanen, H. *Drought: Research and Science - Policy Interfacing*, CAC/Balkema Press, February 2015, ISBN 9781138027794.
5. Arena C., Cannarozzo M., Fortunato A., Scolaro I, Mazzola M.R., "Sensitivity of regional water supply systems models to the level of skeletonization – a case study from Apulia, Italy", *Proceeding of the 13th Computer Control for Water Industry Conference*, CCWI 2015, *Procedia Engineering*, Volume 119, 2015, Pages 535-544, ISSN 1877-7058.
6. Arena, C., Cannarozzo, M., Mazzola, M.R. (2015) Exploring the potential and the boundaries of the rolling horizon approach for the management of reservoir systems with over-year carryover capacity – what is their value?" in Weber, T., McPhee, M.J. and Anderssen, R.S. (eds) MODSIM2015, 21st International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2015, pp. 2430–2436. ISBN: 978-0-9872143-5-5. www.mssanz.org.au/modsim2015/L15/Arena.pdf
7. Arena C., Cannarozzo M., Fortunato A., Scolaro I, Mazzola M.R., "Scheletrizzazione di modelli di sistemi di approvvigionamento idrico regionali - Un caso di studio", *Atti del XXXV Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Università di Bari, 15-16 settembre 2016, Bologna. ISBN: 9788898010400.
8. Arena C., Cannarozzo M, Mazzola, M.R. 2017, Exploring the potential and the boundaries of the rolling horizon approach for the management of reservoir systems with over-year carryover capacity, *Water Resources Management*, 31(3), 867-884
9. Arena C, Cannarozzo M., Fortunato A, Lombardo, A, Scolaro I, Mazzola M.R. 2018. "Validation of a model for operation optimization of a regional water supply system", In G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.), *Proceedings Hydro Informatics Conference 2018 (EPiC Series in Engineering, vol. 3)*, pp. 79 – 86

10. Arena, C., Cannarozzo, Oliva, F., M., Mazzola, M.R. (2019). A multi-scenario Decision Support System for real-time operation of over-year multi-reservoir systems 1. Model description. Proceedings MODSIM 2019, 23rd 21st International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 1 – 6 December 2019, Canberra, Australia
11. Arena C, Cannarozzo, M., Oliva, F., Mazzola M.R. 2019. “A multi-scenario Decision Support System for real-time operation of over-year multi-reservoir systems 2. DSS simulation”, Proceedings MODSIM2019, 23rd 21st International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 1 – 6 December 2019, Canberra, Australia