



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Modelli di gestione dell'approvvigionamento idrico-potabile in Puglia

Ing. Luciano Venditti

Responsabile Grandi Vettori e Serbatoi - Acquedotto Pugliese S.p.A.

Via Cognetti, 36, 70121, Bari – e-mail: l.venditti@aqp.it



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

PROGETTO DI RICERCA E GRUPPO DI LAVORO

Nell'ambito dei progetti di ricerca MO.GE.SA. (Modelli di Ottimizzazione della Gestione dei grandi Schemi Acquedottistici) e GOSAR (Gestione Ottimale dei Sistemi Acquedottistici e analisi dei Rischi) è stata portata avanti la collaborazione tra:

- l'Acquedotto Pugliese S.p.A.
- Il dipartimento DICAM dell'Università di Palermo.

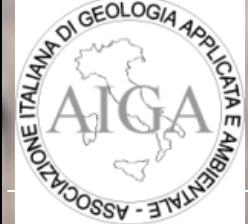
Tali progetti sono nati, tra l'altro, con lo scopo di dotare l'Acquedotto Pugliese di un modello che simulasse il comportamento dei grandi vettori per poterne studiare meglio la funzionalità e valutare gli effetti di modifiche gestionali.

In quest'ambito la collaborazione è stata finalizzata a:

- pianificazione ottimale dell'approvvigionamento della risorsa idrica;
- valutazioni di scenari di crisi idrica;
- valutazione di variazioni infrastrutturali.



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

L'Acquedotto Pugliese: un caso di studio complesso

AQP serve un territorio che interessa tre regioni dell'Italia meridionale Puglia, Basilicata e Campania

Per poter far fronte alla domanda idrica proveniente dalle diverse realtà servite, AQP gestisce un sistema idrico tra i più grandi al mondo.

Il sistema di approvvigionamento ha uno sviluppo di oltre 1300 km.





I Giornata AIGA di Approfondimento Lo studio e la tutela delle acque sotterranee Bari 25 ottobre 2016

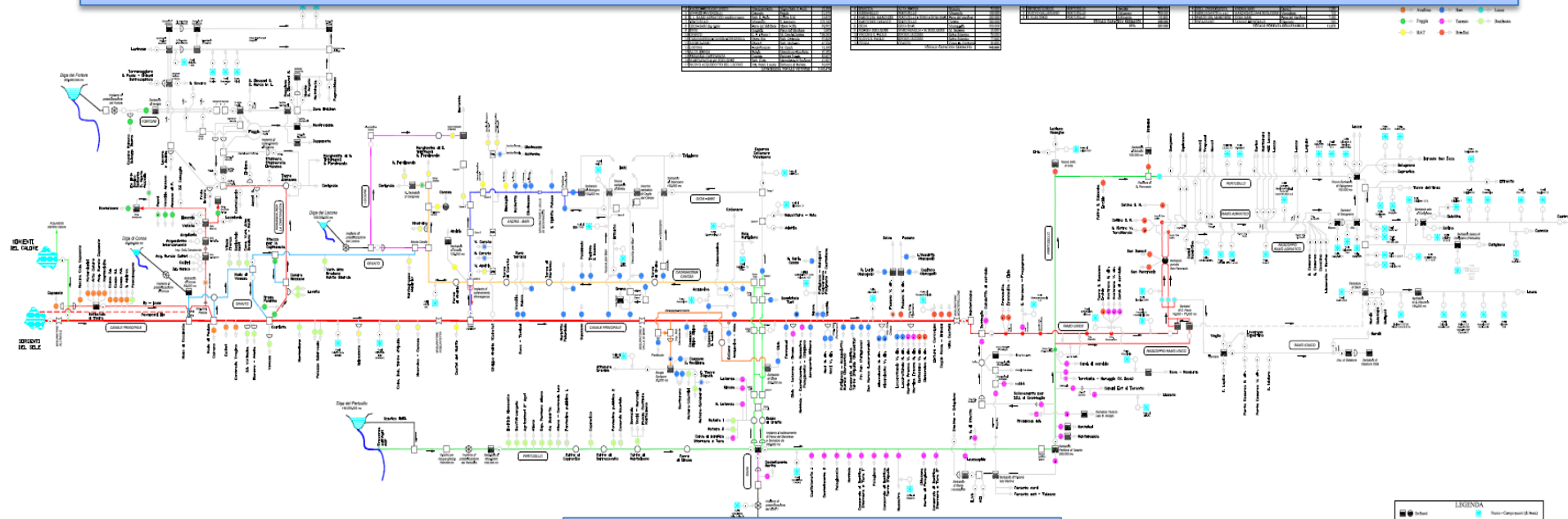
Il sistema di approvvigionamento idrico gestito da AQP è **interconnesso** e alimentato da **fonti multiple**

Interconnessione perché i diversi schemi acquedottistici nei quali si struttura il suddetto sistema sono collegati tra di loro consentendo un potenziale interscambio tra di essi

le **fonti di alimentazione** sono **multiple** in quanto l'acqua viene derivata da: sorgenti, invasi artificiali e pozzi

Tale sistema è capace di trasportare oltre 790 milioni di metri cubi di acqua ogni anno.

Ogni giorno AQP immette nel proprio sistema acquedottistico mediamente 1, 5 Mmc (bilancio idrico 2015).



Schema grande adduzione

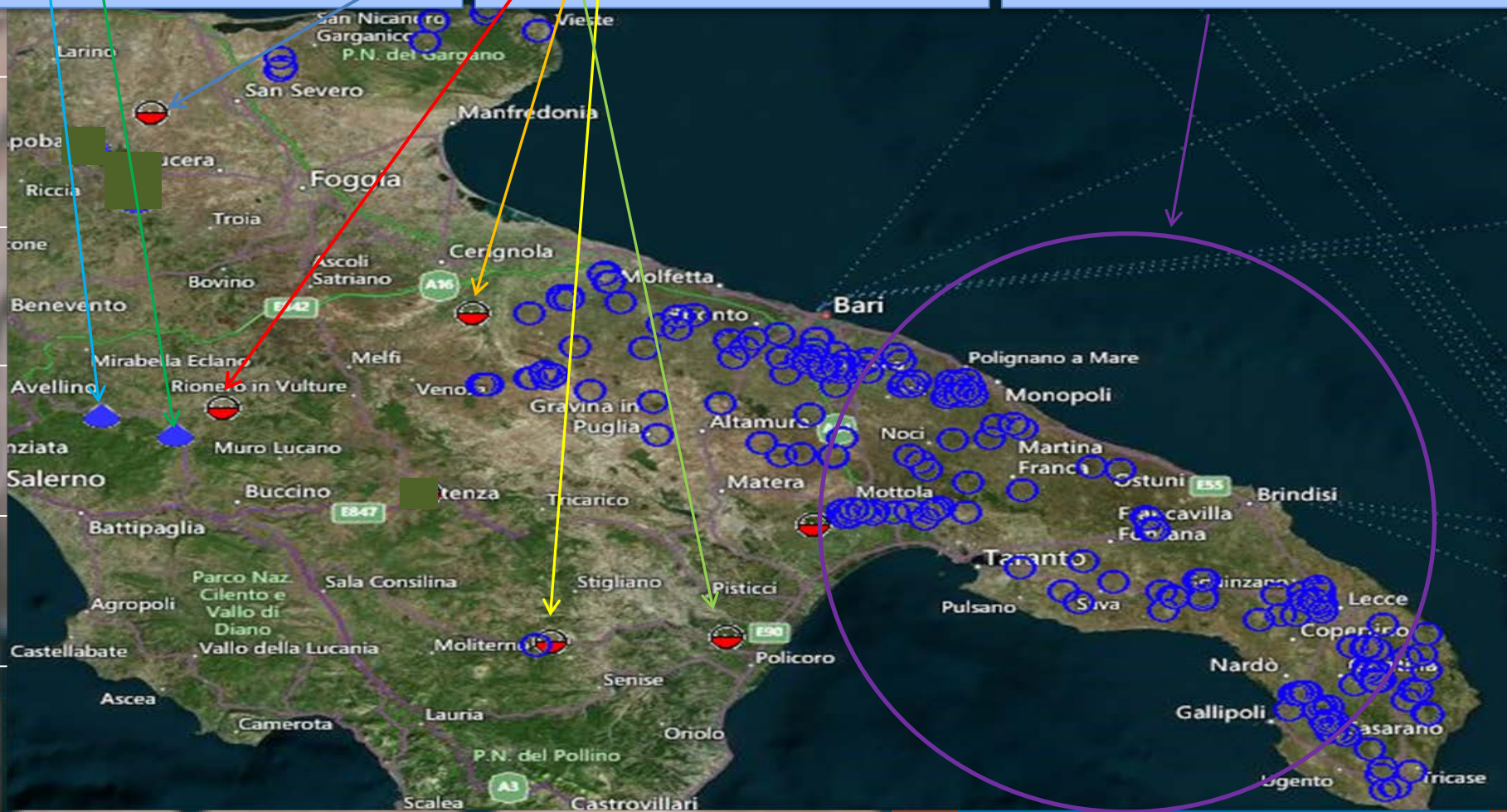


I Giornata AIGA di Approfondimento Lo studio e la tutela delle acque sotterranee Bari 25 ottobre 2016

I gruppi sorgentizi sono due: le sorgenti del Sele (Caposele (AV)) e quelle del Calore (Cassano Irpino e Montella (AV))

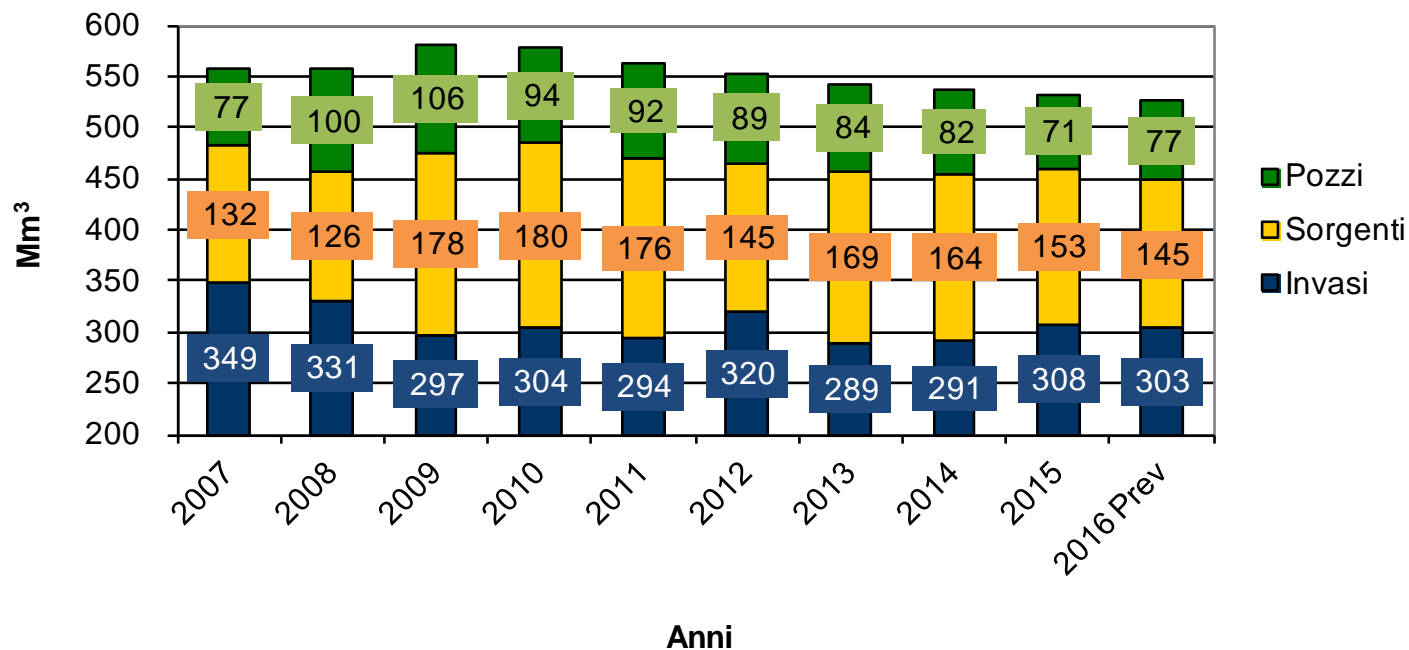
Gli impianti di potabilizzazione:
Fortore
Locone
Conza (non ancora in linea)
Pertusillo
Sirini

Per il prelievo dell'acqua, AQP utilizza mediamente, da 180 a 200 pozzi. Il maggior contributo in termini di portata è fornito dai pozzi nel Salento



La produzione delle fonti gestite da AQP, negli anni, si è sempre mantenuta superiore ai 500 Mmc
Dal 2007, il volume approvvigionato è andato via via crescendo fino ad un valore massimo di 581 Mmc nel 2009, successivamente il trend si è invertito.
Tale inversione è stata confermata anche nel 2015 con volumi di acqua approvvigionata (532,0 Mmc) inferiori a quelli del 2003 (annualità siccitosa) a parità della qualità del servizio fornito:

Volumi prodotti per tipologia di fonti riferiti all'approvvigionamento idrico per il sistema AQP



I dati significativi degli impianti di potabilizzazione sono:

Nome impianto	Alimentazione	Localizzazione (Regione)	Potenzialità (l/s)	Addetti (n)	Volume prodotto 2015 (Mmc)
Impianto del Locone	Diga del Locone	Puglia	1,500	17	47,8
Impianto di Finocchito	Diga di Occhito	Puglia	2,400	16	52,2
Impianto del Pertusillo	Diga del Pertusillo	Basilicata	4,500	20	101,3
Impianto del Sinni	Diga di Monte Cotugno	Puglia	6,000	28	105,6
Impianto di Conza	Diga di Conza	Campania	1,500	12	0

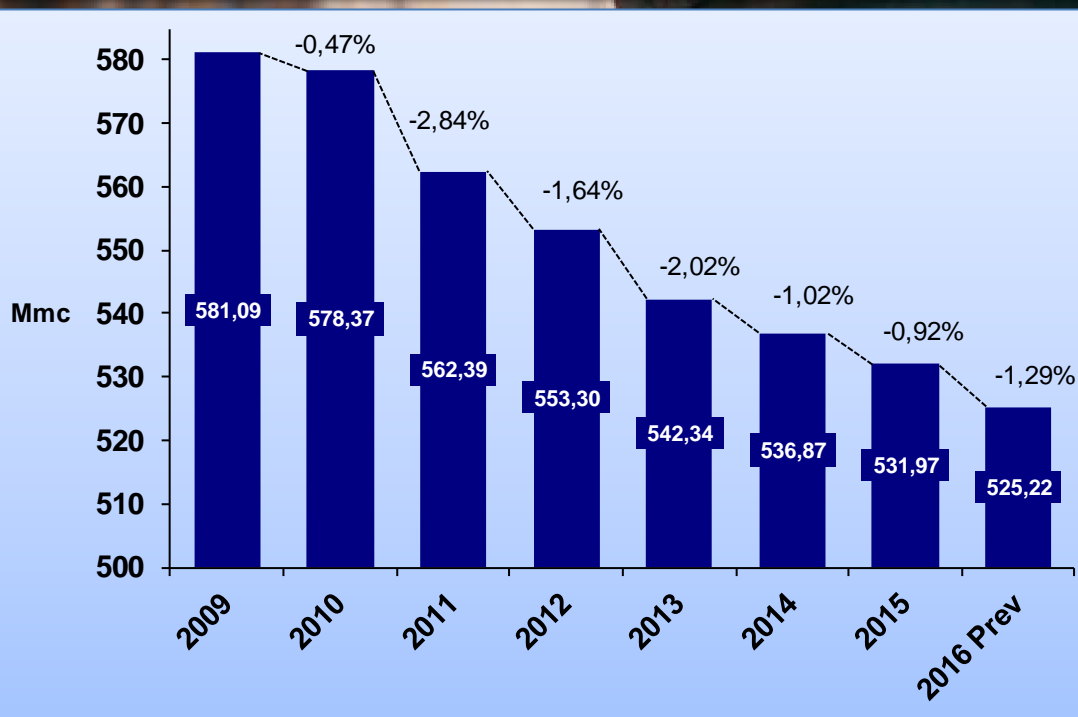
Negli ultimi anni AQP ha anche installato delle centrali idroelettriche per sfruttare la presenza di salti motori nell'ambito del sistema di adduzione.

Località	Salto (m)	Portata (l/s)	Potenza installata (kW)
Pescopagano (PZ)	300	1000	2500
Andria (Bat)	22	1000	185
Villa Castelli (BR)	120	450	450
Barletta (Bat)	30	300	70
Gioia opera 3 (Ba)	22	1.960	390
Gioia Opera 3 bis (Ba)	21	1.580	300



I Giornata AIGA di Approfondimento Lo studio e la tutela delle acque sotterranee Bari 25 ottobre 2016

Il processo di efficientamento della gestione del sistema dei grandi vettori e delle reti, condotto a partire dal 2010, ha consentito di conseguire, sul periodo 2010-2016, una riduzione complessiva del volume approvvigionato rispetto al 2009 pari a 55,9 Mmc. Nel passato riduzioni di questa entità si sono verificate solo in periodi di forte siccità.



Il volume recuperato è pari a circa la produzione prevista per **3** dissalatori come il Tara (portata 625 l/s) oppure superiore a **1,5** volte quella prevista per il potabilizzatore di Conza (portata di 1000 l/s) o, infine, di quella di 74 pozzi (portata media dei pozzi AQP 24 l/s).

Il volume perso nel 2015 nel sistema della grande adduzione (1300 km) è stato di 52,5 Mmc pari a 1,3 l/km/s, tra perdite fisiche e tecniche, l'acquedotto di Catskill, che serve la città di New York e che è lungo 148 km, perde 24,8 Mmc all'anno pari a 5,3 l/km/s (fonte New York Times).



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Le domande che, nella gestione del sistema di Grande Adduzione (GA), ricorrono frequentemente sono del tipo:

Quale è la disponibilità idrica mensile, per singola fonte sulla quale fare affidamento nell'ambito della pianificazione dell'approvvigionamento.

Quale è il mix di fonti da prediligere per soddisfare una previsione mensile di distribuzione geografica della domanda.

Quale è il volume che si riesce a garantire e quali sono i costi conseguenti a fronte di un dismissione temporanea o definitiva di una fonte, quali sono le manovre da attuare per sopperire a tale criticità.

Quale è il numero di residenti interessati da un disservizio che colpisce un particolare vettore.

Quale è la variazione di produzione di energia elettrica se decido di derivare un volume idrico da una fonte piuttosto che da un'altra.

Come si diffonde un'inquinante all'interno del sistema idrico

Dove è meglio inserire un dissalatore all'interno del sistema GA



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Fino a poco tempo fa le risposte che si potevano dare ad alcune delle domande su esposte risultavano non strutturate, per altre non sembrava ci fosse, in azienda, la possibilità di dare una risposta attendibile, in quanto anche per quelle che potrebbero essere ripetitive e frequenti, e quindi strutturate, non esisteva in azienda un momento di feedback e sistematizzazione delle scelte condiviso, e poteva capitare che, a fronte di un dato problema, le soluzioni adottate cambiassero di volta in volta semplicemente perché le persone coinvolte erano diverse.

Tutte le scelte strategiche, operative, di gestione delle crisi e in senso più lato di governance afferenti l'imponente sistema infrastrutturale AQP e i considerevoli volumi in esso trasferiti, venivano fatte sulla base di poche e parcellizzate competenze, alcune delle quali distribuite sul territorio, le quali operavano sulla base di, in alcuni casi, significative esperienze personali e di quanto, poco, è stato "tramandato" dal passato ed è rimasto in azienda.

Uno dei principali motivi della situazione descritta sta nella particolare complessità del sistema rappresentato dall'insieme delle fonti, dei vettori e delle altre opere che costituiscono il sistema della Grande Adduzione



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Il modello di supporto alle decisioni: AQUATOR

Dalla complessità alla modellazione:

La complessità del sistema acquedottistico pugliese ha da tempo spinto l'azienda a ricercare uno strumento di supporto alle decisioni che le consentisse di procedere ad una corretta pianificazione dell'uso della risorsa, gestione delle crisi e scelta degli investimenti.

Scelta modellistica:

È stato scelto un programma per la modellazione del sistema di approvvigionamento e adduzione in grado di rappresentare i grandi schemi idrici (dalle fonti primarie di utilizzazione fino ai principali serbatoi di accumulo e compenso e ai punti terminali della rete di adduzione primaria), ottimizzando i flussi idrici nel sistema, in funzione delle domande e dello stato delle risorse, con particolare riguardo alla minimizzazione dei costi energetici degli impianti di sollevamento.

Perché Aquator:

Dopo un confronto tra diverse alternative, la scelta è ricaduta su Aquator, un modello ad archi e nodi, che permette di assegnare parametri idrologici, domande, costi unitari e capacità dei componenti, perdite idriche in rete e di processo e di riferire la simulazione ad un prefissato periodo di tempo. Il software opera un'ottimizzazione globale dell'allocazione delle risorse, in termini di minimo costo e massimo soddisfacimento delle domande.



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune

Il modello di supporto alle decisioni: AQUATOR

AQUATOR: Modello ad archi e nodi

INPUT

Volumi / Costi

Volumi massimi disponibili su scala annuale alle diversi fonti:

- Sorgenti
- Invasi
- Pozzi

Volumi richiesti da ciascun centro di domanda (DEMAND):

- Dati da bilancio idrico 2014

Costi di produzione da ciascuna fonte:

- Pozzi
- Invasi / Potabilizzatori
- Sollevamento
- Turbine (Ricavi)

OUTPUT

Volumi / Costi

Volumi prodotti su scala annuale alle diversi fonti:

- Invasi (volumi potabilizzati)
- Pozzi (volumi emunti)

Volumi erogati a ciascun centro di domanda (SUPPLY)

Volumi persi su scala annuale (TOTAL LOST)

Determinazione dei costi per ciascun punto di erogazione (a seconda del percorso scelto dall'algoritmo di ottimizzazione del software)

Determinazione dei costi per ciascuna fonte (sorgenti e pozzi) e costi di trasformazione e trasporto)



I Giornata AIGA di Approfondimento Lo studio e la tutela delle acque sotterranee Bari 25 ottobre 2016

INPUT: Volumi

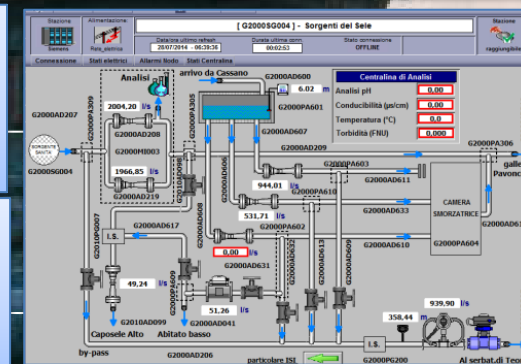
I dati relativi ai volumi derivano dalle registrazioni effettuate dagli strumenti di misura che costituiscono il sistema di telecontrollo aziendale.

A partire dal 2005, Acquedotto Pugliese ha proceduto alla realizzazione di un sistema informativo per la supervisione ed il controllo del sistema di adduzione principale e di approvvigionamento idrico delle varie Unità Territoriali.

Il progetto è stato redatto interemente da tecnici AQP.

Obiettivo Primario:

Il controllo e la razionale ripartizione della risorsa e la corretta assegnazione delle portate ai singoli abitati, nonché il monitoraggio di alcuni parametri significativi della qualità dell'acqua, oltre al monitoraggio e controllo di processo.



➤ Le funzionalità dei sistemi di campo sono le seguenti:

- monitoraggio di processo
- acquisizione, validazione e storicizzazione misure
- calcolo e storicizzazione volumi
- acquisizione, validazione e storicizzazione eventi e allarmi
- funzioni di teleallarme (invio sms, invio fax, chiamata spontanea vs centro controllo)
- funzioni di telecomando
- automazione di processo

➤ Le funzionalità a livello di sistema informativo centrale:

- supervisione e controllo remoto
- funzioni di navigazione con interfacciamento SIT aziendale
- telecomando e modifica parametri da remoto
- acquisizione dati in modalità automatica programmata (campioni misure, volumi, eventi, allarmi)
- analisi di processo (trend misure, report storici eventi e allarmi, report collegamenti)
- manipolazione e ricostruzione misure non pervenute, su base statistica o manuale
- creazione e redazione bilanci idrici



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Principali applicazioni del software Aquator

Oltre a rappresentare lo schema idraulico attuale (di per se è un risultato di valenza notevole essendo fra i più grandi sistemi acquedottistici modellati a livello europeo dei sistemi rappresentati con questo software), e la conseguente pianificazione dei diversi utilizzi delle fonti disponibili, il modello è stato utilizzato per simulare scenari futuri di crisi idrica e di interventi strutturali possibili.

Gli ambiti in cui si è scelto di applicare le potenzialità del software sono stati tre:

- **Pianificazione ottimizzata delle risorse idriche** (dai dati consuntivi all'elaborazioni di previsioni per gli anni successivi)
- **Scenari di crisi** (simulazioni di possibili fallanze nel sistema di approvvigionamento delle risorse idriche)
- **Valutazioni di interventi infrastrutturali**



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune

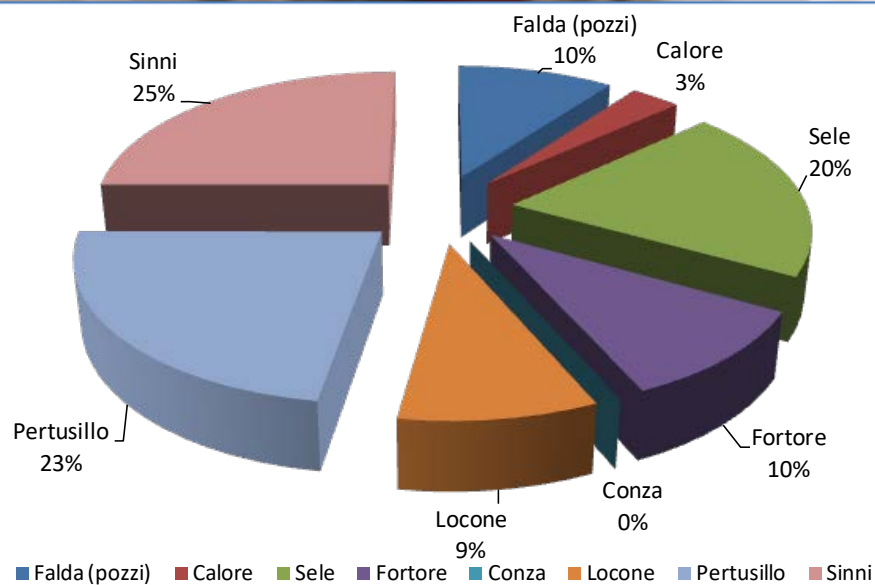


I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

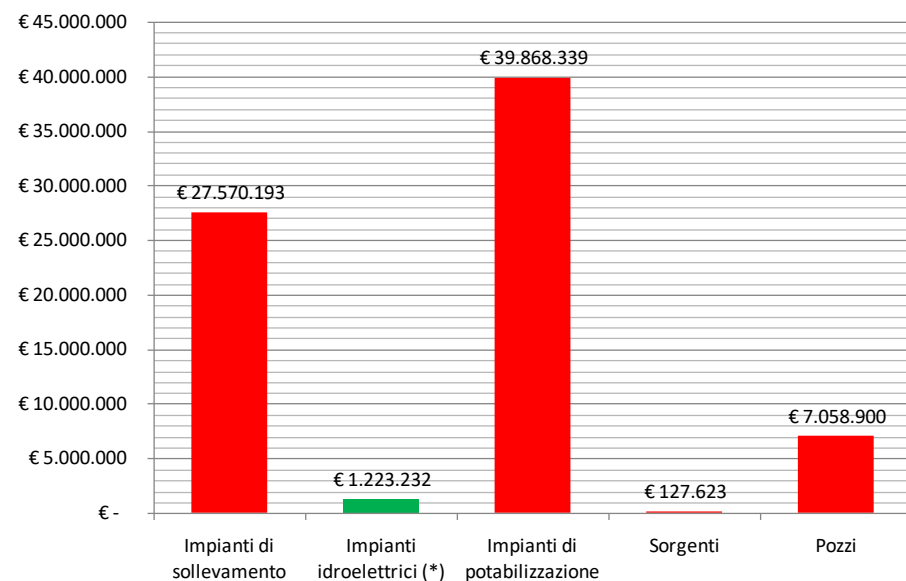
Pianificazione delle risorse idriche (SCENARIO ATTUALE)

- Schematizzazione delle principali fonti di approvvigionamento idrico (Sorgenti Sele e Calore, Invasi di Sinni, Fortore, Locone e Pertusillo e infine i pozzi)
- Inserimento per ogni elemento geometrico di un'informazione idraulica (Serie storiche)
- Rappresentazione di tutti i centri di domanda

Distribuzione delle risorse idriche tra le diverse fonti



Costi e Ricavi associati alle fonti di approvvigionamento annui



* la produzione di energia dagli impianti idroelettrici rappresenta un ricavo per l'azienda

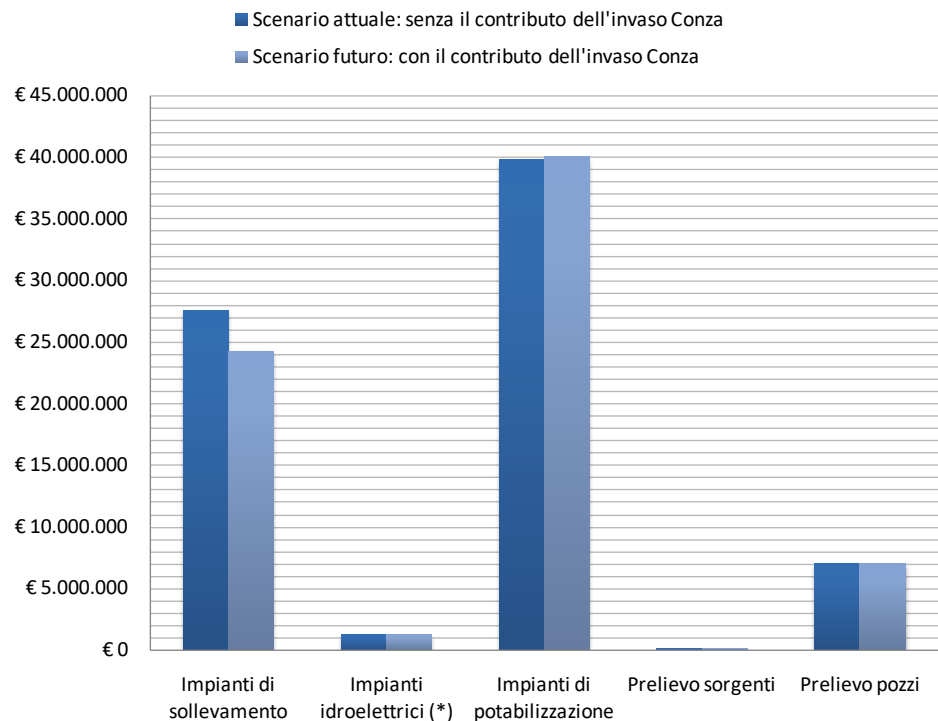


I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

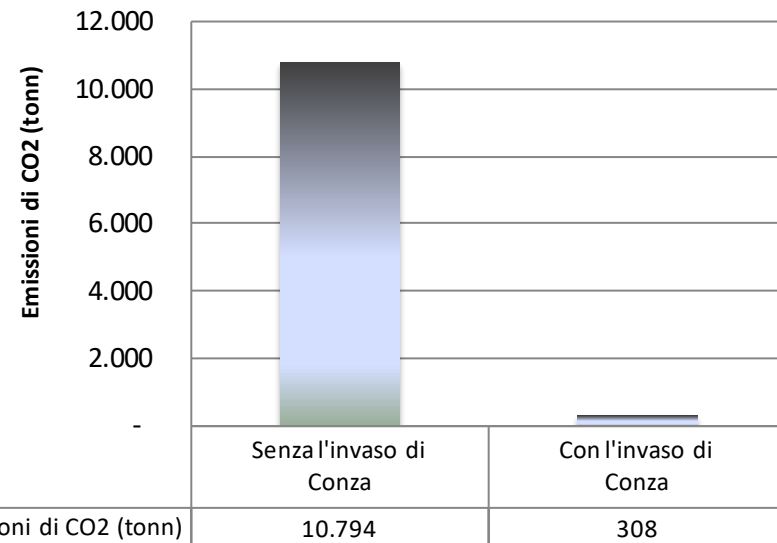
Pianificazione delle risorse idriche (SCENARIO ATTUALE con l'inserimento dell'invaso di CONZA)

■ L'inserimento dell'invaso è stato considerato sia sotto il profilo economico andando a stimare i costi gestionali ad essa associati e come questi costi si riflettono sulla tariffa e sia sotto il profilo ambientale, andando a stimare le emissioni di CO₂ legate ai due diversi scenari.

Influenza della distribuzione delle risorse idriche sulla tariffa



Emissioni di CO₂ legate ai due scenari



acquedotto
pugliese

* la produzione di energia dagli impianti idroelettrici rappresenta un ricavo per l'azienda

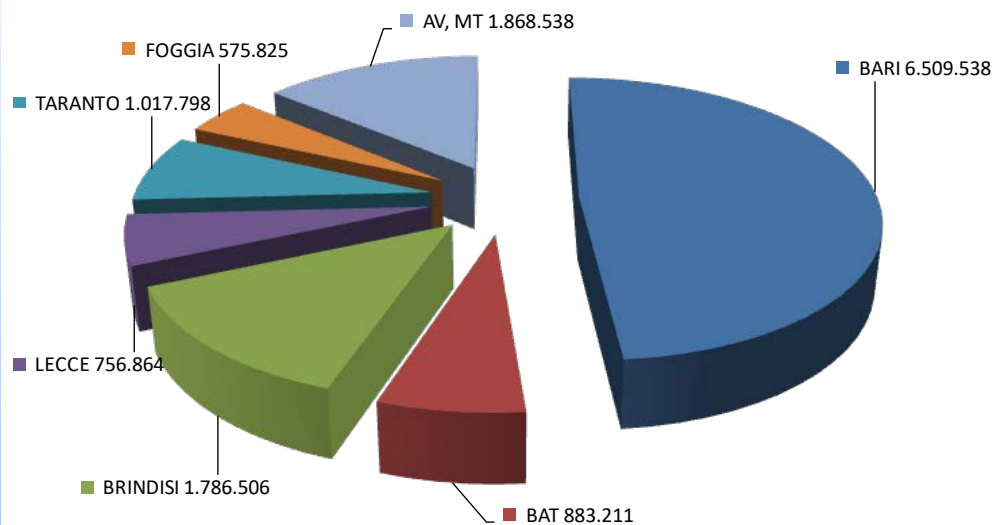


I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Scenari di crisi: La crisi dell'impianto del SINNI

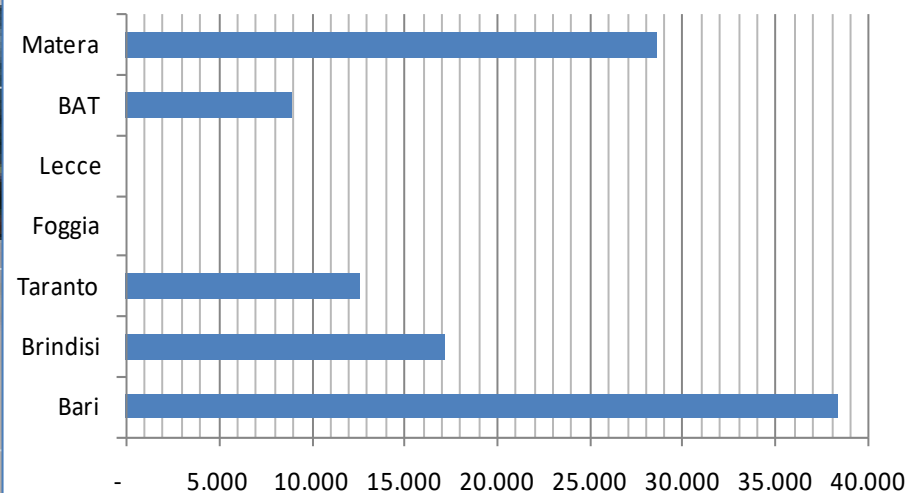
- Lo scenario di crisi è rappresentato da un'improvvisa rottura dell'acquedotto alimentato dall'invaso del Sinni (uno dei principali vettori idrici del sistema), con il conseguente azzeramento dell'apporto idrico nel mese di luglio.
- I risultati delle simulazioni hanno permesso di confrontare alcune scelte aziendali, effettivamente prese nel corso del 2013, con i risultati dell'output del software e di verificarne la corrispondenza.

Ripartizione per province del deficit idrico : crisi Sinni (luglio)



(volume espresso in mc)

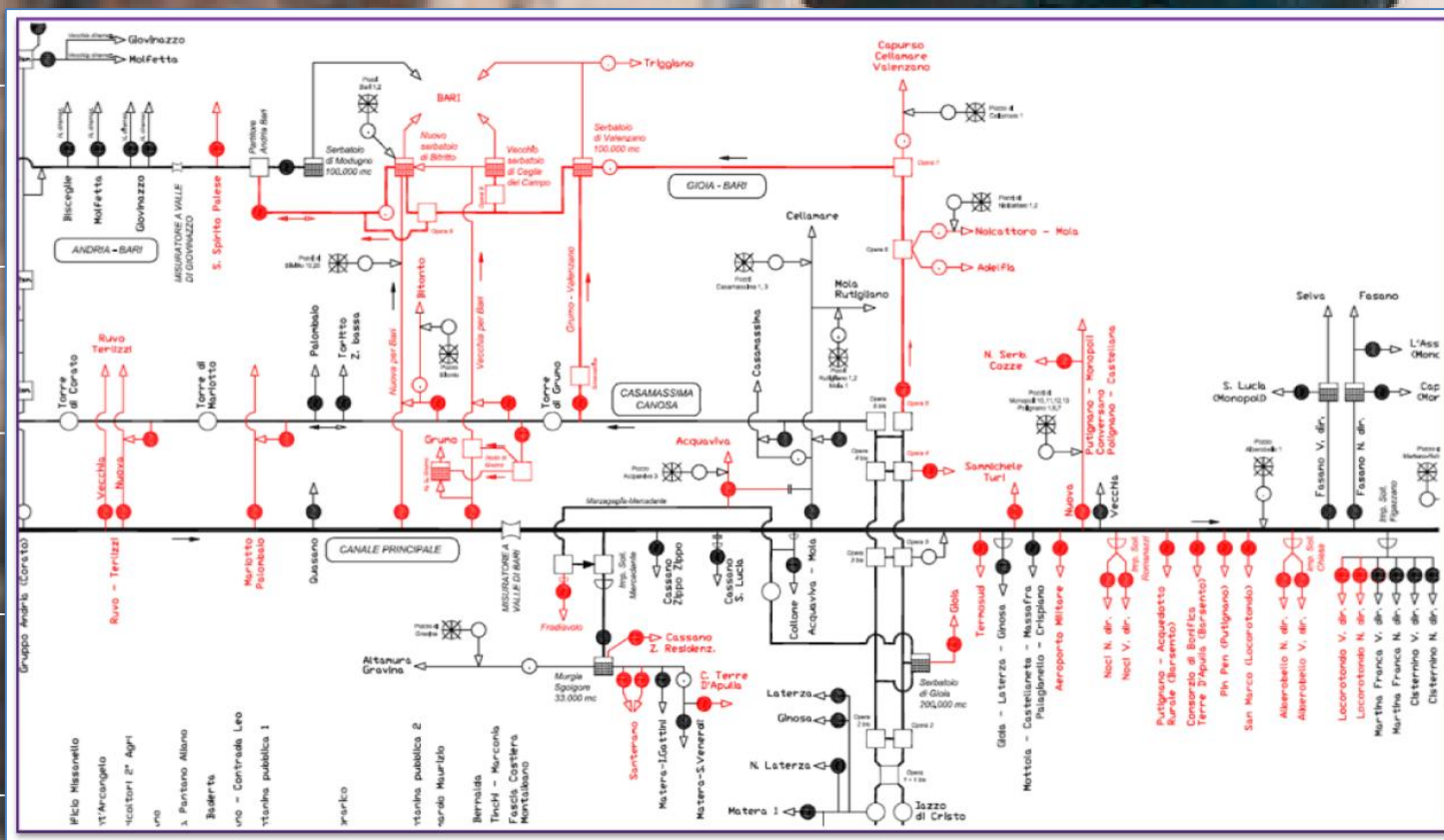
Ripartizione per province della popolazione interessata dalla crisi idrica



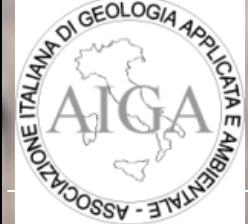
(n° abitanti interessati dalla crisi)

Scenari di crisi: La crisi dell'impianto del SINNI

Questo tipo di simulazione ha permesso, oltre che di quantificare il deficit idrico associato, di individuare geograficamente le conseguenze di questo mancato apporto idrico localizzando i comuni più esposti a tale crisi.



Rappresentazione schematica della infrastruttura idrica della provincia di Bari – in rosso sono rappresentati i punti di consegna interessati dalla crisi.



**I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016**

Valutazioni di interventi strutturali alternativi

Il modello del sistema di adduzione primaria di AQP è stato usato per simulare scenari operativi futuri (per gli anni 2014, 2016 e 2018 e a regime dal 2018 in poi) che prevedono interventi strutturali alternativi miranti alla risoluzione delle principali criticità del sistema:

- Eccessivi prelievi dalla falda nel Salento.
- Necessità di maggiore flessibilità del sistema.
- Congestione di alcuni grandi adduttori.

Le alternative esaminate sono quattro:

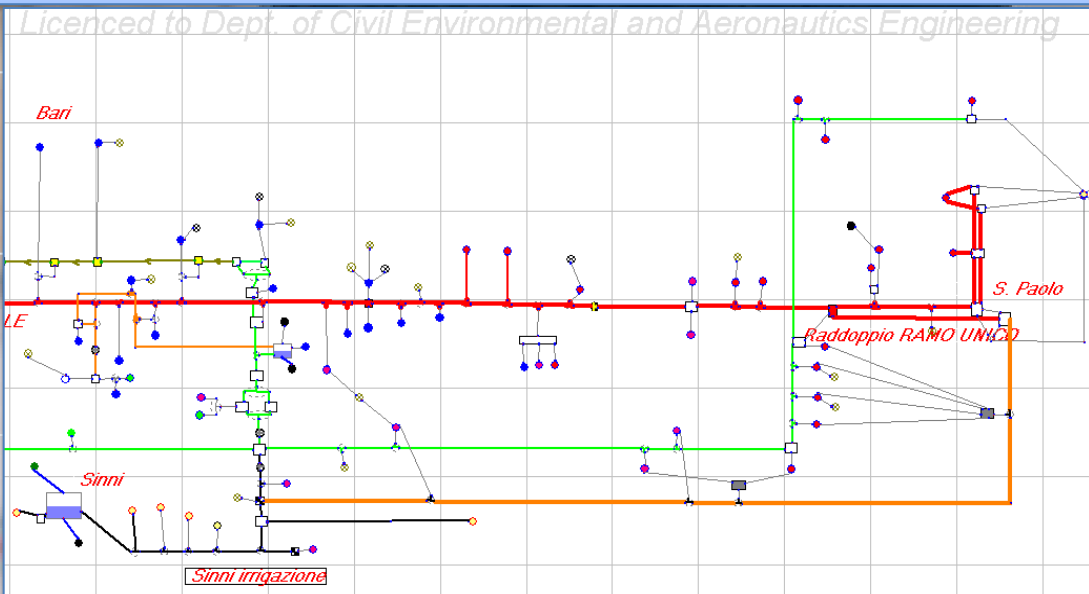
- Costruzione dell'acquedotto Sinni Potabile.
- Raddoppio dell'acquedotto del Sinni.
- Nuovo potabilizzatore di San Paolo.
- Dissalatore acque sorgenti del Tara.

La domanda civile per lo studio delle alternative è stata ottenuta aggiornando le previsioni di domanda e prelievi dalle fonti del PdA 2008-2018 sulla base del RAOS (Rapporto di Esecuzione degli Obiettivi di Servizio) della regione Puglia del 2011: è prevista una diminuzione delle perdite in adduzione e in distribuzione e quindi una diminuzione dei volumi prelevati dalle fonti.



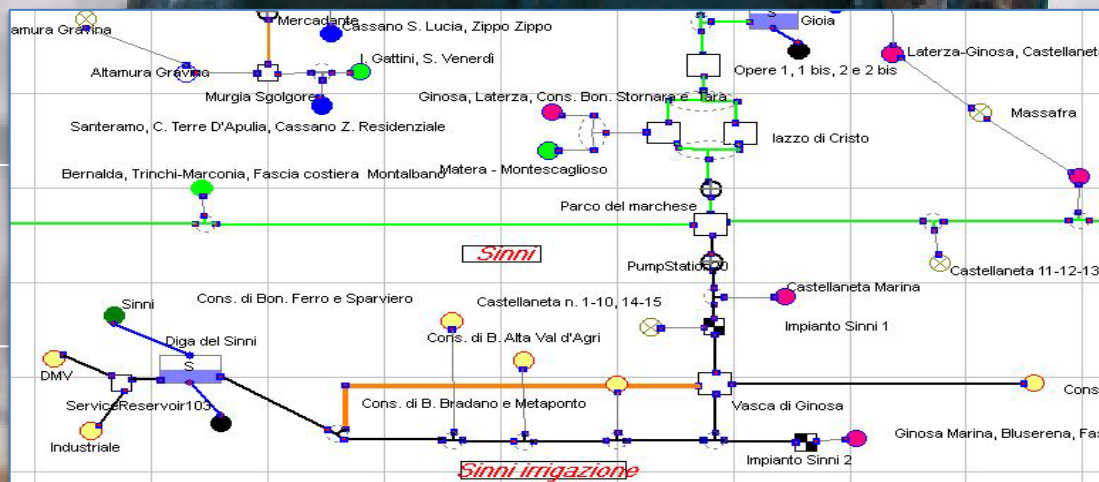
**acquedotto
pugliese**
l'acqua, bene comune

Alternative infrastrutturali di progetto



Acquedotto Sinni Potabile: l'intervento consiste nella realizzazione di un adduttore che dal serbatoio di accumulo delle acque potabilizzate del Sinni convoglia le portate, a gravità, direttamente al nodo S. Paolo, aiutando l'acquedotto del Pertusillo, su cui insiste attualmente quasi per intero l'approvvigionamento delle provincie di Brindisi, Taranto e Lecce.

Raddoppio dell'acquedotto del Sinni: il progetto prevede il raddoppio della canna del Sinni, attualmente utilizzata a scopo promiscuo irriguo e civile, in modo da separare le due utilizzazioni.

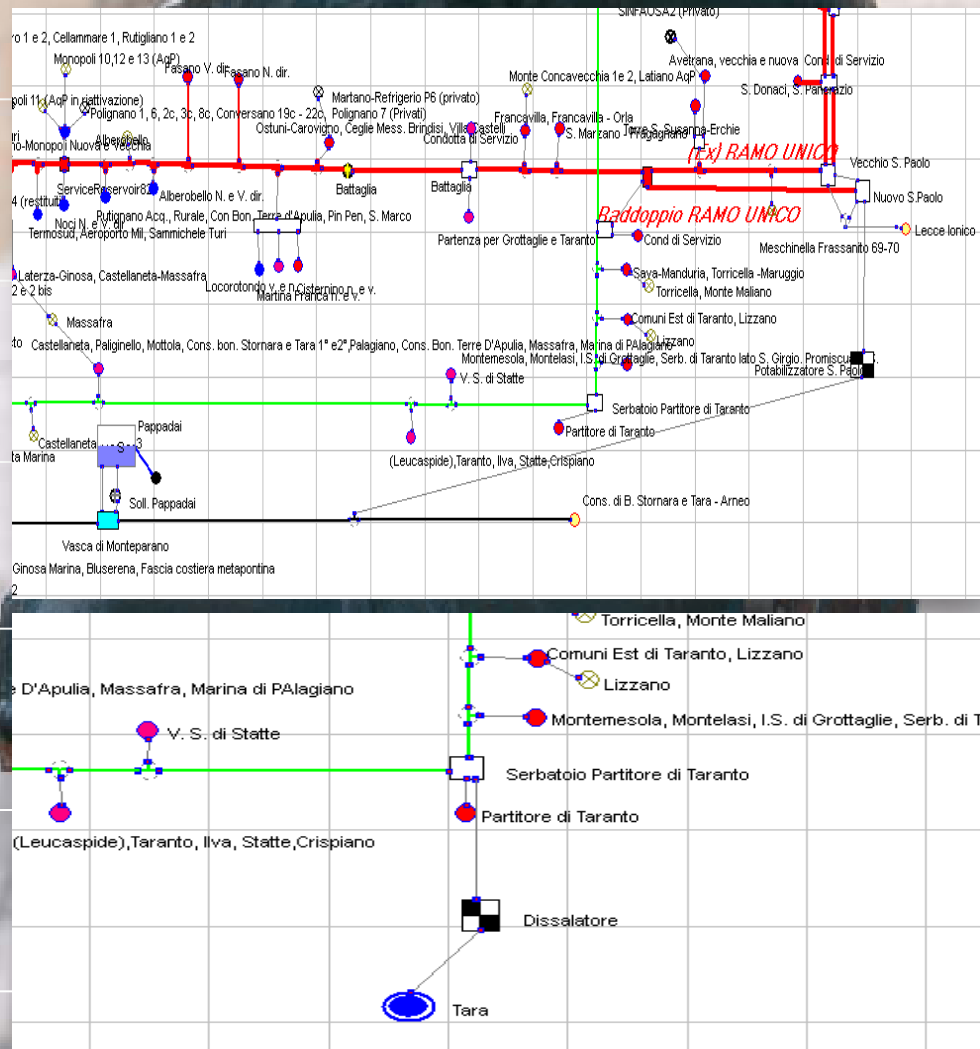




I Giornata AIGA di Approfondimento Lo studio e la tutela delle acque sotteranee Bari 25 ottobre 2016

Nuovo potabilizzatore San Paolo: si prevede la realizzazione di un potabilizzatore (500 l/s) in corrispondenza del serbatoio San Paolo, che sfrutti la capacità di trasporto del Sinni irriguo nel periodo invernale e la capacità di compenso stagionale del serbatoio Pappadai (20 Mm3).

Dissalatore sorgenti del Tara: questo intervento prevede la realizzazione di un impianto di dissalazione dell'acqua salmastra delle sorgenti del Tara. Le portate dissalate saranno immesse negli schemi idrici di AqP, attraverso il serbatoio di linea di Taranto, per garantire una maggiore disponibilità idrica (0,6 m3/s) per gli abitati del tarantino e della penisola salentina.

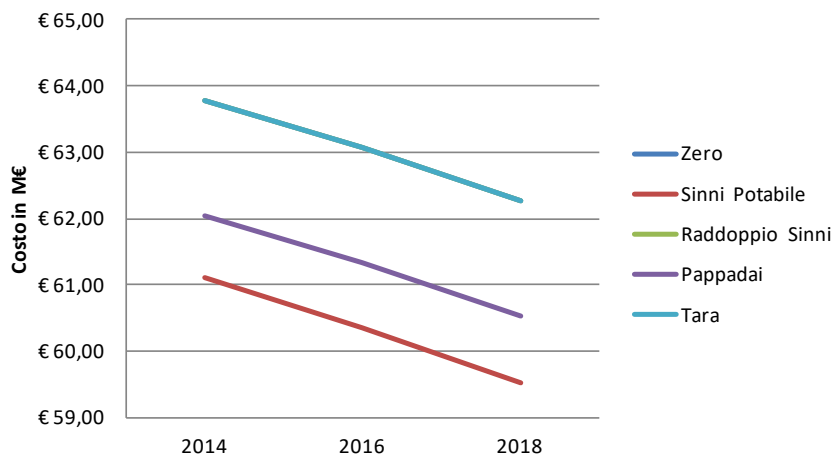




I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Risultati: Costi operativi annui

Costi operativi annui [M€/anno]



Costi operativi annui [M€/anno]

	2014	2016	2018
Zero	63,782	63,066	62,267
Sinni Potabile	61,107	60,354	59,517
Raddoppio Sinni	63,782	63,066	62,267
Pappadai	62,03	61,326	60,54
Tara	63,782	63,066	62,267

Gli schemi **Zero***, **Tara** e **Raddoppio Sinni** hanno costi operativi praticamente identici, in quanto presentano una analoga distribuzione dei prelievi dalle fonti.

Per lo schema **Tara** le acque dissalate, per via dei costi di trattamento più alti di quelli delle risorse concorrenti, non sono usate.

Lo schema **Sinni Potabile** ha costi annui inferiori rispetto a quelli dello schema **Zero*** perché i minori prelievi dalla falda (0,15 €/m³), sono compensati dal maggiore uso delle acque dell'invaso sul **Sinni** (costo di potabilizzazione 0,13 €/m³). La differenza tra i costi operativi fra i due schemi è pari a circa **2,8 M€ per il 2018 e a regime**.

Considerazioni analoghe valgono per lo schema **Pappadai**.

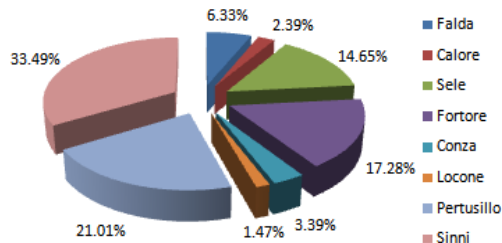


acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune

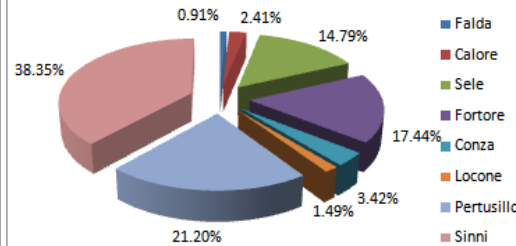


I Giornata AIGA di Approfondimento Lo studio e la tutela delle acque sotterranee Bari 25 ottobre 2016

Prelievi alle fonti - Schema Zero* - 2014



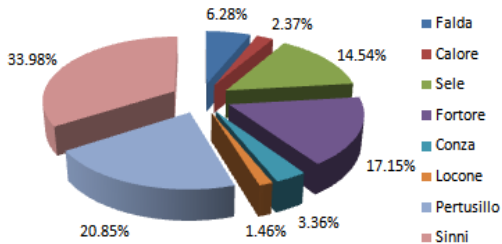
Prelievi alle fonti - Sinni Potabile - 2014



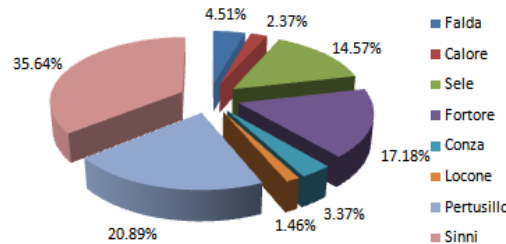
Variazione prelievi dalle fonti per i vari schemi - anno 2012

	Zero*	Sinni Potabile	Raddoppio del Sinni	Pappadai	Tara
Falda	0,00%	-85,82%	0,00%	-28,31%	0,00%
Calore	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sele	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Fortore	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Conza	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Locone	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pertusillo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sinni	0,00%	71,07%	11,74%	37,18%	0,00%

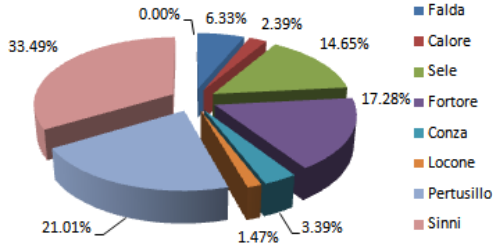
Prelievi alle fonti - Raddoppio del Sinni - 2014



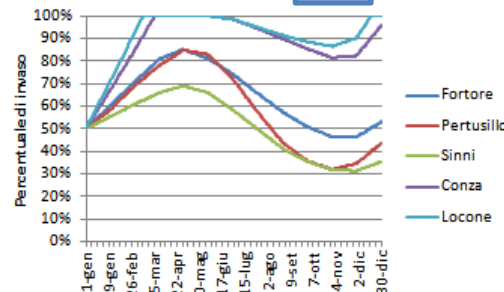
Prelievi alle fonti - Pappadai - 2014



Prelievi alle fonti - Tara - 2014



Sinni Potabile - 2014



L'uso della falda si riduce molto (al di sotto delle previsioni del PdA 2008-2018) per lo schema **Sinni Potabile**: i volumi non prelevati dalla falda vengono derivati dall'invaso sul Sinni, senza comprometterne la funzione di compenso pluriennale.

Comportamento analogo è mostrato dallo schema **Pappadai**.

È necessaria comunque una verifica con scenari idrologici diversi.



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016

Conclusioni

Il modello implementato nelle applicazioni aziendali ha dimostrato una buona affidabilità dello strumento, in quanto esso esplora soluzioni non previste a priori e può fornire scenari “inediti” rispetto a quelli considerati in uno studio condotto secondo metodologie tradizionali.

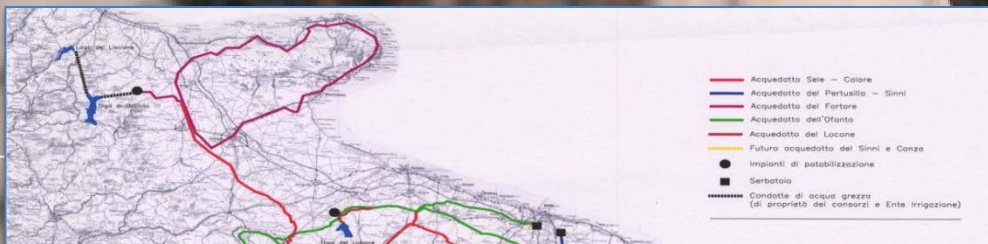
Le analisi realizzate hanno mostrato che il modello è idoneo allo studio di valutazione di interventi infrastrutturali alternativi. Al sistema di supporto alle decisioni così costruito abbiamo, inoltre, associato un modello di tipo idrologico di previsione, di medio termine, delle disponibilità idriche per la gestione in tempo reale di periodi di siccità.



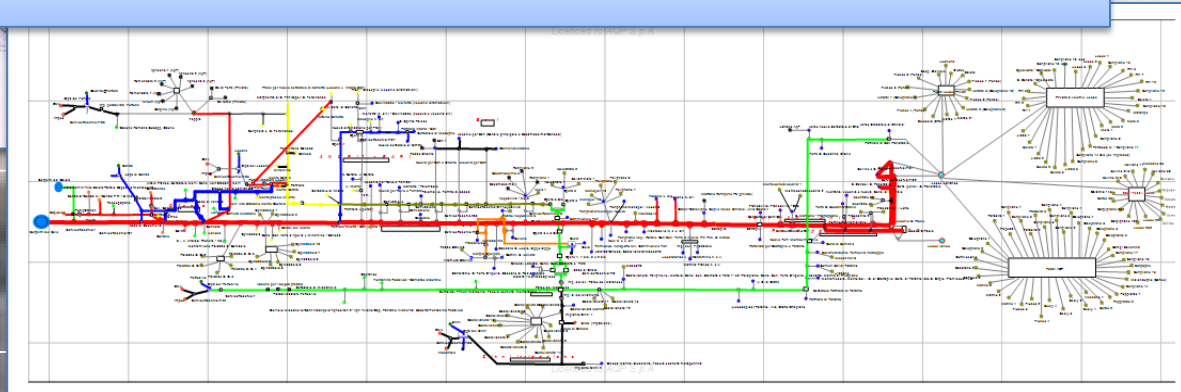
acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune



I Giornata AIGA di Approfondimento
Lo studio e la tutela delle acque
sotterranee
Bari 25 ottobre 2016



Grazie per la cortese attenzione ...



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune