www.geologipuglia.it

GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia

ISSN: 1974-1189

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353 (2003) conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1, DCB BA

ATTI DEL CONVEGNO

ANALISI ED EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEGLI EQUILIBRI DELLE ACQUE SOTTERRANEE IN PUGLIA

Corato, 2 luglio 2022

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA

1 - 2023

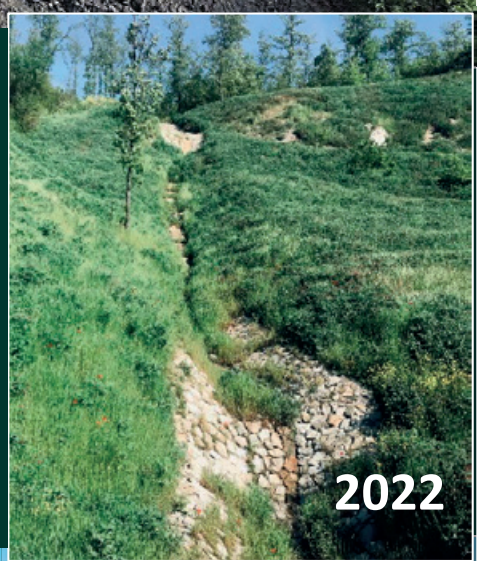
Autostrade per l'Italia: opere di compensazione sulla A1-Emilia Romagna

Infrastrutture verdi con opere di regimentazione delle acque realizzate direttamente sul tal quale, protette dal dissesto idrogeologico.

Senza manutenzione.

Con costi energetici di impianto ed inquinamento fino a 100 volte inferiori (CO_2 CO NO_x SO_x Pm).

Trasformate in eccezionali assorbitori di CO_2 grazie all'utilizzo di piante erbacee a radicazione profonda.



PRATI ARMATI®
contro la desertificazione e l'erosione dei suoli

La Natura che salva se stessa

GEOLOGI e TERRITORIO
Periodico dell'Ordine Regionale
dei Geologi - Puglia
Anno XX - n. 1/2023

Direttore editoriale:
Amedei Giovanna

Direttore responsabile:
Alfarano Espedito

Comitato di redazione:
Amedei Giovanna, Bruno Giovanni,
Caputo Giovanni, Di Gioia Rossella,
Pezzano Gerardo, Simone Oronzo,
Stifani Donato, Tanzarella Vincenzo,
Viceconte Anna

Comitato scientifico:
Baldassarre Giuseppe, Borri Dino,
Bruno Giovanni, Capolongo Domenico,
Cotecchia Federica, Del Gaudio Vincenzo,
Dellino Pierfrancesco, Di Fazio Antonio,
Fornelli Annamaria, Gallicchio Salvatore,
Leucci Giovanni, Limoni Pier Paolo,
Monterisi Luigi, Negri Sergio, Pagliarulo Rosa,
Paglionico Antonio, Polemio Maurizio,
Ricchetti Giustino, Sabato Luisa, Sansò Paolo,
Santaloia Francesca, Simeone Vincenzo,
Spilotro Giuseppe, Walsh Nicola

Coordinamento scientifico:
Simone Oronzo, Tanzarella Vincenzo,
Valletta Salvatore

Segreteria di redazione:
Di Gioia Rossella, Spizzico Silvio

Redazione, Amministrazione e Pubblicità:
Ordine dei Geologi - Puglia
Via Junipero Serra, 19 - 70125 Bari
www.geologipuglia.it - info@geologipuglia.it

Stampa:
Sagraf Srl - Z.I. Capurso (BA)

Autorizzazione del Tribunale di Bari:
n. 29 del 16.06.2004

Chiuso in tipografia il 15 maggio 2023

SOMMARIO

2
Editoriale della Presidente dell'ORG - Puglia
Giovanna Amedei

3
Prefazione
Vincenzo Tanzarella, Oronzo Simone

5
L'UOMO E L'ACQUA: UNA STORIA MILLENARIA E IL SUO FUTURO
Ilenia Argentiero, Katia Decaro, Ruggero Ermini, Maria Dolores Fidelibus, Alessandro Parisi, Giovanna Petragallo, Giuseppe Spilotro

17
LE ACQUE SOTTERRANEE IN PUGLIA E LA CATASTROFE DI CORATO: DALLA SETE, AI CROLLI FINO ALLE SICCITÀ, IN ATTESA DELL'ADATTAMENTO
Sara Saviano, Livia Emanuela Zuffianò, Maurizio Polemio

25
IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI COME STRUMENTO DI SUPPORTO ALLE POLITICHE AMBIENTALI REGIONALI
Andrea Zotti

37
IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN PUGLIA: STATO QUALITATIVO
Claudia Marcella Placentino, Silvia Di Cunsolo, Mina Lacarbonara, Vincenzo Musolino, Vincenzo Campanaro, Vito Bruno

41
IL DISSESTO IDROGEOLOGICO IN PUGLIA
Gioacchino Francesco Andriani, Piernicola Lollino, Mario Parise

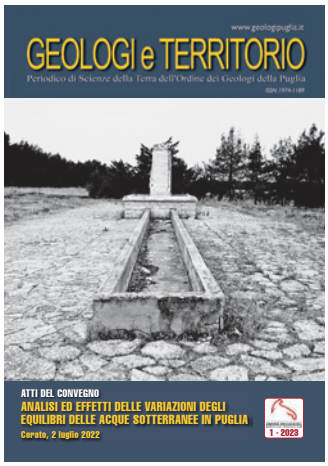


Foto di copertina:
Antico fontanile in agro di Spinazzola.
(Foto di G. Aliberti)

Editoriale

In questo numero mi sento onorata di scrivere questo editoriale perché la nostra rivista "Geologi e Territorio", ideata e diretta dall'allora Consiglio dell'ordine, con il presidente Giovanni Calcagnì, compie quest'anno 20 anni.

Un traguardo importante per una rivista diventata da subito un periodico orientato alla pubblicazione dei risultati di studi, ricerche e lavori nel campo geologico applicativo, idrogeologico, geomorfologico, geoambientale e geotecnico dei territori della nostra Puglia.

Corre l'obbligo di ringraziare tutti coloro che a vario titolo hanno permesso il raggiungimento di questo importante traguardo: i Comitati scientifici, gli iscritti con la condivisione dei loro casi di studio, tutti i consiglieri dell'ordine del passato e di oggi, per l'impegno e i contributi.

Sin dal primo numero lo scopo della rivista è stato quello di contribuire all'aggiornamento dei geologi, in campo tecnico e legislativo.

A tal proposito è di recente emanazione, da parte del Presidente della Repubblica, del D.Lgs. 36/2023, il nuovo Codice dei contratti pubblici, la cui efficacia partirà dal 1 luglio 2023, con conseguente abrogazione del D.Lgs. 50/2016.

Il Codice è strutturato in V Libri suddivisi in Parti e Titoli per un totale di 229 articoli e si completa con una serie di Allegati relativi ai singoli Libri.

Tra le novità apportate, vi è l'eliminazione del progetto definitivo, lasciando spazio al "progetto di fattibilità tecnico economica" e "progetto esecutivo".

Ciò che genera sconcerto nei rappresentanti della nostra categoria è il ruolo assolutamente marginale dell'analisi geologica nel processo di pianificazione, progettazione e realizzazione delle opere. In tutto il nuovo Codice la parola "Geologia" viene citata in pochissimi articoli e più precisamente all'art. 41 (Libro I, Parte IV) che chiarisce come il progetto deve assicurare (tra l'altro) il rispetto di tutti i vincoli esistenti (tra cui quelli idrogeologici e sismici) e la compatibilità geologica e geomorfologica dell'opera; l'art. 7 dell'allegato I.7 facendo riferimento a generici "studi" geologici e idrogeologici; l'art. 8 comma 3 che genericamente menziona gli aspetti geologici e l'art. 12 (Elaborati Grafici) che parla di sezioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche.

In tutte le restanti parti della nuova norma la geologia non viene più citata!

Anche il divieto di subappalto della relazione geologica non è contemplato dal D.Lgs. 36/2023. Anzi, è prevista la liberalizzazione dei subappalti senza limiti. In questo caso, seppur il Codice inserisca dei correttivi tentando di salvaguardare la figura del progettista in sede di appalto integrato, il geologo rischia di rivedere incarichi in un subappalto a cascata con il rischio che questa figura professionale diventi di secondo piano.

La norma recentemente introdotta ha, purtroppo, avuto come documento fondante le linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnico economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici dei lavori previsti dal PNRR e dal PNC. Queste Linee Guida, prodotte dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel luglio del 2021, sono caratterizzate da evidenti criticità (a gran voce evidenziate dagli Ordini regionali), tutte riproposte nel Codice appena pubblicato.

In conclusione il nostro timore è che la figura del geologo vada assumendo un ruolo via via più marginale nonostante le periodiche criticità geologiche, geomorfologiche ed idrauliche che il nostro Paese deve affrontare ogni anno.

È nostra convinzione che, invece, la Relazione Geologica non possa essere soggetta alla discrezionalità della stazione appaltante, tantomeno essere subappaltata.

E per questo motivo ci auguriamo che ci possa essere spazio per delle Linee Guida che chiariscano l'importanza di una professione che, attraverso la ricostruzione del passato permette di difendere il futuro del nostro territorio.

La rivista riporta gli Atti del Convegno "Analisi ed effetti delle variazioni degli equilibri delle acque sotterranee in Puglia" tenutosi a Corato il 02 luglio 2022 in occasione del centenario dal dissesto idrogeologico per innalzamento della falda superficiale che compromise la stabilità di alcuni edifici della città.

Bari, maggio 2023

Giovanna Amedei

PREFAZIONE

L'acqua è un bene prezioso, ma in certe aree è un po' più prezioso che in altre.

Come, per esempio, in gran parte della nostra regione, che per cause geologiche è priva di corpi idrici superficiali.

Sino all'avvento dell'acquedotto pugliese, in queste aree l'uomo ha dovuto escogitare degli stratagemmi per disporre di una riserva idrica nei periodi più siccitosi, costruendo cisterne che raccoglievano le acque di pioggia drenate dai tetti delle case, scavando cisterne in doline carsiche il cui fondo era stato reso impermeabile dagli accumuli di terra rossa e, in certe aree, scavando pozzi che intercettavano una falda superficiale di modesta entità, ma comunque sufficiente a soddisfare quelli che erano i fabbisogni essenziali. l'avvento dell'acquedotto pugliese, ancora oggi una delle opere infrastrutturali più importanti e innovative mai realizzate nella nostra regione, capace di portare acqua direttamente all'interno delle nostre abitazioni, ha probabilmente condizionato la nostra consapevolezza sull'esigenza di garantire la tutela della risorsa: le nostre nuove abitudini hanno avuto effetti deleteri sulla risorsa idrica, depauperandola.

Agli effetti della nostra incuria, purtroppo, si aggiungono quelli dei cambiamenti climatici in atto. Questi, caratterizzati soprattutto da una variazione dei regimi pluviometrici e dall'aumento delle temperature medie, stanno inesorabilmente amplificando e in alcuni casi rendendo insostenibili, problemi atavici del nostro territorio e da sempre in discussione: dissesto idrogeologico, variazioni delle caratteristiche quali-quantitative delle acque sotterranee, approvvigionamento idrico, intrusione salina, diminuzione delle risorse idriche disponibili (solo per citarne alcuni).

Pensiamo, per esempio, ai problemi indotti dai fenomeni di intrusione salina in corrispondenza degli acquiferi costieri: non è più soltanto l'uso dissennato della risorsa idrica sotterranea a condizionare i livelli di contaminazione salina ma, anche, l'innalzamento del livello medio del mare che lentamente, ma inesorabilmente, penetra sempre più verso le aree continentali.

Nella nostra assetata Regione, quasi del tutto priva di corpi idrici superficiali, le maggiori risorse idriche disponibili, quelle sotterranee, sono oggi più che mai minacciate sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. In effetti, l'impoverimento della risorsa idrica non è solamente dovuto al sovrasfruttamento e allo spreco, ma anche all'inquinamento. Grazie allo scarso rispetto per l'ambiente, in corrispondenza dei grandi agglomerati urbani e industriali si riscontra, in falda come nelle acque superficiali, un inquinamento di estensione variabile che, di fatto, rende localmente indisponibile una buona fetta della preziosa risorsa.

In un tale contesto, la necessità di provvedere ad un costante monitoraggio quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee, assume un'importanza ancor più decisiva nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi di salvaguardia e tutela della risorsa che la stessa normativa impone; a tal proposito i primi risultati del monitoraggio qualitativo condotto da ARPA Puglia nell'ambito del programma di aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque per il sessennio 2016-2021 (Progetto Maggiore), non sono per nulla rassicuranti: dei 29 corpi idrici regionali soltanto 3 sono risultati in stato chimico "buono", mentre per almeno 23 di essi è stato accertato uno stato chimico "scarso" e per i restanti 3 non si è ancora in grado di stabilirne lo stato di qualità per insufficienza di stazioni monitorate rispetto al totale. Dal punto di vista quantitativo le risorse idriche sotterranee non versano in migliori condizioni: la valutazione preliminare, condotta sempre nell'ambito del Progetto Maggiore dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, attesta che lo stato quantitativo risulta scarso per n. 24 corpi idrici sotterranei e buono per i restanti n. 5 corpi idrici, con una tendenza peggiorativa rispetto alla precedente valutazione per n. 7 corpi idrici sotterranei ed un solo risultato migliorativo.

Anche gli effetti del dissesto idrogeologico nella nostra Regione, come nel resto del paese, appaiono sempre più frequentemente amplificati dai cambiamenti climatici in atto: l'incremento progressivo delle temperature medie, la maggiore frequenza con cui si manifestano eventi meteorologici estremi e l'innalzamento progressivo del livello medio del mare, in un contesto territoriale già piuttosto fragile per naturale vocazione idrogeomorfologica e ulteriormente condizionato da fattori antropici, impongono una vera e propria rivoluzione culturale nei metodi e nelle strategie di gestione delle politiche ambientali e di pianificazione territoriale, tale da garantire maggiore coerenza e adeguatezza alle nuove prospettive climatiche.

Cosa fare per migliorare la situazione? Sicuramente è necessario applicare la legge, la normativa che discende dalla direttiva quadro sulle acque (Direttiva 2000/60/CE), applicare il piano regionale di tutela delle acque, incentivare la depurazione e il riuso delle acque depurate, risanare le reti, realizzare invasi sul territorio al fine di garantire l'accumulo di risorsa utile (viviamo il paradosso di assistere da un lato ad eventi meteorici la cui intensità determina sempre più frequenti alluvioni e piogge torrenziali e dall'altro assistiamo all'incapacità di intercettare risorsa idrica potenzialmente disponibile) ma, anche, agire a livello individuale, evitando tutti quei comportamenti che causano lo scadimento della risorsa idrica, evitando gli sprechi, evitando di inquinare.

Su queste considerazioni si basano i lavori del convegno "Analisi ed effetti delle variazioni degli equilibri delle acque sotterranee in Puglia" tenutosi a Corato lo scorso 02 luglio 2022 in occasione dei cento anni dal dissesto dovuto all'innalzamento della falda superficiale che compromise la stabilità di alcuni edifici, e di cui si riportano alcuni contributi tecnici.

Vincenzo Tanzarella
Coordinatore Commissione Risorse Idriche
Ordine dei Geologi della Puglia

Oronzo Simone
Vice Presidente
Ordine dei Geologi della Puglia

Presidio del Libro di Corato

In collaborazione con

Comune di Corato

CONVEGNO NELL'AMBITO DEL PROGETTO "LE VIE DELL'ACQUA"

ANALISI ED EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEGLI EQUILIBRI DELLE ACQUE SOTTERRANEE IN PUGLIA

SABATO 2 LUGLIO 2022 - AUDITORIUM IISS FEDERICO II "STUPOR MUNDI" - VIA TEANO, 5 - CORATO

08,30 **REGISTRAZIONE PARTECIPANTI E CAFFÈ DI BENVENUTO**

09.30 **RELAZIONI DI APERTURA**
Introduce e modera: **Salvatore Valletta** (Segretario Consiglio Direttivo Nazionale SIGEA-APS)
Savino Gallo - Dirigente Scolastico IISS Federico II "Stupor Mundi"
Corrado Nicola De Benedittis - Sindaco di Corato
Beniamino Marcone - Assessore alla Cultura Comune di Corato
Vincenzo Iurilli - Presidente SIGEA-APS Sezione Puglia
Giovanni Strippoli - Presidente Centro Sub Corato APS ETS
Giuseppe Mastronuzzi - Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali - UniBA
Giovanna Amedei - Presidente Ordine dei Geologi della Puglia

10.30 **RELAZIONI TECNICHE**

Modera: **Vincenzo Tanzarella** (Coordinatore Commissione Risorse idriche - Ordine dei Geologi della Puglia)

10.50 **Uomo, acqua, territori: una storia millenaria.** **Giuseppe Spilotro** (Società Italiana di Geologia Ambientale - APS)

11.10 **Le falde e la Puglia: dalla sete alle siccità verso l'adattamento.** **Maurizio Polemio** (CNR-IRPI Bari)

11.30 **Il monitoraggio dei corpi idrici come strumento di supporto alle politiche ambientali regionali.** **Andrea Zotti** (Dirigente Sezione Risorse idriche - Regione Puglia)

11.50 **Il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei in Puglia: stato qualitativo.** **Vito Bruno** (Direttore Generale ARPA Puglia)

12.10 **L'approvvigionamento idrico e la gestione delle crisi in Puglia.** **Luciano Venditti** (Acquedotto Pugliese)

12.30 **Dissesto idrogeologico in Puglia.** **Gioacchino Francesco Andriani, Piernicola Lollino, Mario Parise** (Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali - UniBA)

12.50 **Il dissesto geo-idrologico di Corato del 1922.** **Maria Nilla Miccoli, Antonello Fiore, Vincenzo Iurilli, Salvatore Valletta** (Società Italiana di Geologia Ambientale - APS)

13.10 **DIBATTITO**

13.30 **CHIUSURA LAVORI** a cura di **Antonio V. Scarano** (Dirigente Servizio difesa del suolo - Regione Puglia)

Segreteria organizzativa: **AGROMNIA - Bisceglie | Centro Sub Corato APS ETS** - centrosubcorato@libero.it

Si ringraziano

Richiesti CFP per geologi

n° 1/2023 - pagg. 5-15

L'UOMO E L'ACQUA: UNA STORIA MILLENARIA E IL SUO FUTURO

*Ilenia Argentiero[1], Katia Decaro[2], Ruggero Ermini[3], Maria Dolores Fidelibus[2, 4], Alessandro Parisi[5], Giovanna Petragallo[2], *Giuseppe Spilotro[1, 2]*

[1]CNR IREA Bari, [2]SIGEA, [3]UniBas DICEM, [4]PoliBa DICATECh, [5]PoliBa DEI
*Iscritto ORG Puglia n. 840

ABSTRACT

Attraverso la rivisitazione delle opere con le quali generazioni del passato si rifornivano della risorsa idrica è possibile estrarre una consolidata cultura integrata tra tecnologie di captazione, trasporto e accumulo ed uso sostenibile della risorsa, che ha consentito nelle nostre regioni insediamenti anche in condizioni estreme. Un breve cenno sarà dedicato al vero costo dell'acqua e ai problemi derivanti dal non uso delle risorse tradizionali. Le antiche culture dell'acqua, focalizzate primariamente dagli Arabi ai bordi del Mediterraneo dai lembi del medio e lontano Oriente e dell'Africa, dove sono state raffinate e validate in secoli di climi estremi e irregolarità climatiche, sono la risposta a quanto oggi si paventa: back to the future!

1. INTRODUZIONE

L'acqua è elemento fondamentale della vita dalla scala cellulare a quella dell'uomo ed oltre; tale assioma è la chiave di lettura della storia della presenza dell'uomo sul territorio, del suo insediamento e della sua colonizzazione, ove le condizioni erano favorevoli; dove *favorevoli* non deve essere inteso come sinonimo di abbondanza, come noi oggi lo interpretiamo, ma più pragmaticamente, nel senso della coesistenza della disponibilità idrica, e della cultura della sua utilizzazione. L'uomo infatti ha calibrato il suo rapporto con l'acqua elaborando nei millenni una raffinatissima cultura, che ha permesso la sua presenza e lo sviluppo degli insediamenti umani sul territorio anche in condizioni estreme per quanto attiene alla scarsa disponibilità della risorsa. Tale cultura è tramandata sino a noi, anche se non sempre di facile lettura, ma spesso è dimenticata o più semplicemente ignorata. La facilità con cui si apre un rubinetto (e si tarda a chiuderlo) non favorisce la consapevolezza della storia di quell'acqua e soprattutto del suo vero costo: si tratta di un classico esempio di entropia culturale.

L'enorme piscina di piazza Imam (Fig. 1) ad Esfahan, città gratificata da un fiume, ma al margine di un deserto iraniano, è uno dei tanti monumenti che testimoniano il rispetto e la considerazione dell'uomo verso l'acqua. L'importanza dell'acqua sempre più ne accentua la valenza politica: gli oracoli ed i santuari (tramandati dalle antiche alle nuove religioni, comprese quelle delle multinazionali dell'imbottigliamento) non casualmente sono collocati a fianco di importanti sorgenti; i conflitti passati, presenti e futuri nascono anche dalle transboundary waters, ove transboundary non è solo tra stati confinanti, ma anche tra regioni di uno stesso stato: si pensi, ad esempio, alla Campania che desidera riavere le acque del Sele-Calore concesse agli inizi del 1900 alla Puglia, allora non Regione, ma parte dell'Italia.

In definitiva, condizione preliminare al progresso dell'uomo è la corretta declinazione della disponibilità idrica con la cultura della sua captazione e utilizzazione.

Nel testo si propongono tracce e testimonianze delle antiche civiltà dell'acqua tramandate e consolidate nelle nostre terre e nelle nostre città: il racconto delle antiche civiltà dell'acqua nei nostri territori è quello di culture frettolosamente accantonate dalle ampie disponibilità rese possibili dall'Ingegneria Idraulica e dalle nuove tecnologie, ma che probabilmente sono la chiave di lettura, la direzione degli sviluppi futuri del rapporto tra acqua e uomo.

2. DOVE, QUANDO, QUANTA, QUALE ACQUA?

Il tema "acqua" si può declinare intorno ad alcuni interrogativi: dove, quando, quanta, quale acqua? Dove, quando, quanta e quale, sia ben chiaro, sono solo un'introduzione al problema, cui faranno seguito: come? e: quanto costa?

Dove fa riferimento alla sua *naturale disponibilità,* che sin dai tempi antichi, non ricalca la mappa delle necessità e dei consumi; la distribuzione degli insediamenti umani tuttavia mostra e insegna come l'uomo si sia adattato anche a condizioni di scarsità, tramandando peraltro una cultura di rispetto e di risparmio praticamente ignorata, ma impossibile da cancellare.

Quando è in riferimento alla sua variabilità, stagionale o di cicli climatici, lunghi o corti. Il riscaldamento post-glaciale, iniziò circa 18.000 anni fa, come testimoniato dalle curve di risalita del livello mare e rallentò 6.000 anni fa ai trend attuali. In tutto questo periodo è stato caratterizzato da numerosi altri brevi o lunghi periodi di irregolarità; nel 1800 uscivamo dalla piccola età glaciale, durata più di due secoli (Canora *et al.*, 2012); oggi dopo alcuni decenni di irregolarità climatica su un trend di variazione ormai millenario, invochiamo un cambio climatico di secondo ordine, che comunque sta mettendo a dura prova l'idrologia e i territori. Non è facile leggere in un contesto di variazione del secondo ordine l'incremento rispetto al trend preesistente; in ogni caso, le azioni di disturbo del clima a livello globale sono note: la prospettiva del cambio climatico non è più futuro, ma attualità che richiede azioni immediate.

Quanta è di conseguenza un concetto relativo: certamente differente tra chi vive nel Nord Europa e chi vive nelle regioni mediterranee o ancora più a sud. Il *dove* e il *quando* hanno fatto sviluppare parti importanti dell'Ingegneria delle acque, quali l'accumulo e il trasporto. Entrambe sono azioni impattanti, che generano importanti conflitti ambientali con ricadute economiche per nulla marginali. Si vedano ad esempio i disastri ambientali provocati dalle dighe di sbarramento sul sistema costiero, e, malgrado ciò, proposte disinvoltamente ancora oggi, senza valutare opzioni alternative possibili e necessarie.

Quale acqua? La migliore possibile, in riferimento non solo a quella che riceviamo, ma anche a quella che rilasciamo

Figura 1 - Esfahan (Iran), piazza Imam con la grande piscina centrale.

e restituiamo all'ambiente che ci circonda, per noi e per le prossime generazioni.

3. LA CULTURA DELL'ACQUA: TECNOLOGIE ESTREME

Di acqua, in natura, ce n'è tanta: nei terreni o sulla loro superficie, ed in tanti stati: liquida, la più comune, nelle grandi distese dei mari o degli oceani, ma salata; dolce nei laghi e nei fiumi, ma più vulnerabile; solida, nei ghiacci polari e nei ghiacciai. Una quantità anch'essa enorme è contenuta nell'aria ed entra ed esce in forma di vapore negli organismi viventi animali e vegetali. Il continuo afflusso di vapore dalle superfici evaporanti e la successiva condensazione permettono all'acqua di arrivare nelle zone interne dei continenti con cicli stagionali un tempo consolidati. Anche l'acqua contenuta nell'atmosfera è stata in più modi catturata ed usata dall'uomo (Dawson, 1998; Domen *et al.*, 2013). Le condense sulle superfici degli ampi saloni di Castel del Monte (Fig. 2) venivano accuratamente raccolte e veicolate in un serbatoio sotterraneo. Una tale non comune attenzione per l'acqua proviene certamente dalle culture medio orientali, ampiamente e pragmaticamente reclutate da Federico II.

Se è vero che l'acqua è l'elemento essenziale per la vita, se è vero che l'uomo è stato capace di adattarsi a condizioni estreme, è vero anche che le antiche civiltà non casualmente si sono sviluppate primariamente dove la risorsa era abbondante e caso mai, offriva anche altre opportunità, quali vie di comunicazione. Ecco quindi le loro collocazioni al bordo dei fiumi o sulle foci fluviali. Mesopotamia, Metapontum e tanti altri toponimi che significano sostanzialmente "tra le acque" non possono che essere i luoghi delle prime civiltà organizzate.

La cultura dell'acqua è dunque responsabile nella lunga storia millenaria dell'uomo di avergli permesso di vivere non necessariamente dove c'era l'acqua. Questo passaggio si conseguiva (e si consegue ancor oggi) in tre momenti, non necessariamente sequenziali e sincroni: l'acquisizione della risorsa (la captazione), il trasporto, l'immagazzinamento.

La captazione. Quando l'acqua non era presente o sufficiente in superficie, l'uomo non tardò a cercarla nel sottosuolo. Pozzi e gallerie di ogni tipo andavano a trovare l'acqua sotterranea con tecnologie e metodologie incredibili se riferite ai loro tempi (Argentiero *et al.*, 2017; Sconfidenza, 1996; Todaro, 2014).

Intercettare le acque sotterranee con cunicoli drenanti è pratica ben nota che risale al 3000 a.C. e diffusa dalla Cina, alla Persia e al Marocco, paesi caratterizzati da regioni con

Figura 2 - Castel del Monte (Bat). Canalizzazione di raccolta e convogliamento in cisterna sotterranea delle acque di condensa sulle pareti del salone centrale.

climi variabili da arido a semi-arido. La tecnica aveva nomi diversi nei vari paesi in cui era usata (qanat in Persia, khettara in Marocco e Tunisia, foggara in Algeria) ed è conosciuta con altri nomi altrove (Ward, 1968; De Angelis *et al.*, 2006; Laureano, 2012). Attraverso l'applicazione di queste conoscenze ogni molecola di acqua viene sfruttata, senza perderne una. Persiani, Arabi e Saraceni esportarono questa cultura in tutta l'area del Mediterraneo, in particolare dal VI secolo d.C., anche se i Romani avevano precedentemente conosciuto queste tecniche nei territori orientali dell'impero e ne avevano curato anch'essi la diffusione (Fig. 3).

Nelle sole aree urbane dell'Iran si stimano oltre 10.000 km di qanat e oltre 300.000 pozzi per il loro scavo (Abbasnejad *et al.*, 2016). Malgrado l'età, molti di essi sono ancora perfettamente funzionanti.

L'aspetto interessante di queste opere è che incorporano diverse metodologie di captazione: entrando moderatamente al di sotto della superficie freatica a pelo libero, intercettando il normale flusso vadoso verticale (Argentiero *et al.*, 2016; Fidelibus *et al.*, 2017). Le dimensioni assunte da tali opere nelle varie parti del mondo chiariscono che nei confronti dell'obiettivo acqua in epoche antiche non ci si ponevano limitazioni di mezzi e di risorse.

La tecnologia dei qanat è ritenuta ancora oggi effettiva e quindi riproposta in svariati paesi. Ricordiamo l'acquedotto e la captazione di Carlo Magno, Otranto 1915 (Alba *et al.*, 2002). Il principale sistema di approvvigionamento di Malta è un sistema di gallerie drenanti l'acquifero costiero, di estensione totale di circa 30 km (Fig. 4, Sapiano, 2020). Il sistema ripercorre tecnologie già sperimentate nell'isola dai Romani 2000 anni fa e nuovamente rivisitate dagli arabi un millennio dopo.

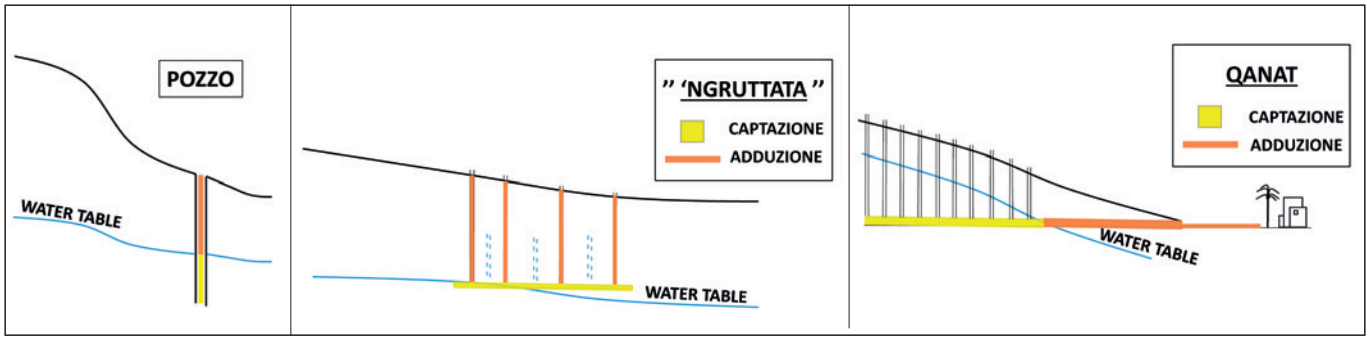


Figura 3 - Tipologie di captazione delle acque sotterranee: pozzi, pozzi multipli, qanat.

Figura 4 - Gallerie del sistema di captazione dell'acquedotto di Malta (da Sapiano, 2020).

I pozzi rimangono il sistema di captazione più diffuso, raggiungendo oggi profondità operative anche di 500 m. In passato hanno goduto di forme primordiali di sollevamento meccanico, a trazione animale. Tipiche sono le norie, talvolta disposte in serie, per ottenere sollevamenti anche di svariate decine di metri (vedi i raffinati giardini con fontane e vasche d'acqua della fortezza Alcazaba in Almeria, alimentati da una presa sotterranea nell'alveo del sottostante fiume). Il problema dei pozzi è connesso con la loro semplicità di scavo e di esercizio, il che ha permesso una loro diffusione con numeri impressionanti e percentuali di abusivismo elevatissime, che hanno portato acquiferi sensibili, vedi Puglia, in condizioni di sovrasfruttamento e criticità.

4. LA MURGIA E IL SUO BORDO BRADANICO: CULTURE TRADIZIONALI E IMPORTATE

4.1 Adattamento ai contesti

In tutte le nostre regioni meridionali la raccolta e immagazzinamento delle acque di pioggia ha costituito il sistema di approvvigionamento idrico primario, in mancanza di acque di superficie perenni e di acque sotterranee, non raggiungibili con le tecnologie disponibili. Quando la disponibilità era solo stagionale, era obbligo raccoglierle e immagazzinarle per un uso parsimonioso per l'intero anno.

Per necessità, per capacità di osservare o per culture importate, nacque l'Idrogeologia, ovvero la cultura dell'acqua nei serbatoi geologici. L'uomo verificò che quando terreni a grana grossa, normalmente permeabili, vanno a stratificarsi su terreni a grana fina, tipicamente impermeabili, i primi diventavano serbatoio per le piogge, che defluivano lentamente sui bordi, verso punti di sorgente. La religione si impadronì di questi punti: templi, oracoli e basiliche si piazzarono in prossimità delle sorgenti, anche da noi.

In tali contesti, la amichevole disponibilità idrica ha consentito urbanizzazioni in vicinanza, se non proprio sopra l'acquifero. È questo il caso di grandi centri urbani, come Taranto, Laterza, Gioia del Colle, Cassano, Acquaviva delle Fonti, Rutigliano, Corato. Questi acquiferi non sono chiazze isolate, perché questi centri abitati della Murgia barese e tarantina, si sono posizionati dove stazionamenti del livello mare (Canora *et al.*, 2012) hanno scolpito un bordo terrazzato continuo, con alla base un debole livello di argille, utili a sostenere modeste falde superficiali (Fig.5).

È facile tuttavia comprendere che un abitato sopra un acquifero determini una condizione di massima vulnerabilità per la risorsa idrica; la fortunata circostanza di vicinanza alla risorsa si trasforma nel tempo in situazioni grottesche: acqua si, ma non utilizzabile per il consumo umano.

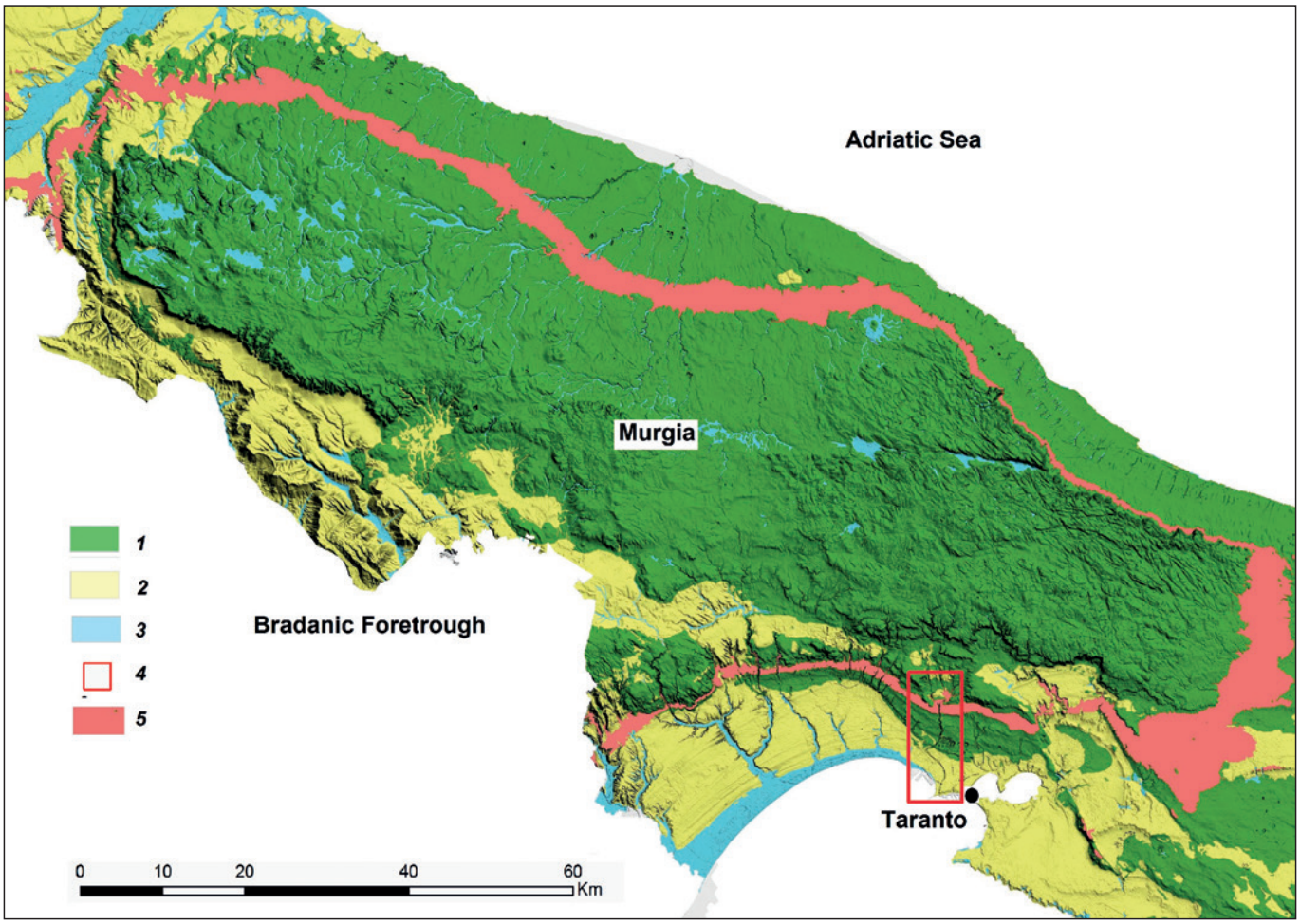


Figura 5 - Planimetria geologica semplificata della Murgia e del bordo della fossa Bradanica. In legenda: 1, affioramento del carbonatico; 2, sedimenti del ciclo Bradanico; sedimenti recenti ed attuali alluvionali e costieri; 4, area della captazione e acquedotto del Triglio; 5, terrazzo marino intorno a quota 150 m slm.

Da qui la necessità di andare a cercare l'acqua fuori dell'area urbana. Questa operazione ha da noi una collocazione temporale a partire dal 900-1000 d.C., di probabile cultura importata da arabi e svevi, ma non sconosciuta ai Romani, e si realizzava in tanti luoghi sui bordi SW della Murgia, ove i lembi estremi della deposizione pleistocenica della fossa bradanica (Casnedi, 1988) ci hanno regalato ampi terrazzamenti di sabbie su argille. Il completamento di questa seconda opzione necessitava del trasporto e accumulo della risorsa idrica, aspetto risolto con la realizzazione di acquedotti, lunghi anche chilometri ed ampi serbatoi urbani.

4.2 Matera e l'acqua

Le opere di approvvigionamento della risorsa idrica nell'area di Matera sono sufficientemente conservate e documentano l'intero percorso dell'insediamento umano, dall'età del ferro ad oggi, con lo spostamento della colonizzazione dalla Murgia, più difendibile, ma meno dotata di risorsa idrica, alle sponde della Gravina, per finire sulla sponda occidentale, ove dopo il mille d.C., variato il contesto geopolitico, si verificò la possibilità di una risorsa naturalmente più disponibile nel tempo. L'approvvigionamento idrico a Matera, città che ingloba i caratteri dei due mondi geologici e idrogeologici che si fronteggiano e compenetrano, la Murgia e la Fossa Bradanica, è quindi diversificato (Manfreda *et al.* 2016, Ermini e Spilotro, 2022). Gli insediamenti più antichi nelle grotte carsiche attingevano direttamente al fondo della Gravina; il successivo insediamento rupestre si organizzò con sistemi di captazione e immagazzinamento accoppiati delle acque di pioggia; questo sistema è stato tramandato dagli insediamenti rupestri fino all'epoca moderna e trova la sua più efficace realizzazione nel cosiddetto "vicinato a pozzo" (Fig. 6), ottimizzazione antropo-spaziale tra superficie di captazione, immagazzinamento e utenza.

Accanto alla Civita sorsero, successivamente, il Sasso Barisano e il Sasso Caveoso, che si svilupparono attorno alle due profonde incisioni torrentizie dette Grabiglioni, adottando strutture abitative su terrazzamenti sovrapposti (Argentiero *et al.*, 2017).

I fabbisogni idrici erano soddisfatti principalmente attraverso un sistema distribuito costituito dalle cisterne singole o di vicinato e non esisteva alcun tipo di sistema fognario, in quanto le acque nere venivano sversate direttamente nei Grabiglioni che fungevano da collettori a cielo aperto.

A seguito dell'estensione urbanistica dopo il 1500 e nella seconda metà del 1800, furono realizzate ampie e centrali cisterne di accumulo (es.: il Palombaro grande, Fig. 7), alimentate dal drenaggio dei sistemi idrogeologici definiti

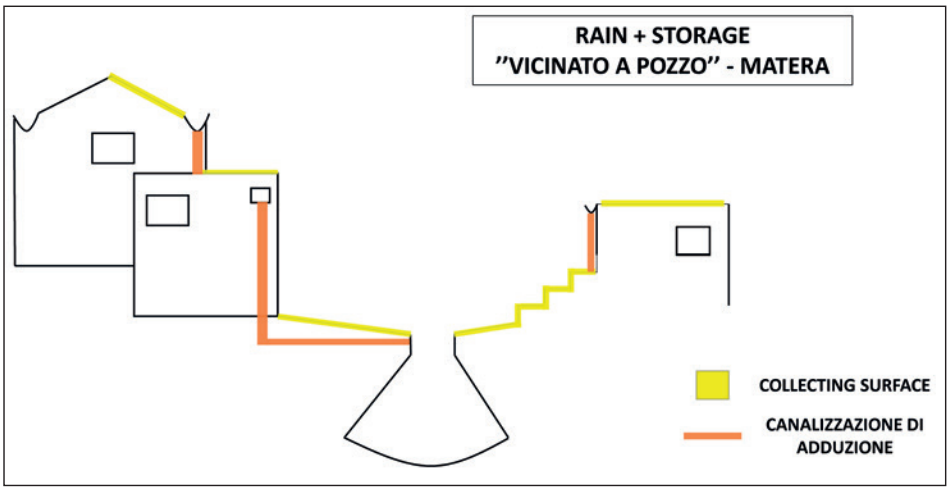


Figura 6 - Matera: schema tipico della captazione e immagazzinamento in un vicinato a pozzo.

Figura 7 - Matera: Palombaro grande sotto la piazza Vittorio Veneto.

dalla sovrapposizione stratigrafica di sabbie su argille al bordo Sud della città, nel tratto tra il Castello Tramontana e l'attuale piazza Vittorio Veneto. Di tali sistemi sono rimasti la fontana Ferdinandea e, parzialmente attivi, i serbatoi e gli acquedotti, mentre le captazioni risultano parzialmente funzionanti, ma non esiste una loro esatta collocazione (Ermini *et al.* 2017; Manfreda *et al.*, 2016).

4.3 Gli acquedotti di Gravina in Puglia

I sistemi idrici di Gravina in Puglia e le loro evoluzioni sono simili a quelli già descritti per Matera. La colonizzazione umana preistorica si distribuiva tra i fianchi della Gravina e le sponde della collina di Botromagno, con i tipici sistemi idrici di tali insediamenti. In età "moderna", tre acquedotti e le relative captazioni rientrano nella seconda classificazione tipologica fatta precedentemente, cioè captazioni nei contatti idrogeologici tra sabbie acquifere su argille e canalizzazioni convergenti verso ampi serbatoi di accumulo, per l'uso pubblico. I tre acquedotti hanno captazioni in punti a NW, NE e SE rispetto all'abitato antico. Pozzo Pateo e Acquedotto della Signora rappresentavano importanti fonti di approvvigionamento cittadino sino alla venuta de "l'acqua del Sele", che ha segnato l'inizio della loro non conservazione e parziale distruzione. Il terzo acquedotto, il Sant'Angelo, fu realizzato a partire dal 1743 e risulta sostanzialmente integro e funzionante (Argentiero *et al.*, 2017), in quanto le opere di captazione e di adduzione ricadono in aree non interessate dallo sviluppo urbanistico. Esso capta l'acqua alle pendici del colle Botromagno sul bordo occidentale del torrente Gravina e, dopo un percorso di circa 3.5 km, valica il torrente Gravina mediante una canaletta in pressione all'interno di un ponte lungo 120 m, tra due vasche ubicate alle estremità del ponte (Bixio *et al.* 1996, 1999) (Fig. 8). In tal modo arriva al bordo dell'abitato. L'opera riassume le tecniche di captazione e trasporto sin ad allora note e costituisce un raro validissimo esempio di ponte canale in muratura funzionante a sifone.

4.4 Il piccolo qanat di Irsina (Mt)

L'opera di captazione di Irsina è un classico qanat, punteggiato ad intervalli regolari da pozzi di areazione, che drena la falda idrica sostenuta dalle argille ed esce a giorno. In assenza di notizie storiche certe, il periodo di costruzione si potrebbe ricollocare nell'ampia fascia in cui le culture medio orientali dell'acqua furono introdotte direttamente dagli arabi (X secolo d.C.) o dalle culture multietniche importate da Federico di Svevia e a seguire. L'opera è ben conservata e perfettamente funzionante (Fig. 9).

4.4 Il qanat di Laterza

Le memorie storiche sul territorio intorno a Laterza (Ta) raccontano di numerose sorgenti e fontane (Dell'Aquila, 1993). Al bordo della città sulla gravina, una splendida fon-

Figura 8 - Gravina in Puglia. Ponte canale che attraversa la Gravina e porta l'acqua al bordo del centro abitato.

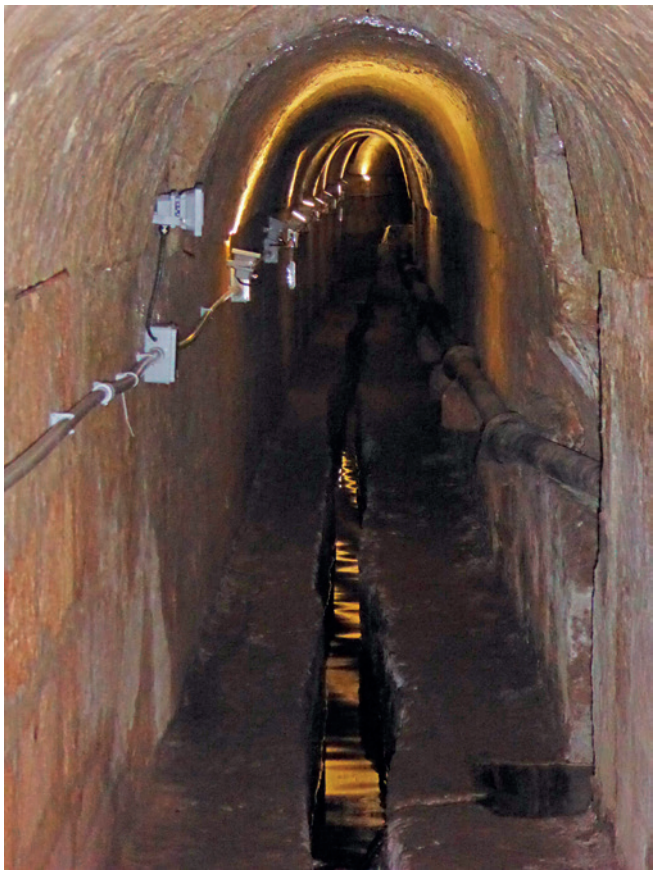


Figura 9 - Galleria drenante del qanat di Irsina.

tana è alimentata da un qanat lungo circa 400 m (Fig. 10), che sul suo percorso attinge a tre "sorgenti", di cui la prima in prossimità del Santuario di Maria SS. Il luogo sacro sul punto di emergenza della falda è significativo di un'antica

Figura 11 - Fontana al terminale del qanat di Laterza.

tradizione. Il qanat nasce successivamente con l'intento di ottimizzare le captazioni, intercettando anche altri due punti acqua. Le sorgenti sono in realtà dei pozzi di pochi metri, che intercettano la falda sostenuta da un livello di argille bradaniche a copertura del basamento carbonatico, e ricoperte da uno strato di alcuni metri di sabbie e calcareniti.

La tecnica costruttiva dice anche che la falda era moderatamente pressurizzata ed in grado di fuoriuscire da boccapozzo senza ricorrere a emungimenti. L'opera è oggi perfettamente funzionante.

4.5 La captazione e l'acquedotto del Triglio

L'acquedotto del Triglio (Argentiero *et al.*, 2016; De Vitis, 1992; Fidelibus *et al.*, 2017) è un'opera eccezionale per dimensione, caratteri costruttivi, conoscenza idrogeologica del territorio. È costituito da un apparato di captazione interamente sotterraneo per uno sviluppo di gallerie drenanti di

Figura 10 - Percorso del qanat di Laterza, alimentato da tre "sorgenti".

Figura 12 - Pozzelle (testate dei pozzi di scavo e aerazione) di un tratto del tunnel di captazione del Triglio.

4,5 km e da una adduzione a canaletta di circa 12 km, parzialmente in superficie. Nella sua configurazione medievale, è completato da un grande serbatoio di accumulo, all'ingresso in Taranto, dopo aver attraversato il ponte di pietra.

Le gallerie di drenaggio, scavate attraverso pozzi intervallati circa 25 m e di profondità variabile da 8 a 35 m dalla superficie (Fig. 12) si sviluppano ai bordi della omonima gravina e delle sue ramificazioni, in territorio di Crispiano e di Statte (Ta).

L'opera è stata rivelata dalle esplorazioni condotte in più fasi dagli speleologi, principalmente quelli del gruppo Speleo Statte (Conte, 2005; Conte e Ficocelli, 2006). Molte delle ramificazioni della galleria sono ben conservate, anche se non tutti i rami sono ispezionabili a causa di alcuni crolli o vari tipi di ostruzioni. Tracciato, quota e sezione interna delle gallerie sono variabili (Conte, 2005; Delle Rose *et al.*, 2006), evidenziando fasi di costruzione in tempi diversi, con aggiustamenti di percorso o di quote guidati dall' esperienza e rese idriche dei tratti già realizzati. Il tracciato delle gallerie di captazione è sostanzialmente parallelo ai rami della gravina e passa anche per lunghi tratti sotto il fondo alluvionale della gravina. In tal modo realizzava almeno tre diversi meccanismi di drenaggio, che permettevano al sistema un funzionamento continuo indipendentemente dalle stagioni e dalle variazioni climatiche intercorse:

a - i rami che si sviluppano nella massa rocciosa sotto il fondo alluvionale delle gravine (Fig. 13a) intercettano la percolazione diretta dal fondo alluvionale saturo verso la falda profonda sottostante;

b - i rami più lontani con tunnel orizzontali e pozzi verticali drenano le piccole falde acquifere al contatto tra sabbie o calcareniti e argille sul bordo interno dei terrazzi marini (Fig. 13b);

c - nelle parti restanti viene intercettato il flusso vadoso all'interno della massa di calcarenite (Fig. 13c).

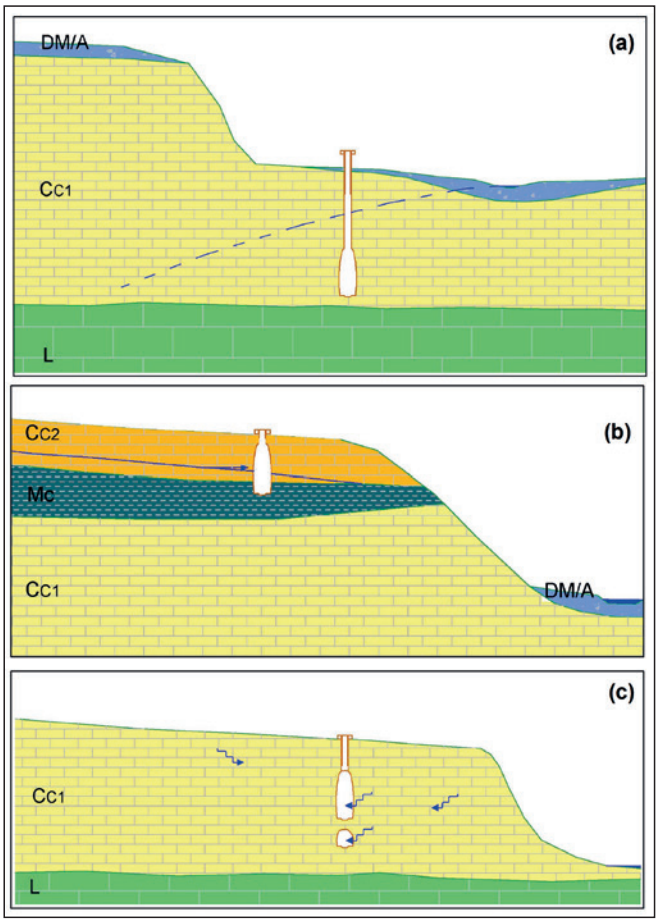


Figura 13 - Tecnologie di captazione: a) cattura del flusso vadoso generato dalla saturazione dell'alluvionale; b) cattura di falde superficiali sostenute dalle argille; c) cattura del flusso vadoso carsico.

Figura 14 - Gli archi del tratto di attraversamento della depressione di San Brunone (a) e sezione trasversale (b).

Figura 15 - Fondovalle del fiume Sinni con l'acquedotto omonimo.

Sulla base della dimensione trasversale del canale di adduzione che è visibile negli archi nella palude di San Brunone (Fig. 14 a e b), si stima che l'opera fosse in grado di veicolare una portata dell'ordine di 25 l/s.

Circa l'origine dell'opera, è certo che l'acquedotto arrivi a Taranto nel 1543, con la contestuale costruzione della fontana in Piazza Grande da parte di Carlo V. Pertanto, l'esistenza dell'acquedotto nella sua attuale configurazione è chiaramente delimitata tra il 1334 e il 1543. Nessuna fonte storica certifica l'esistenza delle opere idrauliche nel periodo precedente al 900 d.C.; la costruzione dell'ampia captazione interrata potrebbe essere attribuita ad arabi, o in subordine a normanni o svevi. L'opera avrebbe alimentato all'origine una comunità locale. Poi diventò di interesse di Taranto. Infatti, l'acqua li utilizzata proveniva dalla falda acquifera situata sotto la città, falda idrica quindi particolarmente vulnerabile all'inquinamento e che non tardò a diventare malsana in pochi secoli. Inoltre, la costruzione del castello e del suo fossato (il futuro canale navigabile) nel tardo Medioevo ebbero un ulteriore effetto devastante sulla ricarica di questa falda. Pertanto, è ragionevole che alla fine del Medio Evo Taranto avesse bisogno di acqua potabile e non aveva altre fonti di approvvigionamento (l'acquedotto di Saturo a SE della città non è mai arrivato a Taranto). L'acquedotto fu restaurato nel 1870 dal Comune di Taranto (Comune di Taranto, 1873) e successivamente gestito fino al 1920 dall'Acquedotto Pugliese; a quella data arriva a Taranto l'acqua del Sele e purtroppo comincia la decadenza della grande opera, priva di manutenzione e qua e là distrutta.

L'Acquedotto del Triglio è un'opera che deve essere rimessa in funzione: è tuttora l'opera di captazione con l'espressione della più evoluta tecnologia di acquisizione, da conservare, studiare e divulgare per future riproposizioni e necessità.

5. IL VERO COSTO DELL'ACQUA

La storia dei rapporti tra uomo e acqua era calibrata sui consumi e le parsimoniose necessità di altre epoche. Oggi si parla di dotazioni idriche e di standard qualitativi che ti qualificano come primordiale se la tua dotazione idrica scende sotto i 100 l/d per abitante. Quella delle nostre parti è circa il doppio. Quindi abbiamo sbarrato fiumi, siamo andati a prendere l'acqua a centinaia di metri di profondità con costi ambientali paurosi, restituendo all'ambiente quantità altrettanto paurose di acqua di pessima qualità, quando non adeguatamente trattata. Le più comuni variazioni ambientali (con costi a carico di società normalmente lontane dalla società che usufruisce della risorsa) sono:

- *cambiamenti d'uso e del microclima del territorio in corrispondenza degli invasi;*
- *paesaggio fluviale stravolto dalle adduzioni (Fig. 15);*
- *variazioni del trasporto solido dei fiumi, aumento del potere erosivo, riduzione del trasporto alla foce; erosione generalizzata della linea di costa; (Spilotro, 2019);*

- *transizione da agricoltura parsimoniosa ad agricoltura assetata* (nella piana agricola di Metaponto un massimo livello piezometrico fu misurato ad agosto in periodo irriguo);
- *rilascio in destinazioni inappropriate di reflui a livello variabile di trattamento depurativo; dispersione nell'ambiente, per lo più marino, di acque reflue anche depurate.*

Si aggiunga il costo del sollevamento e delle perdite dalle adduzioni, anche se queste ultime costituiscono un insperato rimpinguamento delle acque sotterranee. Il costo di tutto ciò è quantificabile facilmente, ma non è pubblicizzato all'utente finale, più preoccupato del cambio climatico, che non di un uso già oggi ambientalmente insostenibile della risorsa idrica. Il decadimento qualitativo della risorsa idrica è un processo naturalmente entropico ed è forse più temibile di probabili crisi climatiche (shortage della risorsa).

6. IL NON USO DELLE RISORSE TRADIZIONALI: CORATO

L'energia e l'acqua sono accomunate negli ultimi due secoli da un discorso comune: l'abbandono delle risorse tradizionali promosso da nuove forme di approvvigionamento, molto meno faticose da gestire. Il bosco è stato fino a non molto tempo fa il principale fornitore di energia termica, salvo l'uso industriale del carbone. Oggi si infila una spina elettrica in una presa per avere energia dove e quando serve. Ma il bosco continua a crescere in numero, altezza e diametro dei tronchi e dei rami, senza che nessuno recuperi più tale potenziale di energia, tutto a disposizione degli incendi boschivi. Conseguentemente aumenta esposizione e vulnerabilità agli incendi boschivi. Oggi si pianifica l'uso dei Canadair, ma non la manutenzione dei boschi.

C'è un analogo con la risorsa idrica e le sue variazioni d'uso. Aprire un rubinetto è molto più comodo che andare a prendere acqua da un pozzo o da una sorgente, anche se vicini. Su utenze importanti per numero (utenze domestiche) o per quantità (utenze industriali), il non uso rilascia all'ambiente quantità non marginali di acqua, con l'effetto primario della rivitalizzazione degli acquiferi principalmente attraverso il sovralzo del carico piezometrico. In tempi recenti ciò è avvenuto nella falda della piana di Foggia, per dismissione di emungimenti industriali, che ha mandato sott'acqua molti garage o locali interrati. Il caso più eclatante in Puglia è rappresentato nell'abitato di Corato (Nicotera e Abruzzini, 1964). Siamo nel terrazzo corrispondente al livello mare 220 (Canora *et al.*, 2016). La popolazione di Corato, prima che l'abitato fruisse *dell'Acquedotto Pugliese,* era di circa 40.000 abitanti, con un consumo idrico, da studi statistici dell'ordine di 12 l/d per abitante. Occorrevano quindi circa 175.000 m^3/y per l'alimentazione idrica di Corato, contro i 170.000 m^3/y annui recuperabili dalla falda.

Con l'arrivo *dell'Acquedotto Pugliese* nel 1919 gradatamente diminuì fino a far cessare quasi del tutto l'attingimento dai pozzi, alterando al positivo con il decremento dei prelievi il bilancio idrogeologico. Anche le cisterne per la raccolta dell'acqua piovana poco utilizzate sversavano i surplus dalle piogge nel centro abitato.

Tutto ciò fu la causa del sovralzamento della falda freatica in ambito urbano con allagamenti di molti vani interrati ed anche instabilità di alcuni edifici. Individuate le cause, si studiarono e realizzarono rimedi, drenaggi profondi e superficiali, di efficacia parziale e non duratura per vari motivi (Nicotera e Abruzzini, 1964).

7. CONCLUSIONI

Quanto è stato descritto è sostanzialmente quello che l'uomo ha fatto nei riguardi dell'acqua, bene essenziale, dall'alba della sua comparsa sulla terra fino a ieri. Quello che rimane delle antiche culture dell'acqua non sono racconti, ma opere ancora oggi esistenti, testimonianze concrete di un modo di vivere di epoche passate, e che sono, in molti casi, funzionanti ancora bene, negli scenari climatici di breve e lungo periodo già più volte variati.

Sarebbero tutte funzionanti, se avessimo continuato a rispettare l'acqua nell'epoca delle nuove risorse e delle nuove adduzioni. Da noi: acquedotto del Sele, quello dell'Agri, quello del Fortore, quello del Sinni, e tanti altri sono opere certamente meritorie ed importanti, che hanno portato in Puglia disponibilità idriche di molti m^3/s e le nostre dotazioni a circa 200 l/d per abitante; opere che hanno portato sicuramente benessere, salute e prosperità. Ma con un costo complessivo sconosciuto ai più e soprattutto con l'oblio generazionale di una cultura dell'acqua mai obsoleta e soprattutto da riscoprire urgentemente in previsione di scenari futuri (e neanche tanto), preoccupanti tra disponibilità quantitative e standard qualitativi. La città del futuro nei suoi canoni di crescita o di sviluppo deve riappropriarsi di tali culture e deve valutare più correttamente quale e quanta acqua deve entrare e la capacità che potrà avere di trattare quella che ne uscirebbe, finalizzandola a una sistematica e parsimoniosa utilizzazione e riutilizzazione.

BIBLIOGRAFIA

Abbasnejad A., Abbasnejad B., Derakhshani R., Sarapardeh A. (2016) - *Qanat hazard in Iraniann urban areas: explanations and remedies*. Environmental Earth Sciences 75:1306.

Alba A., Bonfrate M., De Natale F., Giangreco A., Pepe R., Selleri G., Selleri V. (2002) - *Le sorgenti Carlo Magno nella valle dell'Idro, Otranto (Lecce)*. Atti 5° Convegno Naz. sulle cavità artificiali, Osoppo (Ud) 2001.

Argentiero I., Canora F., Ermini R., Fidelibus M.D., Pellicani R., Qeraxhiu L., Spilotro G. (2016) - *Back to the future: new insights about the catchment of the ancient Triglio Aqueduct*. XXXV Conv. Naz. Idraulica e Costr. Idrauliche, Bologna (It) sept. 2016, pp 951 – 954.

Argentiero I, Fidelibus M.D., Parisi A., Parisi M., Pellicani R., Spilotro G. (2017) - *L'acqua, le tecniche di captazione e gli insediamenti umani sul bordo occidentale dell'altopiano murgiano.* Atti Conv. SIGEA Idraulica Antica, Roma settembre 2016.

Bixio R., Castellani V., Savino G. (1999) - *Matera e Gravina, indagini speleologiche sulle strutture sotterranee artificiali delle Murge* (testo integrale dell'articolo pubblicato parzialmente nel 1997 sulla rivista Cocis, dal titolo Indagine speleologica orientativa nelle Murge sulla rete di strutture sotterranee artificiali), rivista Opera Ipogea, n°1, anno I

(1999), pp.5/16, Soc. Speleologica Italiana (Bologna) / Erga (Genova).

Bixio R., Maifredi P. (1996) - L'acquedotto sotterraneo di Gravina in Puglia. Il parco della pietra e dell'acqua. Comune di Gravina in Puglia – Consorzio Sidinon, Gravina in Puglia, 215-254.

Canora F., Fidelibus M.D., Spilotro G. (2012) - *Coastal and inland karst morphologies driven by sea level stando: a GIS based method for their evaluation*. Earth Surface Processes and Landforms, vol. 37, pp 1376-1386, ISSN:0197-9337, DOI 10.1002/ESP 3246.

Canora F., Fidelibus M.D., Spilotro G. (2012) - *La piccola età glaciale di Taranto (Puglia, Italy)*. Atti Convegno: "Il clima nel bacino del mediterraneo negli ultimi 12000 anni", Accademia Nazionale dei Lincei, XXIX Giornata dell'Ambiente, Roma, 17 ottobre 2011; Scienza e Lettere Editore Commerciale, Roma 2012, pp.155-165.

Casnedi R. (1988) - La Fossa Bradanica: *Origine, Sedimentazione e Migrazione*. Mem. Soc. Geol. It. 41: 439-448.

Comune di Taranto (1873) - *Lavori di restauro dell'acquedotto del Triglio, 27 dicembre 1873*. Archivio Storico del Comune di Taranto - Taranto - Cat. X, busta 109, fasc. 158.

Conte A. (2005) - *L'acquedotto romano del Triglio da Statte a Taranto - Antica via dell'acqua in Puglia*. Edizioni Pugliesi, Martina Franca (Taranto, Italy), ISBN 88-8348-074-0.

Conte A, Ficocelli S. (2006) - *L'acquedotto romano del Triglio da Statte a Taranto*. Atti 1° Convegno di Spelelologia in Cavità Artificiali, Castellana Grotte (Ba, Italy), 2006. *Grotte e dintorni* VI n 12, dic 2006.

Dawson TE (1998) - *Fog in the California redwood forest: ecosystem inputs and use by plants*. Oecologia 117:476–485

De Angelis S., Finocchi S. (2006) - *Il sistema delle foggaras in Algeria tra epoca antica e moderna*. Atti di Tecnica di idraulica antica, le opere di captazione: dighe, cunicoli, esautori, ieri e oggi. Roma, Geologia dell'Ambiente, 4/2006, 165–79.

Dell'Aquila C. (1993) - *Per la storia di Laterza. Fonti archivistiche e documentarie.* Congedo Ed. 1993-08-01, ISBN 10: 8877865733

Delle Rose M, Giuri F, Guastalla P, Parise M, Sammarco M. (2006) - *Aspetti archeologici e condizioni geologiche-morfologiche degli antichi acquedotti pugliesi. L'esempio dell'acquedotto del Triglio nell'area Tarantina*. Opera Ipogea 1-2: 36-50.

De Vitis S. (1992) - *Taranto, acquedotto del Triglio*. Soprintendenza Archeologica della Puglia. Notiziario delle attività di tutela. *TARAS* XII(2), Scorpione Editrice, Taranto (Italy).

Domen JK, Stringfellow WT, Camarillo MK, Gulati S. (2013) - *Fog water as an alternative and sustainable water resource*. Clean Technologies and Environmental Policy 16:235–249.

Ermini R., Ataoui R., Spilotro G., Pascale S., Pellicani R. (2017) - *The city of Matera and the evolution of the hydraulic infrastructures*. SIRIS, Proc. Mediterranean Forum on Water Resources, n 16, 2016.

Ermini R., Spilotro G. (2022) - *Letture idromorfiche del territorio: la citta di Matera*. ISBN 978 88 6764 270 0, Casa Editrice LIBRIA, Melfi (Italia).

Fidelibus M.D., Pellicani R., Argentiero I., Spilotro G. (2017) - *The geoheritage of the water intake of Triglio ancient aqueduct (Apulia Region, Southern Italy): a lesson of advanced technology insensitive to climate changes from an ancient geosite*. Geoheritages, Springer. DOI 10.1007/s12371-017-0238-z; ISSN 1867-2477.

Laureano P. (2012) - *Water catchment tunnels: qanat, foggara, falaj. An ecosystem vision*. IWA – Spec. Conf. on Water&Wastewater Technologies in Ancient Civilizations, Istanbul-Turkey, 22 march 2012.

Manfreda S., Mita L., Dal Sasso S., Dibernardi F., Ermini R., Mininni M., Bixio A., Conte A., Fiorentino M. (2016) - *La gestione delle risorse idriche nella città dei Sassi (Matera).* Associazione Idrotecnica Italiana, Rivista L'acqua, 3/2016, 29-46.

Nicotera G., Abruzzini E. (1964) - *Il sovralzamento della falda freatica di Corato (Bari).* Geotecnica N° 2 pp. 1-11;

Sapiano M. (2020) - Groundwater development in the Maltese Islands. Acque sotterranee, Vol.9 n 3 pp 25 – 32.

Sconfidenza R. (1996) - *Sistemi idraulici in Magna Grecia, classificazione preliminare e proposte interpretative*. Bollettino Storico della Basilicata, 12, 1996, 25-66.

Spilotro G., Argentiero I., Fidelibus M.D., Motta Zanin G., Parisi A., Pellicani R. (2019) - *Basilicata Ionian Coast: human and natural drivers of coastal dynamics*. Accademia Nazionale dei Lincei, XIX Giornata Mondiale dell'Acqua; Convegno: Gestione e difesa delle coste, Roma, 21 marzo 2019.

Todaro P. (2014) - *Sistemi d'acqua tradizionali siciliani: qanat, ingruttati e pozzi allaccianti nella Piana di Palermo*. Geologia dell'Ambiente n.4/2014, 19-28.

Ward P. (1968) - *The Origin and Spread of Qanats in the Old World.* Proc. of the American Philosophical Society 112(3): 170–181

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS
Sezione Puglia

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA

con il patrocinio

Regione Puglia

organizzano il

CONCORSO FOTOGRAFICO

"Passeggiando tra i Paesaggi Geologici della Puglia"

14ª edizione 2023

La SIGEA Sezione Puglia e l'Ordine dei Geologi della Puglia, al fine di promuovere la conoscenza e la valorizzazione dei siti di interesse geologico (geositi) e i paesaggi geologici della Regione Puglia, bandiscono la quattordicesima edizione del concorso fotografico come di seguito specificato.

Il concorso prevede le seguenti **Sezioni**:

A. "Paesaggi geologici o geositi"
B. "La geologia prima e dopo l'Uomo"
C. "Una occhiata al micromondo della geologia"

La sezione A sarà dedicata ad immagini di luoghi, paesaggi, siti a valenza geologica dove gli elementi geologici o i singoli affioramenti hanno sviluppato forme di qualsiasi tipo e genere.
La sezione B sarà dedicata ad immagini di opere antropiche che si integrano nel contesto geologico o geomorfologico.
La sezione C sarà dedicata ad immagini di elementi paleontologici, sedimentologici e petrografici ripresi a dimensioni naturali o al microscopio.

La partecipazione al concorso è **TOTALMENTE GRATUITA**. Possono partecipare tutti coloro che sono interessati a condividere le emozioni ricevute attraverso la rappresentazione di uno degli aspetti dei "paesaggi geologici" della Puglia.
Le foto dovranno essere inviate entro il **30 settembre 2023**, seguendo le istruzioni disponibili sui siti web degli organizzatori. Info: **foto.paesaggi.puglia@gmail.com**
La premiazione, la cui data sarà comunicata sui siti web degli organizzatori, avverrà durante una manifestazione appositamente organizzata ed associata ad una iniziativa pubblica da tenersi in Bari.

Con il sostegno di

ApoGeo

Apogeo S.r.l.
Via Caduti di Nassiriya, 170 - 70022 Altamura (Ba) - Tel. 080.3143324 - www.apogeo.biz

REGOLAMENTO, MODALITÀ DI PARTECIPAZIONE E SCHEDA AUTORE:
http://puglia.sigeaweb.it e **www.geologipuglia.it**

Info:
Segreteria organizzativa del concorso:
Silvio Spizzico (Ordine dei Geologi della Puglia) • *Vincenzo Iurilli* (SIGEA Sezione Puglia)
Ordine dei Geologi della Puglia
Via Junipero Serra, 19 - 70125 BARI

n° 1/2023 - pagg. 17-24

LE ACQUE SOTTERRANEE IN PUGLIA E LA CATASTROFE DI CORATO: DALLA SETE, AI CROLLI FINO ALLE SICCITÀ, IN ATTESA DELL'ADATTAMENTO

Sara Saviano, Livia Emanuela Zuffianò, Maurizio Polemio*

CNR-IRPI, Gruppo di Ricerca di Idrogeologia, Bari
*Iscritto ORG Puglia n. 193 ES

ABSTRACT

Sin dal passato gli insediamenti umani hanno tenuto conto della disponibilità di risorse idriche superficiali e sotterranee. In Puglia, in zone dominate dall'affioramento di rocce carbonatiche, in cui si rinvengono acque sotterranee a limitata profondità, si sono sviluppati nei secoli diversi centri storici, in assenza di corsi d'acqua.

Il territorio pugliese è costituito prevalentemente da rocce carbonatiche ma a luoghi si rinvengono numerosi, e talvolta estesi, depositi sabbiosi (con presenza anche significativa di limi ed argille) che vengono raggruppati sotto il nome di Depositi Marini Terrazzati. Numerosi centri abitati pugliesi sorgono in corrispondenza di tali depositi. Dove tali depositi ospitano una falda idrica, in genere superficiale o poco profonda, si è reso possibile l'insediamento e lo sviluppo di centri urbani anche in assenza di corsi d'acqua.

In alcuni di questi centri storici (Corato, Cassano, Acquaviva, Mesagne e Nardò) si sono avuti problemi di stabilità dei terreni di fondazione, connessi principalmente alle modificazioni del regime della falda idrica e a variazioni del livello piezometrico, con conseguenti danni al patrimonio edilizio ed architettonico.

L'articolo evidenzia come proprio la ricerca delle acque sotterranee, per contrastare la sete, abbia guidato la nascita e la crescita di alcuni centri abitati pugliesi. Queste stesse scelte hanno poi determinato altri effetti, una volta modificatasi l'offerta idrica. Tali fenomenologie sono discusse nel dettaglio del drammatico caso di Corato, il cui centro storico fu gravemente colpito da crolli di edifici nel 1922 e da effetti minori negli anni successivi.

L'articolo si chiude sia con delle proposte operative, valide sia per Corato che per centri storici in condizioni affini, sia con una visione complessiva sulle tendenze pluviometriche in atto a scala regionale e d'Italia meridionale, evidenziando il ricorrere di gravi periodi siccitosi, ricordando la necessità di pervenire a modelli di gestione delle risorse idriche sotterranee che contemplino anche l'adattamento al cambiamento climatico.

1. INTRODUZIONE

L'utilizzo delle acque sotterranee per scopi potabili è sempre determinante se non prevalente; si stima che quasi il 50% della popolazione urbana mondiale soddisfi il proprio fabbisogno idrico grazie alle acque sotterranee (Nazioni Unite, 2022). Per gli scopi potabili in Italia si utilizzano in prevalenza acque sotterranee. In media, al 1999, non meno di 8 litri su 10 provenivano dal sottosuolo, in particolare al sud si stimava un uso potabile da pozzi del 36.2% e da sorgenti del 49.2%; negli anni successivi e fino al 2020 si sono registrate lievi variazioni (https://www.istat.it/it/archivio/279363).

Il rapporto tra ambienti urbanizzati e risorse idriche rappresenta un equilibrio che può essere facilmente turbato. Spesso si è osservato che estrazioni intensive delle acque di falda, in ragione di un sempre più crescente fabbisogno idrico, abbiano determinato un significativo calo della disponibilità della risorsa mentre la qualità è stata compromessa da fonti inquinanti legate a cicli produttivi, perdite dei sistemi fognari o per salinizzazione, come osservato anche in Puglia (Polemio *et al.*, 2011; Polemio, Zuffianò, 2020; Zuffianò *et al.*, 2020).

Meno frequentemente si registrano problemi nei centri urbani per le oscillazioni del livello della falda. Si tratta di fenomeni determinati sia da cause naturali, quali eccezionali e prolungate piogge o periodi di siccità, che antropiche. In questo secondo caso le cause sono le più varie, tra cui sovrasfruttamento, drenaggio delle acque di falda, ad esempio per la realizzazione di opere sotterranee, ma anche abbandono di pozzi per l'inquinamento delle acque sotterranee o la pervenuta disponibilità di fonti idriche migliori o più economiche.

Tali tipologie di fenomeni hanno coinvolto diverse città europee come Barcellona, Birmingham, Londra e Parigi (Beretta, Avanzini, 1999).

In numerose aree urbane della Danimarca si sono riscontrati problemi in edifici pubblici, privati e in infrastrutture produttive per l'inatteso innalzamento piezometrico, conseguente a rilevanti variazioni stagionali di piovosità, di ricarica ma anche di evaporazione (Rasmussen *et al.*, 2023).

In Italia, lo sviluppo socio-economico è stato da sempre favorito dalla presenza e dalla disponibilità di acque sotterranee, intesa come una risorsa di base, di facile approvvigionamento. Nella città di Milano si è osservato a lungo, in particolare dopo l'ultimo dopoguerra, un crescente sfruttamento delle risorse idriche sotterranee, il cui conseguente abbassamento piezometrico ha favorito il crescente utilizzo del sottosuolo con opere pubbliche e private. A partire dagli anni novanta, però, sono progressivamente cessate le motivazioni per emungimenti eccessivi, causando una generale risalita del livello della falda che ha interessato infrastrutture di recente realizzazione, progettate in assenza di interferenze con la falda in virtù di livelli piezometrici osservati sotto l'effetto di duraturi emungimenti elevati, tra cui porzioni di linea metropolitana (Beretta, Avanzini, 1999). Gli effetti di questa dinamica sulle opere sotterranee sono stati così gravi.

In diverse aree della zona orientale di Napoli sono stati registrati periodici e costanti fenomeni di allagamento di gallerie ferroviarie, seminterrati e autorimesse, riconducibili a variazioni locali della superficie piezometrica. Lo studio dell'evoluzione temporale della falda ha evidenziato, nel corso dell'ultimo secolo, fasi di abbassamenti, prima, e risalite, dopo, dei livelli idrici connessi rispettivamente a: 1) elevati

e incontrollati prelievi di acque sotterranee a scopo potabile, industriale e agricolo (almeno fino ai primi anni novanta); 2) drastica riduzione dei medesimi prelievi, avvenuta successivamente al 1991, anche a seguito del processo di de-industrializzazione e dei cambiamenti dell'uso del suolo. Solo in alcuni casi, ha influito, localmente, la presenza di opere in sotterraneo ma tale influenza è sicuramente subordinata rispetto a quella derivante dalla massiccia riduzione dei prelievi idrici (Allocca, Celico, 2008).

Variazioni del livello piezometrico possono comportare problemi di instabilità geotecnica dei terreni di fondazione connessi principalmente alle modificazioni del livello della falda idrica (Maggiore *et al.*, 1995), specie nel caso in cui si tratti di fondazioni superficiali realizzate su terreni sciolti senza particolari accorgimenti costruttivi. La graduale consolidazione che tali terreni subiscono sotto l'azione dei carichi trasmessi dalle fondazioni, può provocare cedimenti di insieme o differenziali. Oscillazioni di lungo periodo del livello piezometrico, confrontabili con i tempi di consolidazione, possono portare ad una ripresa del fenomeno della consolidazione e ad una certa intensificazione dei conseguenti cedimenti (Maggiore *et al.*, 1995). La filtrazione della falda idrica, innalzatasi come mai prima, può contribuire anche in termini erosivi, asportando la frazione più fine, ampliando i vuoti e favorendo così ulteriori incrementi di flusso ma anche possibili cedimenti.

È ben noto che numerosi pozzi a scavo, poco profondi, sono stati realizzati nei secoli scorsi in vari centri storici della Puglia, quali Corato, Cassano, Acquaviva, Mesagne e Nardò (Maggiore *et al.*, 1995); molti di questi, per quanto siano in disuso, sono tuttora rinvenibili nei cortili o all'interno di numerose abitazioni.

La disponibilità di acque sotterranee in Puglia ha costituito un fattore determinante nell'ubicazione e nello sviluppo di numerosi insediamenti urbani durante i secoli.

In genere, a partire dal secolo scorso, l'inatteso sollevamento della superfice freatica della falda idrica ha determinato una serie di problematiche anche in Puglia, dove sono stati segnalati fenomeni di dissesto riconducibili a cedimenti del terreno di fondazione e conseguenti lesioni o collassi di edifici, in taluni casi anche di recente costruzione.

I centri storici di Corato, Acquaviva, Cassano, Mesagne, e Nardò rappresentano alcune delle situazioni nelle quali i problemi relativi ai cedimenti, connessi all'innalzamento della falda, risultano essere noti.

A Nardò, danni al patrimonio edilizio sono evidenziati a partire dal 1200 con fenomeni di dissesto che hanno interessato i principali monumenti della città e le strutture murarie e portanti di numerosi edifici (Maggiore *et al.*, 1995). Alcuni edifici del centro storico di Mesagne hanno manifestato molte lesioni, aggravatesi a partire dal 1985, tanto da comportare numerosi provvedimenti di sgombero (Maggiore *et al.*, 1995). Ad Acquaviva delle Fonti, i dissesti sono stati localizzati soprattutto nel centro storico, dove sono stati rilevati danni strutturali in edifici di particolare valore architettonico, monumentale e storico (Maggiore *et al.*, 1995).

La problematica dell'innalzamento della falda è stata segnalata a Corato fin dal 1919. Il I maggio 1922, preceduti da rilevanti abbassamenti del suolo, gli effetti sul costruito divennero rapidamente drammatici. Si osservò infatti il progressivo crollo o gravi danneggiamenti di interi edifici, alcuni dei quali di particolare pregio, tra cui il palazzo Pagano e il palazzo Ducale, oltre ad altri numerosi edifici prospicienti l'attuale piazza Di Vagno. La lenta evoluzione del fenomeno e il rapido sgombero di diverse centinaia di famiglie evitarono la perdita di vite umane. Il disastro fu tale che già a giugno (D.L. n. 889/1922) vennero disposti ristori per i gravi danni e interventi a totale carico dello Stato (Nicotera, Abruzzini, 1964). Come descritto in seguito, la problematica osservata a Corato, si è presentata più volte nel corso dei decenni, anche se con conseguenze minori (Nicotera, Abruzzini, 1964; Ranieri, 1948 e 1959; Canali, 1963).

2. ASSETTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio pugliese è costituito in prevalenza da rocce calcaree e dolomitiche mesozoiche e subordinatamente da depositi calcarenitici, sabbiosi e argillosi plio-pleistocenici (Ciaranfi *et al.*, 1988). I depositi sabbiosi, che costituiscono in prevalenza terreni di fondazione dei centri storici precedentemente citati, sono raggruppati sotto la denominazione di Depositi Marini Terrazzati (DMT) (Fig. 1) e sono stati attribuiti al Pleistocene medio e superiore (Ciaranfi *et al.*, 1988). Essi poggiano sulle unità della Calcarenite di Gravina e delle Argille subappennine, del ciclo plio-pleistocenico della Fossa Bradanica, oppure direttamente sui calcarei cretacei (Calcare di Altamura e Calcare di Bari) (Ciaranfi *et al.*, 1988).

Questi depositi sono caratterizzati da un'unità prevalentemente sabbiosa ma contenente anche limi, argille, ghiaie e calcareniti, la cui formazione è legata al generale ritiro del mare pleistocenico verso l'attuale linea di costa (Ricchetti *et al.*, 1988; Maggiore *et al.*, 1995).

La circolazione idrica sotterranea può essere schematizzata considerando la presenza di due distinte falde idriche sotterranee (Cotecchia *et al.*, 2005; Maggiore, Pagliarulo, 2004; Polemio *et al.*, 2009). La prima, più profonda, è rappresentata da un'unica falda idrica sotterranea, spesso denominata profonda o carsica, circolante nelle rocce carbonatiche del substrato mesozoico; la seconda è rappresentata da più falde idriche sotterranee, denominate superficiali, in quanto rinvenibili a minore profondità e sovrapposte alla precedente. Nel secondo caso si tratta di falde idriche sotterranee in genere non interconnesse e di limitata potenza. Sono presenti in più livelli delle successioni plio-pleistoceniche, che si rinvengono a piccola profondità dal piano campagna e la cui esistenza è dovuta alla presenza di livelli di sedimenti pelitici impermeabili a letto. L'acqua si rinviene solitamente a pochi metri dal piano campagna fino ad un massimo di 20 m (Maggiore *et al.*, 1995; Ricchetti, Polemio, 1996; Doglioni, Simeone, 2017).

Da questi pochi elementi informativi, unitamente all'osservazione della Fig. 1, si nota come le favorevoli condizioni idrogeologiche, e quindi il facile rinvenimento di acque sotterranee in aree molto ristrette del territorio murgiano, hanno condizionato, più di ogni altro fattore, l'urbanizzazione del territorio. Dunque, per combattere la sete, la popolazione

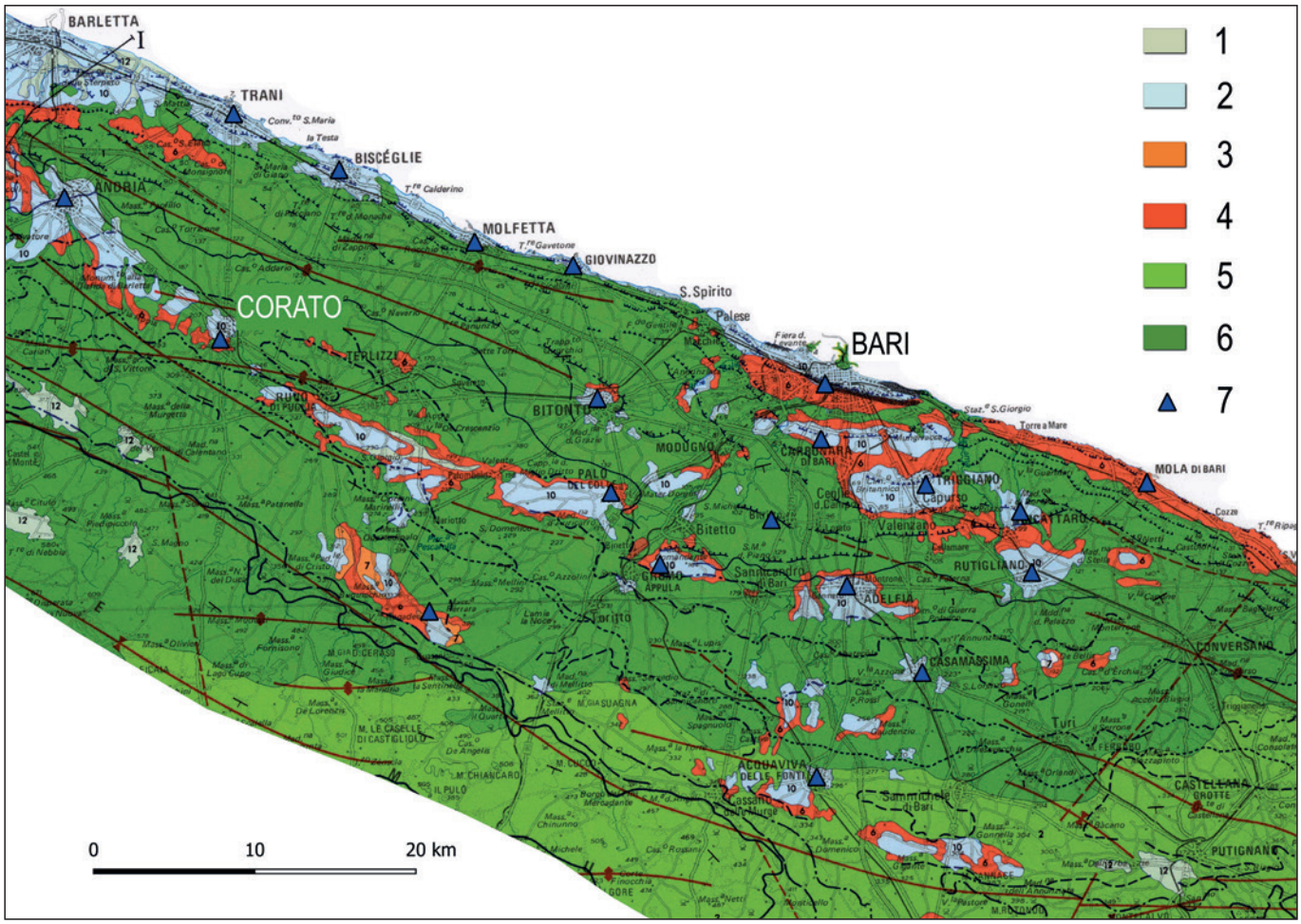


Figura 1 - Carta geologica delle Murge: 1) Depositi alluvionali e di spiaggia emersa; 2) Depositi marini terrazzati; 3) Argille subappennine; 4) Calcarenite di Gravina; 5) Calcare di Altamura; 6) Calcare di Bari; 7) Centri storici non ubicati su affioramenti di Calcare di Altamura o di Bari (modificata, da Ciaranfi *et al.*, 1992).

si è addensata nelle piccole aree in cui a lungo e fino al secolo scorso le acque delle falde superficiali erano le principali se non le uniche fonti idriche, necessarie alla sopravvivenza della popolazione.

I caratteri di permeabilità variano da luogo a luogo in questi acquiferi superficiali in relazione alla eterogeneità dei caratteri litologici, con valori medio-bassi della conducibilità idraulica (Maggiore *et al.*, 1995). Il bacino di alimentazione risulta sempre molto circoscritto, corrispondente all'incirca alle aree di affioramento dei DMT, ed è dovuta alle precipitazioni dirette nella conca o agli apporti da monte (Cherubini, Romanazzi, 2005).

Per quanto riguarda l'abitato di Corato, è ubicato sulle propaggini delle cosiddette Murge Baresi e poggia su di un lembo dei DMT alla quota di circa 230 m sul livello del mare. Il centro abitato si trova ai margini di una conca carsica nel calcare cretacico, che successivamente è stata colmata nel Pliocene e Pleistocene da sedimenti di tipo argilloso e sabbioso (Cherubini, Romanazzi, 2005). Ciò ha creato uno strato impermeabile a tetto della formazione calcarea che funge da letto per l'acquifero superficiale.

Le stratigrafie rilevate nei pozzi trivellati nel 1922 e di quelli eseguiti nel 1955 hanno consentito una sufficiente conoscenza dell'intero sottosuolo nell'area urbana e nelle aree limitrofe (Nicotera, Abruzzini, 1964). Localmente la successione pleistocenica, posta a diretto contatto dei calcari cretacei, è costituita da argille macrofossilifere di colore grigio-verde, di spessore variabile fino ad un massimo di 10 m, passanti verso l'alto ad argille grigiastre, giallastre e verdastre più o meno sabbiose e più o meno consistenti (Cherubini, Romanazzi, 2005). Al di sopra, si rinvengono sabbie giallastre e grigiastre massicce, irregolarmente cementate, dello spessore massimo di 4-5 metri, eteropiche, con livelli di calcarenite piuttosto tenace (Fig. 2) (Maggiore *et al.*, 1995).

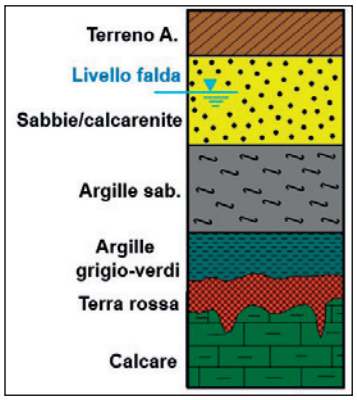


Figura 2 - Stratigrafia schematica del sottosuolo della città di Corato (modificata, da Cherubini C., Romanazzi).

Lo spessore complessivo dell'intera successione, rilevabile dalle stratigrafie relative ai numerosi pozzi assorbenti realizzati nel centro abitato, varia fino ad oltre 15 m (Cherubini, Romanazzi, 2005). I maggiori spessori si ritrovano in genere in corrispondenza del centro storico, dove il substrato calcareo si approfondisce. Tra la sequenza sabbioso-argillosa ed il basamento carbonatico sono spesso presenti, in spessori variabili, terre rosse (Cherubini, Romanazzi, 2005).

Elemento importante da considerare è rappresentato dalla geometria del livello impermeabile di base. La presenza di discontinuità dello stesso può determinare l'esistenza di perdite della falda superficiale verso quella sottostante carsica, ospitata nella successione calcareo-dolomitica del substrato, come osservato nel caso del vasto acquifero superficiale di Brindisi (Ricchetti, Polemio, 1996). L'esistenza di discontinuità del letto impermeabile rallenta la progressiva saturazione dell'invaso sotterraneo e finisce quindi il massimo livello piezometrico. In assenza di queste condizioni, come nel caso di Corato, il livello piezometrico subisce un'escursione maggiore (Maggiore *et al.*, 1995), determinata principalmente dall'entità della ricarica, in assenza di prelievi. A Corato, proprio a causa della buona tenuta a letto dell'acquifero superficiale, sono stati richiesti interventi strutturali per il fenomeno dell'innalzamento piezometrico, tra cui la realizzazione di trincee drenanti e di numerosi pozzi assorbenti attestati fino ai calcari del substrato (Nicotera, Abruzzini, 1964).

L'assetto idrogeologico della zona è conosciuto attraverso l'analisi di dati ricavati da numerosi pozzi e sondaggi, opportunamente scelti e quotati, non solo nell'interno dell'abitato ma anche nella zona più elevata a monte della città (Fig. 3, Nicotera, Abruzzini, 1964).

Le linee di flusso idrico sotterraneo proseguono regolarmente da Sud verso Nord, dividendosi pressoché in due direzioni all'ingresso dell'abitato, verso Nord-Ovest e verso Est-Nord-Est.

In assenza di prelievi e nell'ipotesi di trascurabili variazioni dello spessore saturo, le zone in cui la spaziatura tra le isofreatiche si riduce devono intendersi a minore permeabilità rispetto alle restanti porzioni dell'acquifero. In realtà, l'acquifero presenta spessori e profondità variabili dovute alla non sempre totale continuità delle sabbie, che talvolta si presentano a luoghi cementate (Cherubini, Romanazzi, 2005).

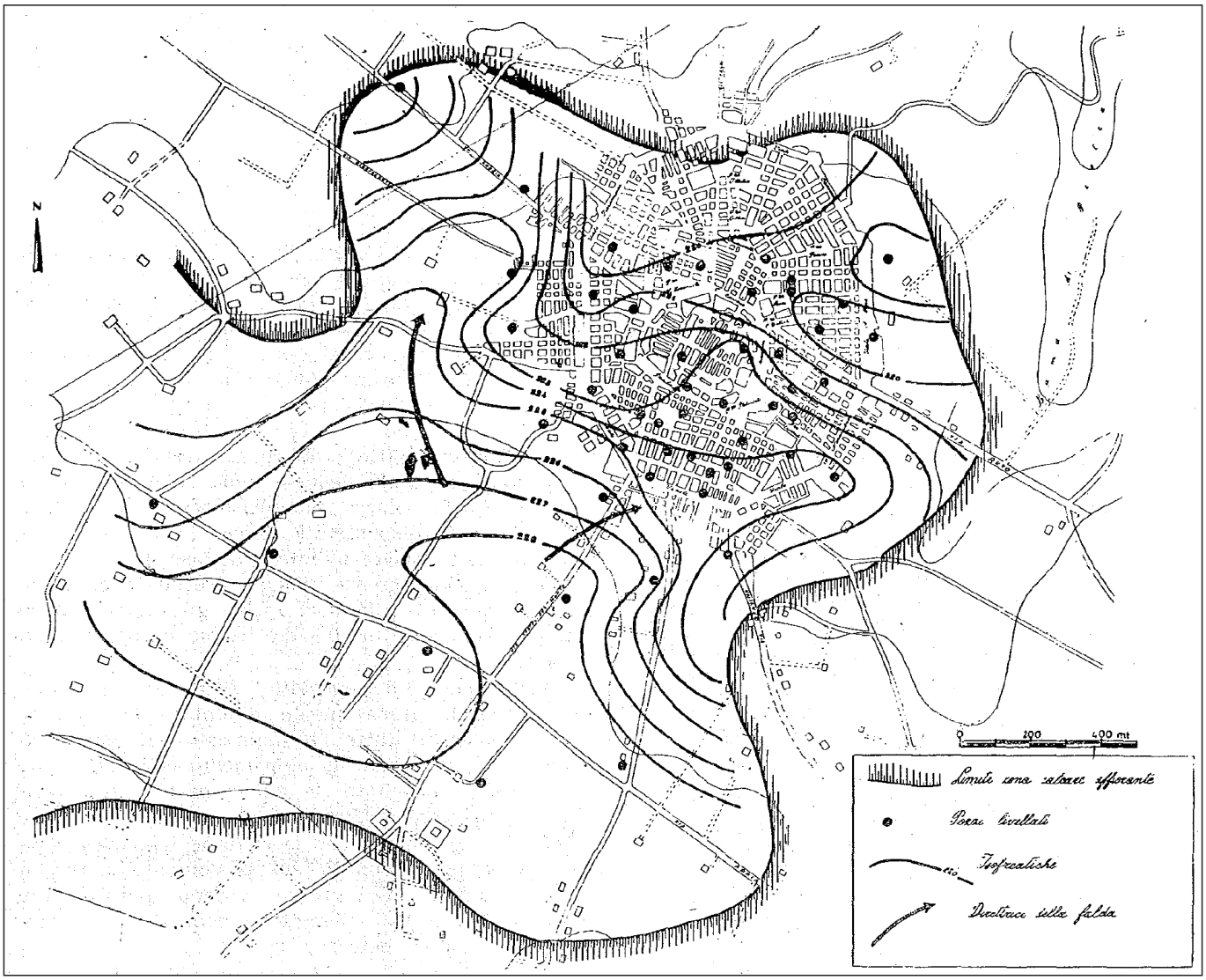


Figura 3 - Isofreatiche di Corato secondo il rilievo del 2 gennaio 1955 (da Nicotera, Abruzzini, 1964).

La profondità del pelo libero della falda varia da circa 4 m, in corrispondenza del centro storico, fino a diventare assente nelle zone in prossimità del limite con i calcari (Cherubini, Romanazzi, 2005).

3. EVENTI STORICI E UTILIZZO DELLA RISORSA IDRICA

La presenza di acqua degli acquiferi superficiali ha costituito un fattore importante per la crescita di diversi insediamenti urbani in Puglia, essendo primaria fonte idrica per il soddisfacimento delle esigenze vitali della popolazione. Il caso di Corato è rappresentativo per numerosi comuni interni della Puglia, in particolare della Murgia.

Prima dell'arrivo dell'Acquedotto Pugliese, Corato attingeva le acque di falda tramite pozzi a scavo, profondi pochi metri e realizzati abbastanza agevolmente, date le caratteristiche litotecniche delle sabbie e dei relativi livelli maggiormente diagenizzati.

I dati demografici dell'ISTAT (https://www.istat.it) relativi al 1911 indicano la presenza a Corato di 45.000 abitanti. Ipotizzando un fabbisogno minimo vitale di 12 L/giorno per abitante, si stima al 1911 un fabbisogno di 178.000 L/anno, quasi pari e comunque in eccesso rispetto alla ricarica del locale acquifero superficiale, stimata da Nicotera ed Abruzzini (1964) pari a 170.000 L/anno. La stima dei prelievi trascura i prelievi per scopi irrigui o per altre attività produttive, tra cui la cura del bestiame. Quindi, è più che plausibile che gli ingenti prelievi, necessari al sostentamento della popolazione, impedivano che i livelli piezometrici aumentassero in modo da creare problemi alle opere di fondazione e agli spazi sotterranei urbani. In verità, è molto probabile che nei primi anni del secolo scorso si osservasse un trend calante della disponibilità delle acque sotterranee locali.

A partire dal 1916, la progressiva entrata in funzione dell'Acquedotto Pugliese modificò radicalmente la situazione. La comparsa delle prime fontane pubbliche, che erogavano sufficienti quantità di acqua di ottima qualità, e la progressiva distribuzione idrica permessa dall'arrivo dell'acquedotto, ebbero come effetto indiretto il graduale abbandono dei pozzi e il calo drastico dei prelievi.

I problemi dovuti all'innalzamento piezometrico si ebbero presto, in particolare dal 1919 al 1922 (Nicotera ed Abruzzini, 1964).

Il I maggio del 1922 si percepì un primo grande boato, dovuto al crollo di edifici, a cui seguirono altri crolli nei giorni successivi. La falda idrica, in effetti, si era innalzata fino ad alcuni metri, allagando i vani interrati di molte abitazioni e soprattutto compromettendo la stabilità delle fondazioni. Non si registrarono vittime in quanto il disastro avvenne gradualmente e gli abitanti furono rapidamente evacuati.

A rendere più gravi le condizioni idrogeologiche contribuirono anni particolarmente piovosi. Considerando la stazione pluviometrica più significativa, ovvero quella di Andria (Regione Puglia, Sezione Protezione Civile, Centro Funzionale Decentrato), e i relativi dati dal 1921 al 2020, nel 1921 si registrò un totale annuo pari al secondo massimo assoluto.

Al contempo, è plausibile che le perdite idriche, conseguenti l'erogazione idrica dell'acquedotto, sia dalla rete di distribuzione che dagli scarichi idrici, abbiano ulteriormente finito per ravvenare l'acquifero superficiale (Cherubini, Romanazzi, 2005).

La banca dati del CNR denominata Aree Vulnerate Italiane (AVI-CNR), basata principalmente sulla consultazione di quotidiani, ha registrato più di un evento dannoso dal 1921 al 1954 (Tab. 1).

Tra il 1954 e 1955 si registrano piogge annue pari al I e al III massimo annuale, con riferimento alla stazione pluviometrica di Andria.

Passando ai tentativi di controllare l'innalzamento piezometrico e limitare rischi e danni, a seguito dell'evento catastrofico del 1922, furono realizzati i primi interventi con il D.L. 27.06.1922 n. 889. Furono trivellati 90 pozzi assorbenti che, attraversando tutto lo spessore delle formazioni pliopleistoceniche, raggiungevano il sottostante calcare fratturato e carsificato, costituente l'acquifero profondo, con lo scopo di smaltire in profondità le acque dell'acquifero superficiale (Nicotera ed Abruzzini, 1964).

L'intervento non risolse la problematica; negli anni successivi si ebbero diverse manifestazioni dell'innalzamento piezometrico, soprattutto in concomitanza con periodi di precipitazioni intense, con effetti non sempre eclatanti e quindi non censiti dai quotidiani (Tab. 1). Ciò accadeva nonostante la manutenzione di alcuni pozzi e la perforazione di nuovi pozzi assorbenti in sostituzione di quelli irrimediabilmente intasati (Nicotera ed Abruzzini, 1964).

Dopo gli eventi del 1954, fu emanata la legge n. 1320/1955 che consentì di realizzare trincee drenanti e pozzi assorbenti nella periferia sud-occidentale dell'abitato e la bitumazione delle strade interne all'abitato, per ridurre al massimo l'infiltrazione delle acque piovane. Tali opere diedero inizialmente buoni risultati, ma, già negli anni sessanta, i problemi precedentemente citati si ripresentarono, generando ulteriori danni (Cherubini, Romanazzi, 2005).

Numerosi studi e approfondimenti hanno cercato ulteriori concause e possibili soluzioni. Si è notato la presenza, in spazi sotterranei del centro storico, di cisterne idriche con

DATA	DESCRIZIONE
07/08/1921	Infiltrazioni di acqua dal sottosuolo provocano danni. Una cinquantina di edifici inabitabili.
01/05/1922	DISASTRO (una sintesi nel testo)
17/02/1954	Piogge incessanti causano l'allagamento di alcuni bassi e il crollo di un'abitazione. Circa 30 sfollati. Scuola allagata.
23/04/1954	Cittadini preoccupati; cantine sommerse; le fondazioni si indeboliscono.
18/11/1954	Piogge record, allagamenti nell'abitato e nelle campagne e innalzamento della falda. Crollo di una casa, altre lesionate, diversi sfollati.

Tabella 1 - Cronologia degli eventi estremi avvenuti nell'abitato di Corato (AVI – CNR).

pareti non perfettamente impermeabili e in grado di scaricare, per troppo pieno, sempre nella falda superficiale. Un'altra concausa sarebbe ascrivibile all'effetto di sbarramento al flusso delle fondazioni dei nuovi fabbricati, in grado di tagliare l'intero spessore dell'acquifero superficiale e di determinare localizzati ma rilevanti innalzamenti piezometrici (Cherubini, Romanazzi, 2005).

Infine, per la salvaguardia dell'abitato, fu studiato un progetto, non realizzato, che prevedeva una nuova trincea drenante, da realizzarsi a monte, più ampia e profonda di quella preesistente, collegata con una condotta di scarico verso compluvi naturali, la realizzazione di altri pozzi profondi e un sistema di monitoraggio della falda (Cherubini, Romanazzi, 2005).

4. PROPOSTE PER IL CASO "CORATO"

Facendo riferimento alle migliori esperienze maturate a scala globale, in parte riassunte nell'introduzione, e alla conoscenza del caso specifico di Corato, è possibile formulare delle proposte schematiche, con il fine ultimo di contenere l'innalzamento piezometrico al di sotto del livello critico in grado di creare effetti negativi.

Puntando sulle conoscenze ad oggi acquisite, eventualmente integrate da specifiche campagne di indagine e cicli di monitoraggio di affinamento, sarebbe estremamente utile realizzare un modello idrogeologico numerico del sottosuolo di Corato con cui simulare i fenomeni chiave in atto e gli effetti dei possibili interventi, per scegliere i più efficaci, e guidare la relativa progettazione.

In tale contesto, possibili accorgimenti e interventi potrebbero essere scelti tra le seguenti proposte.

1) Eliminazione delle perdite idriche dalle reti o puntuali.
2) Installazione di un "terzo" tubo di drenaggio. Installato lungo il tracciato delle reti di fogna e di acquedotto, il terzo tubo dovrebbe essere progettato per drenare le acque durante l'innalzamento piezometrico o anche quelle dovute alle perdite delle reti, veicolando le acque a punti di raccolta o di smaltimento.
3) Trincea drenante che intercetti il flusso della falda nella parte centrale dell'abitato.
4) Installazione di pozzi di pompaggio dalla falda superficiale. Definita la migliore posizione di questi pozzi, da porsi nei punti di maggiore criticità, in esito dell'apposita modellazione numerica tridimensionale del flusso della falda, gli stessi potrebbero funzionare solo a seguito di piogge intense, attivandosi in modo intelligente anche grazie ai rilievi di un apposito pluviometro e di sensori piezometrici automatici, da installarsi nell'area urbana. L'acqua emunta sarebbe riutilizzata per usi secondari (giardini pubblici, lavaggio superfici pubbliche, etc…), in un'ottica futura di piena sostenibilità e adattamento ai cambiamenti climatici.
5) Studio dell'effetto del verde pubblico e possibile rimboschimento o estensione di aree verdi (rinverdimento) nei luoghi in cui l'apparato radicale possa agire sulla superficie piezometrica o con lo scopo di contenere naturalmente l'infiltrazione.
6) Prescrizioni in merito alle modalità di realizzazione delle fondazioni, in modo che raggiungano il calcare senza creare ostacolo alla falda.

5. DAL PARTICOLARE AL GENERALE: EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Tornando dal particolare al generale, può essere utile una visione più ampia riguardo la disponibilità di acque sotterranee in Puglia.

Se è vero, come emerso nel caso di Corato, che in diverse località dell'Italia meridionale sono stati osservati anni particolarmente piovosi, a partire dal 1921, le tendenze in atto sono molto diverse.

Selezionati 126 pluviometri situati nel sud Italia, sono state analizzate le serie temporali di piovosità del periodo 1921-2001, per il quale sono disponibili dati affidabili e privi di lacune (Polemio, Casarano, 2004). Lo scopo era quello di caratterizzare l'effetto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità delle risorse idriche, con particolare attenzione alle risorse idriche sotterranee. In questo periodo si è osservato un andamento decrescente delle precipitazioni annue su oltre il 96% del territorio (Fig. 4).

È stata determinata la retta trend per ciascuna serie temporale delle precipitazioni per il periodo di riferimento. La pendenza di tale linea, in termini di coefficiente angolare, è rappresentativa dell'andamento annuale delle precipitazioni. L'analisi spaziale del coefficiente angolare mostra che il 96,8% dell'area di studio è interessata da un trend negativo (Fig. 5). Sono state osservate tendenze decrescenti per 114 serie (90%); il minimo del coefficiente angolare, ovvero il calo più grave, è risultato pari a circa -9 mm/anno.

Confrontando Fig. 4 e Fig. 5, si nota che le aree con una piovosità media annua bassa, inferiore a 600 mm, per lo più situate in Puglia, mostrano un trend decrescente medio spaziale di circa -0,75 mm/anno.

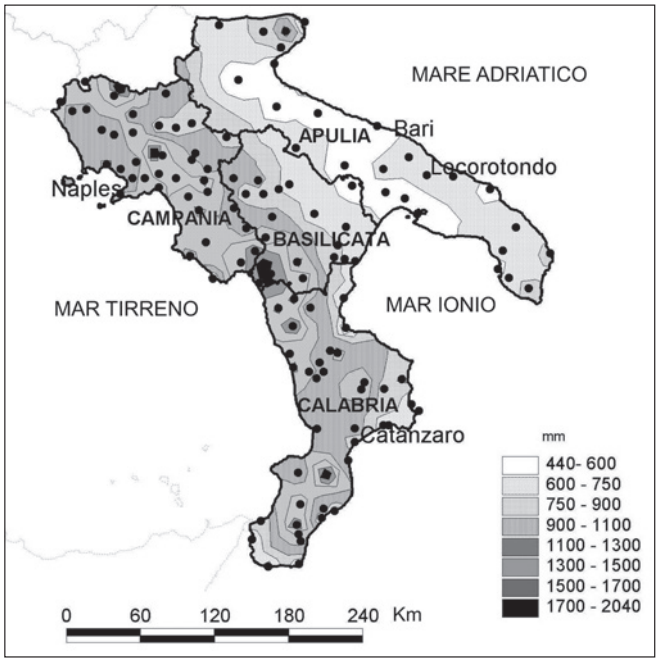


Figura 4 - Stazioni pluviometriche selezionate e piovosità media annua (1921-2001, da Polemio, Casarano, 2004).

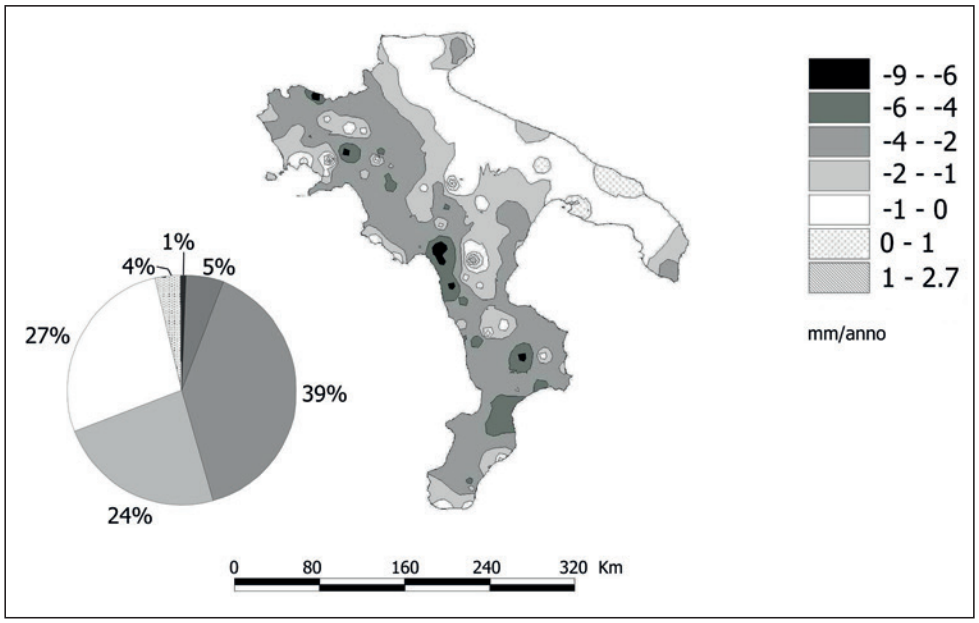


Figura 5 - Andamento delle precipitazioni annue come coefficiente angolare della retta di regressione (1921-2001) e grafico a torta delle classi di andamento delle precipitazioni e dell'area interessata (da Polemio, Casarano, 2004).

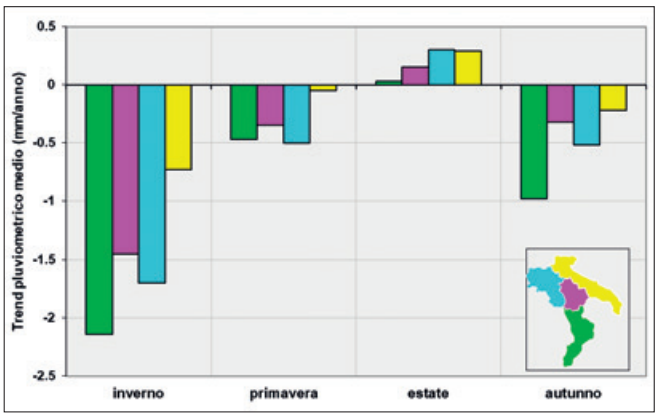


Figura 6 - Tendenza della piovosità stagionale.

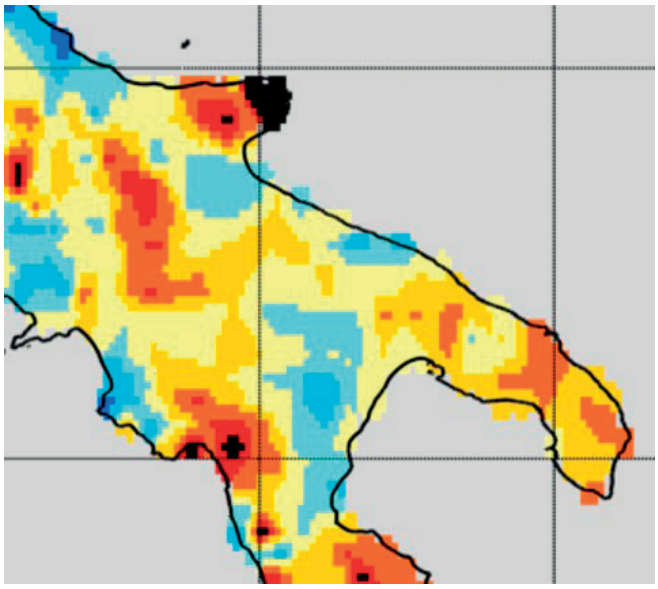


Figura 7 - Scarto dalla media del periodo 2007-2021 della piovosità cumulata stimata (mm) da satellite nel periodo 09/21-06/22 (CNR-IRPI, Gruppo di Ricerca di Idrologia).

Dall'analisi delle serie storiche è emerso che questo trend è diventato più evidente dopo il 1980, periodo caratterizzato da due gravi siccità (1988-1992 e 2000-2001). In particolare, dopo il 1980 è stato riscontrato un significativo deficit di precipitazioni invernali.

Dall'analisi su base stagionale è risultato infatti che la tendenza al calo pluviometrico è concentrata prevalentemente nella stagione invernale (Fig. 6). Il trimestre dicembre-febbraio, mediamente il più piovoso su gran parte dell'area esaminata, determina da solo, su base regionale, almeno il 75% della tendenza negativa complessiva. Il deficit di precipitazioni riscontrato negli ultimi 20 anni deriva prevalentemente dal mancato contributo delle precipitazioni invernali.

In ogni caso, per valutare il reale impatto di questo andamento delle precipitazioni sulle risorse idriche, bisogna considerare l'effetto delle effettive variazioni dell'evapotraspirazione.

Questo aspetto, insieme all'occorrenza di temperature superiori alla media, fa sì che la piovosità efficace presenti dei cali tendenziali in percentuale maggiori di quelli calcolati per la piovosità. La maggiore evapotraspirazione rende, infatti, ininfluente il contributo delle precipitazioni estive, quasi ovunque in controtendenza in quanto con trend positivi, generalmente dovute a brevi eventi di notevole intensità.

Le tendenze osservate fino al 2001 hanno registrato qualche leggero miglioramento negli anni successivi pur se il prevalente trend negativo della piovosità è da considerarsi oramai certo e consolidato, nel contesto del cambiamento climatico in atto, come peraltro confermato anche dalle osservazioni più recenti. Ad esempio, se si compara la piovosità osservata nei primi mesi 10 mesi dell'anno idrologico 2021-2022 con l'andamento medio del periodo 2007-2021 (Fig. 7), si osserva ancora una volta il netto prevalere dei decrementi pluviometrici in Puglia e, in minor misura, nella porzione di Italia meridionale rappresentata.

Le tendenze del cambiamento climatico mostrano quindi una spiccata tendenza al calo della piovosità e della ricarica.

Al contempo, la crescente domanda idrica, prevalentemente guidata dalle attività produttive, molto vivaci soprattutto nel settore turistico e agricolo, richiedono un poderoso intervento in termini sia di gestione delle risorse idriche sia di futuro adattamento al cambiamento globale, salvo si voglia assistere al progressivo impoverimento quantitativo e qualitativo dei corpi idrici sotterranei, a partire dai più esposti, come nel caso del Salento (Romanazzi *et al*., 2015).

BIBLIOGRAFIA

Allocca V., Celico P. (2008) - *Scenari idrodinamici nella piana ad Oriente di Napoli (Italia), nell'ultimo secolo: cause e problematiche idrogeologiche connesse*. Giornale di Geologia Applicata 2008, 9 (2) 175-198.

Beretta G.P., Avanzini M. (1999) - *La gestione sostenibile del sollevamento della falda a Milano ed hinterland*. L'acqua, n.1-2, Roma.

Canali L. (1963) - *Indagine sulle cause del sovralzamento della falda freatica di Corato*. Ministero dei lavori Pubblici.

Cherubini C., Romanazzi E. (2005) - *Il problema del sovralzamento della falda freatica in Corato*. Giornale di Geologia Applicata 2 (2005) 383-386.

Ciaranfi N., Pieri P., Ricchetti G. (1988) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*; Mem. Soc. Geol. It, 41 pp. 449-460.

Colamonico C. (1920) - *Contributo allo studio delle acque freatiche in* Puglia (le *falde idriche di Acquaviva).* Boli. Stat. Amm. Comune Bari, V (5), pp. I-XVI, Bari.

Cotecchia V., Grassi, D., Polemio M., (2005). *Carbonate aquifers in Apulia and seawater intrusion.* Giornale di Geologia Applicata, v. 1, p. 219-231.

Doglioni, A., Simeone V. (2017) - *Evolutionary modeling of response of water table to precipitations.* Journal of Hydrologic Engineering, 22(2).

Maggiore M., Pagliarulo P. (2004) - *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici degli acquiferi della Puglia*. Geologi e Territorio, v. 1, p. 13-35.

Maggiore M., Pagliarulo P., Reina A., Walsh N. (1995) - *La vulnerabilità di alcuni centri urbani della Puglia in relazione ai fenomeni di instabilità dei terreni di fondazione nei depositi di copertura quaternari*. Geol. Appl. e Idrogeol., 30 (1), pp. 471-479.

Maggiore M. (1981) - *Note illustrative alla geologia del sud-est barese*. Il popolamento antico del sud-est barese, Ed. Colucci, Monopoli (BA).

Nazioni Unite (2022) - *Rapporto mondiale delle Nazioni Unite sullo sviluppo delle risorse idriche 2022. Acque sotterranee: rendere visibile la risorsa invisibile*. UNESCO, Parigi.

Nicotera G., Abruzzini E. (1964) - *Il sovralzamento della falda freatica di Corato (Bari).* Geotecnica N° 2 pp. 1-11.

Polemio M., Casarano, D., Limoni, P.P. (2009) - *Karstic aquifer vulnerability assessment methods and results at a test site (Apulia, southern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 9, p. 1461-1470.

Polemio M., Casarano D. (2004) - *Rainfall and drought in southern Italy (1821-2001)*. IAHS-AISH publication 286 (2004): 217-227.

Polemio M., Dragone V., Limoni P. P. (2011) - *La disponibilità di acque sotterranee in Puglia negli ultimi 80 anni*. In M. Polemio (A cura di), Le modificazioni climatiche e i rischi naturali (pp. 201–204). CNR IRPI.

Polemio M., Zuffianò L. E. (2020) - *Review of Utilization Management of Groundwater at Risk of Salinization*. Journal of Water Resources Planning and Management, 146(9), 20.

Ranieri L. (1950) - *Lo stato attuale delle conoscenze sulle acque sotterranee della regione Pugliese.* Sezione Idrografica di Bari. Giugno 1950.

Ranieri L. (1948) - *Il sovralzamento delle falde freatiche in terra di Bari*. L'Acqua. Fasc 1-3 1948.

Ricchetti E., Polemio M. (1996) - *L'acquifero superficiale del territorio di Brindisi: Dati geoidrologici diretti e immagini radar da satellite*. Mem. Soc. Geol. It., 51, 1059-1074.

Rasmussen P., Kidmose J., Kallesoe A.J., Sandersen P.B.E., Schneider R., Torben O. Sonnenborg T.O. (2023) - *Evaluation of adaptation measures to counteract rising groundwater levels in urban areas in response to climate change.* Hydrogeology Journal. 31:35-52.

Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Mongelli F., Pieri P. (1988) - *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampaese apulo*. Mem. Soc. Geol. It., 41. P.T.A. Regione Puglia, approvato nel 2009.

Romanazzi A., Gentile F., Polemio, M. (2015) - *Modelling and management of a Mediterranean karstic coastal aquifer under the effects of seawater intrusion and climate change*. *Environmental Earth Sciences*, *74*(1), 115-128.

Virgilio F. (1900) - *Geomorfogenia della provincia di Bari,* Tipografia Vecchi, Trani (BA).

Zuffianò L. E., Limoni P. P., De Giorgio G., Polemio M. (2020) - *Natural Groundwater Background Levels of Nitrate and Landfill Effects (Apulia, Southern Italy)*. In M. De Maio & A. K. Tiwari (A cura di), Applied Geology: Approaches to Future Resource Management (pp. 61-69). Springer International Publishing.

n° 1/2023 - pagg. 25-36

IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI COME STRUMENTO DI SUPPORTO ALLE POLITICHE AMBIENTALI REGIONALI

Andrea Zotti

Dirigente Sezione Risorse Idriche - Dipartimento Bilancio, Affari Generali e Infrastrutture - Regione Puglia
a.zotti@regione.puglia.it

1. PREMESSA

"L'acqua non è un prodotto commerciale al pari degli altri, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale".

Questo inciso, che rinviene dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE), sottolinea l'importanza della tutela del patrimonio idrico, tanto più in un periodo in cui l'influenza dei cambiamenti climatici e la crisi idrica fanno sentire pesantemente i propri effetti.

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) della regione Puglia, introdotto dal D.Lgs. 152/2006 in recepimento della Direttiva 2000/60/CE, rappresenta lo strumento che disciplina il governo delle acque sul territorio: uno strumento dinamico di conoscenza e pianificazione, che ha come obiettivo la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi delle risorse idriche, al fine di perseguirne un utilizzo sano e sostenibile.

Base fondamentale per la redazione e l'aggiornamento del PTA, nonché per la valutazione dell'efficacia del programma di misure ivi previste, è rappresentata dal monitoraggio che è attualmente realizzato nella nostra regione attraverso il "Programma di Monitoraggio qualitativo dei corpi idrici superficiali (CIS)" e, con specifico riferimento alle acque sotterranee, attraverso il "Programma di Monitoraggio qualitativo e quantitativo dei Corpi Idrici Sotterranei (Progetto Maggiore).

I risultati del primo e del secondo ciclo triennale di monitoraggio dei corpi idrici superficiali (CIS) (monitoraggi effettuati rispettivamente nel periodo settembre 2010 - marzo 2014 e nel triennio 2016 - 2018) e il monitoraggio condotto in ambito del "Progetto Maggiore" a partire dal 2016, hanno consentito di effettuare le classificazioni periodiche dello Stato Ecologico (SE) e dello Stato Chimico (SC) dei corpi idrici superficiali, sulla base delle indicazioni riportate nel Decreto 260/2010, e una valutazione preliminare dello stato chimico (relativamente al triennio 2016-2018) e dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei regionali (per il sessennio 2016-2021). Dette valutazioni preliminari sono attualmente in fase di aggiornamento e consentiranno di indirizzare e affinare ulteriormente le misure necessarie a tutelare il patrimonio idrico pugliese.

2. OBIETTIVI COMUNITARI E STRUMENTI DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN MATERIA DI ACQUE: IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE (PTA)

La Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque – DQA) istituisce un'azione comune per la protezione delle acque (superficiali interne, di transizione, costiere e sotterranee) all'interno della più complessa politica ambientale comunitaria e si propone di "*fornire i meccanismi atti ad affrontare gli ostacoli al miglioramento dello stato delle acque […] al fine di preparare le strategie opportune per superarli*".

La DQA ha l'obiettivo principale di prevenire e ridurre l'inquinamento delle acque attraverso l'introduzione di elementi atti a promuovere i concetti portanti della gestione sostenibile delle risorse idriche e stabilisce dei criteri ambientali di prevenzione, tutela, risanamento ed usi sostenibili della risorsa idrica al fine di: evitare l'ulteriore degrado e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici; garantire la disponibilità futura delle risorse e gli usi prioritari; minimizzare l'inquinamento e tutelare la qualità dei corpi idrici; ridurre i rischi di inondazioni e siccità.

La Direttiva 2000/60/CE è stata recepita in Italia attraverso il D.Lgs. 152/2006 - Parte III e relativi Decreti attuativi, che recano le specifiche tecniche di riferimento. Il D.Lgs. 152/2006, che persegue la salvaguardia, la tutela e il miglioramento della qualità ambientale delle risorse idriche, individua gli "obiettivi di qualità ambientale" che le Regioni sono chiamate a perseguire entro orizzonti temporali ben precisi e sancisce il ruolo fondamentale della pianificazione e del monitoraggio, quali strumenti guida dell'azione di tutela.

Gli atti, introdotti dal D.Lgs. 152/2006, che disciplinano il governo delle acque sul territorio, sono rappresentati dai "Piani di Gestione", a scala di Distretto Idrografico, e dal Piano di Tutela delle Acque (PTA), a scala regionale.

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) della regione Puglia ha come obiettivo la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi delle risorse idriche del territorio regionale, al fine di perseguirne un utilizzo sostenibile, in grado di assicurare l'equilibrio tra la sua disponibilità naturale e i fabbisogni della comunità. In estrema sintesi, esso contiene i risultati dell'analisi conoscitiva, l'elenco dei corpi idrici e delle aree protette, la caratterizzazione dei corpi idrici, la sintesi delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dalle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sotterranee, i risultati delle attività di monitoraggio relative alla risorsa acqua. Individua, inoltre, gli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici e gli interventi finalizzati al loro raggiungimento o mantenimento, oltreché le misure necessarie alla tutela complessiva dell'intero sistema idrico.

Considerato il carattere dinamico dei contenuti del PTA, la normativa di settore prevede che le sue revisioni e aggiornamenti debbano essere effettuati ogni sei anni.

Il processo di pianificazione che sottende la redazione e i successivi aggiornamenti del PTA *è* un processo ciclico

che si sviluppa attraverso le fasi di analisi conoscitiva, analisi delle pressioni e degli impatti, classificazione e analisi di rischio, individuazione degli obiettivi di qualità ambientale e del programma delle misure necessarie per il loro raggiungimento. L'intero processo di pianificazione ruota attorno al monitoraggio che, sulla base dei nuovi elementi di conoscenza acquisiti, dà impulso all'avvio di un nuovo ciclo (Fig. 1).

Il monitoraggio, che riguarda sia lo stato quali-quantitativo delle risorse idriche sia lo stato di attuazione delle misure programmate, consente pertanto di effettuare le opportune valutazioni sull'efficacia del programma di misure adottate e, quindi, di confermare o rimodulare le misure e le strategie di Piano (Fig. 2).

Il PTA della regione Puglia è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 230 del 20/10/2009 e, allo stato attuale, con Deliberazione della Giunta Regionale n. 1521 del 7 novembre 2022, è stato definitivamente adottato l'Aggiornamento di Piano relativo al ciclo 2015-2021.

Come già accennato in linea generale, la base dell'aggiornamento del PTA regionale trova le sue fondamenta nel programma di monitoraggio delle acque superficiali e delle acque sotterranee realizzato dalla Regione Puglia.

La fase di aggiornamento, partendo da studi sviluppati in ambito regionale inerenti l'identificazione e caratterizzazione dei corpi idrici superficiali e sotterranei, ha riguardato principalmente l'analisi delle pressioni e degli impatti generati dalle attività antropiche insistenti sui corpi idrici regionali, responsabili del peggioramento del loro stato tale da pregiudicarne il raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dalla Direttiva 2000/60/CE. I risultati delle analisi delle pressioni, degli impatti da esse generati e del loro livello di significatività, individuati sulla base degli esiti dei monitoraggi ambientali condotti, hanno fornito il nuovo quadro conoscitivo di riferimento impiegato per il riesame ed aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque regionale.

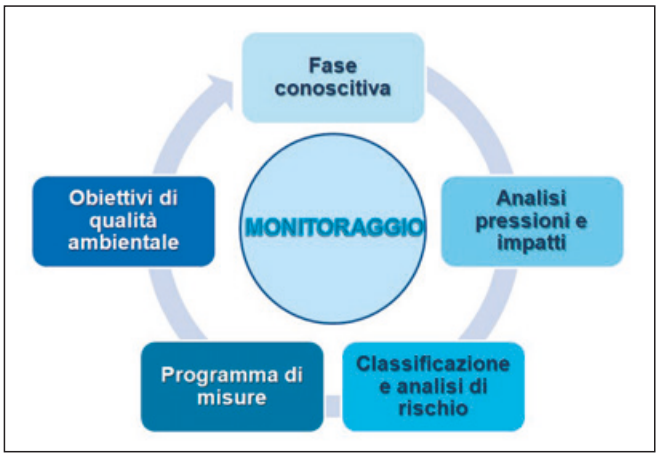


Figura 1 - Fasi di sviluppo per la redazione e l'aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque.

3. QUADRO NORMATIVO PER LA DEFINIZIONE DEI PROGRAMMI E DELLE RETI DI MONITORAGGIO

L'obiettivo del monitoraggio è quello di stabilire un quadro generale coerente ed esauriente dello Stato di Qualità delle acque all'interno di ciascun bacino idrografico contribuendo, inoltre, a validare l'analisi delle pressioni e di rischio, verificare gli impatti e l'efficacia delle misure adottate.

La corretta definizione dei programmi e delle reti di monitoraggio delle acque deve seguire i principi sia normativi che tecnici dettati da una serie di direttive comunitarie e relativi decreti di recepimento da parte del nostro Paese. Tra questi ultimi ricordiamo in particolare:

- Decreto Tipizzazione D.M. 131/2008 - Regolamento recante "i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione corpi idrici, analisi delle pressioni)", che modifica gli Allegati 1 e 3 della Parte Terza del D.Lgs. 152/2006;
- Decreto Monitoraggio D.M. 56/2009 - Regolamento recante "i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo";
- Decreto Classificazione D.M. 260/2010 - Regolamento recante "i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme

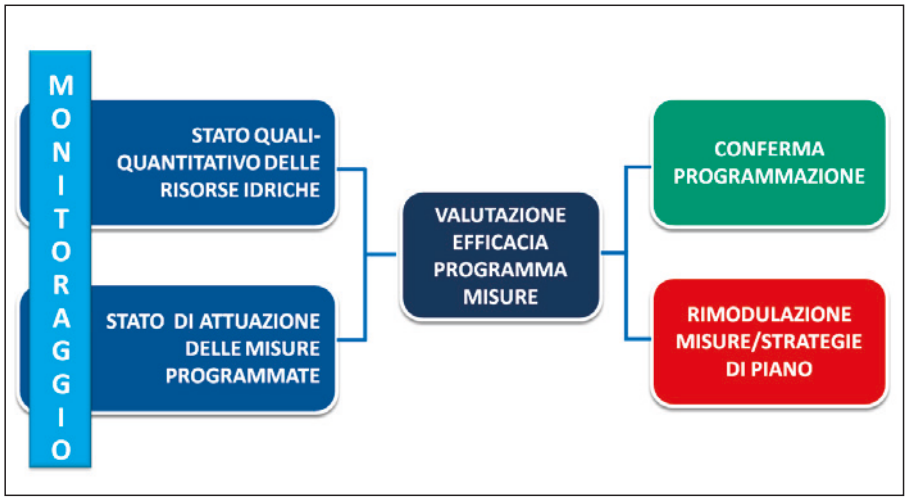


Figura 2 - Monitoraggio delle risorse e del programma di misure del Piano di Tutela delle Acque.

tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo";

- Decreto MATTM 156/2013 - Regolamento recante "i criteri tecnici per l'identificazione dei corpi idrici artificiali e fortemente modificati per le acque fluviali e lacustri, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo";
- D.Lgs. 172/2015 di "Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica la direttiva 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque", con cui è stata adeguata la norma nazionale con riferimento agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) per il monitoraggio e la classificazione dello stato chimico delle acque superficiali;
- D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30, recante l'"Attuazione della Direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento".

Ai sensi del D.Lgs. 152/2006, Allegato I – come modificato dal D.M. 260/2010 – che stabilisce i criteri per il "Monitoraggio e Classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale", la programmazione del monitoraggio dei corpi idrici superficiali e sotterranei avviene per cicli sessennali, strettamente connessi ai cicli della programmazione dei Piani di Tutela delle Acque.

4. MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO E CHIMICO DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI

I piani di monitoraggio regionali delle acque superficiali sono stati condotti a seguito degli studi finalizzati alla individuazione dei corpi idrici superficiali pugliesi essendo il corpo idrico l'unità fondamentale su cui condurre il monitoraggio stesso.

Gli studi avviati dalla Regione Puglia nel 2010 hanno consentito di tipizzare, identificare e caratterizzare i corpi idrici superficiali pugliesi in ottemperanza ai dettami del D.M. 131/2008.

Sono stati individuati (D.G.R. n. 2844 del 20 dicembre 2010):

- 41 corpi idrici della categoria fiumi;
- 6 corpi idrici della categoria laghi/invasi;
- 39 corpi idrici della categoria acque marino costiere;
- 12 corpi idrici della categoria acque di transizione.

L'attività di identificazione dei corpi idrici regionali è stata quindi completata associando a ciascuno corpo idrico individuato la relativa classe di rischio di mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità, come di seguito riportato:

- 20 corpi idrici a rischio;
- 65 corpi idrici probabilmente a rischio;
- 13 corpi idrici non a rischio.

Relativamente a tale classificazione, sono stati provvisoriamente classificati come "probabilmente a rischio" i corpi idrici per i quali non esistevano dati sufficienti sulle attività antropiche e sulle pressioni o per i quali, pur essendo nota l'attività antropica, non risultava possibile la valutazione dell'impatto provocato dall'attività stessa (per mancanza di un monitoraggio pregresso sui parametri ad essa correlati ovvero sulla base di giudizio esperto in relazione ai risultati dei monitoraggi pregressi).

Nella tabella 1 (Tab. 1) sono riportate le classi di rischio per le varie categorie di corpi idrici.

Il processo di aggiornamento dell'identificazione e classificazione dei corpi idrici superficiali passa attraverso l'aggiornamento dello stato delle pressioni, esercitate della attività antropiche ricadenti all'interno del bacino idrografico di ciascun corpo idrico individuato, e dei relativi impatti che le stesse possono generare sullo stato ambientale della risorsa idrica.

Le principali modifiche apportate per l'Aggiornamento di Piano relativo al ciclo 2015-2021 riguardano essenzialmente l'identificazione preliminare dei Corpi Idrici Fortemente Modificati e Artificiali, così come proposti da uno studio condotto da ARPA Puglia e approvato con D.G.R. n. 1951 del 3 novembre 2015, successivamente integrata con D.G.R. n. 2429 del 30 dicembre 2015.

Ai sensi del D.M. 260/2010, la programmazione del monitoraggio dei corpi idrici superficiali (CIS) avviene per cicli sessennali – strettamente connessi ai cicli della programmazione dei Piani di Tutela delle Acque – e si articola in monitoraggio di sorveglianza e monitoraggio operativo (in base alla valutazione del rischio di non raggiungimento degli obiettivi ambientali prefissati), monitoraggio di indagine limitato a casi specifici di approfondimento, nonché monitoraggio delle acque a specifica destinazione funzionale.

La definizione dei programmi di monitoraggio comprende anche l'attribuzione dei corpi idrici alle diverse reti di monitoraggio mediante l'individuazione delle stazioni di campionamento. La stessa è soggetta a modifiche e aggiornamenti, al fine di tenere conto delle variazioni dello stato dei corpi idrici, ad eccezione della "rete nucleo", che non subisce variazioni negli anni e nell'arco dei successivi Piani di Gestione.

Il D.M. 260/2010 indica, inoltre, le procedure per la classificazione dello Stato Ecologico (SE) e dello Stato Chi-

Categoria di corpo idrico	Classe di rischio		
	A rischio	Probabilmente a rischio	Non a rischio
Acque marino costiere		34	5
Fiumi	8	25	8
Acque di transizione	10	2	
Laghi/Invasi	2	4	
Totale	**20**	**65**	**13**

Tabella 1 - Caratterizzazione dei corpi idrici superficiali: classi di rischio per categoria di corpi idrici.

mico (SC) dei corpi idrici superficiali. Nel monitoraggio di Sorveglianza la classificazione è prodotta al termine dell'anno di monitoraggio; nel caso del monitoraggio Operativo al termine del triennio.

Si riporta di seguito uno schema sintetico dei passaggi previsti dal citato decreto per la definizione dello SE e dello SC (Fig. 3).

In sintesi:

- lo "Stato Ecologico" è espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali;
- lo Stato Chimico di ogni corpo idrico superficiale (CIS) viene attribuito in base alla conformità dei dati analitici di laboratorio rispetto agli Standard di Qualità Ambientale fissati per un gruppo di sostanze pericolose inquinanti, definite "prioritarie" e specificate nella Tab.1/A-DM 260/2010.

La Regione Puglia ha assicurato il monitoraggio dei corpi idrici (C.I.) superficiali ai sensi del D.M. 260/2010 a partire dal 2010 fino a tutto il 2015, affidandone l'esecuzione ad ARPA Puglia (rif. Delibere di Giunta Regionale n. 1640 del 12/07/2010, n. 1255 del 19/06/2012, n. 1914 del 15/10/2013, n.1693 del 01/08/2014 e n.1666 del 25/09/2015).

I risultati del primo ciclo triennale di monitoraggio sono sintetizzati come segue:

- per i C.I. della categoria "Corsi d'Acqua/fiumi", lo Stato Ecologico risulta "Buono" nel 10,5% dei casi (4 C.I.), "Sufficiente" nel 23,7% dei casi (9 C.I.), "Scarso" nel 55,3% dei casi (21 C.I.) e "Cattivo" nel 10,5% dei casi (4 C.I.) mentre lo Stato Chimico evidenzia uno stato "Buono" nel 57,9% dei casi (22 C.I.) e un "Mancato conseguimento dello stato buono" nel 42,1% dei casi (16 C.I.).

Tra i complessivi 38 C.I. monitorati, 18 presentano congruenti valutazioni tra lo Stato Ecologico e quello Chimico (il 47,4%), e tra questi solo 3 raggiungono lo stato "Buono" per entrambe le classificazioni;

- per i C.I. della categoria "Laghi/Invasi", lo Stato Ecologico risulta "Buono" nel 50,0% dei casi (3 C.I.) e "Sufficiente" nel 50,0% dei casi (3 C.I.), mentre lo Stato Chimico evidenzia uno stato "Buono" nel 66,7% dei casi (4 C.I.) e un "Mancato conseguimento dello stato buono" nel 33,3% dei casi (2 C.I.).

Tra i complessivi 6 C.I. monitorati, 5 presentano congruenti valutazioni tra lo Stato Ecologico e quello Chimico (l'83,3%), e tra questi 3 raggiungono lo stato "Buono" per entrambe le classificazioni;

- per i C.I. della categoria "Acque di Transizione", lo Stato Ecologico risulta "Sufficiente" nel 33,3% dei casi (4 C.I.), "Scarso" nel 41,7% dei casi (5 C.I.) e "Cattivo" nel 25,0% dei casi (3 C.I.), mentre lo Stato Chimico evidenzia uno stato "Buono" nel 25,0% dei casi (3 C.I.) e un "Mancato conseguimento dello stato buono" nel 75,0% dei casi (9 C.I.).

Tra i complessivi 12 C.I. monitorati, 9 presentano congruenti valutazioni tra lo Stato Ecologico e quello Chimico (il 75,0%), e tra questi nessuno raggiunge lo stato "Buono" per entrambe le classificazioni;

- per i C.I. della categoria "Acque Marino-Costiere", lo Stato Ecologico risulta "Buono" nel 41,0% dei casi (16 C.I.), "Sufficiente" nel 56,4% dei casi (22 C.I.) e Scarso" nel 2,6% dei casi (1 C.I.), mentre lo Stato Chimico evidenzia uno stato "Buono" nel 48,7% dei casi (19 C.I.) e un "Mancato conseguimento dello stato buono" nel 51,3% dei casi (20 C.I.).

Tra i complessivi 39 C.I. monitorati, 28 presentano congruenti valutazioni tra lo Stato Ecologico e quello Chimico (il 69,2%), e tra questi 12 raggiungono lo stato "Buono" per entrambe le classificazioni.

L'aggiornamento del quadro delle pressioni gravanti sui corpi idrici superficiali, i risultati derivanti dal primo ciclo triennale di monitoraggio e l'aggiornamento della classe di rischio, hanno consentito di definire il nuovo Piano di Monitoraggio 2016-2021, fondato su basi conoscitive più consolidate, fornite dai dati sullo stato qualitativo della risorsa e dalle criticità specifiche emerse nel corso delle attività di valutazione del quadro pressioni/impatti.

Nella ridefinizione del Piano di monitoraggio si è proceduto alla individuazione dei potenziali Siti di Riferimento e alla identificazione dei Corpi Idrici che costituiscono la Rete Nucleo prevista dal D.M. 260/2010 per la valutazione

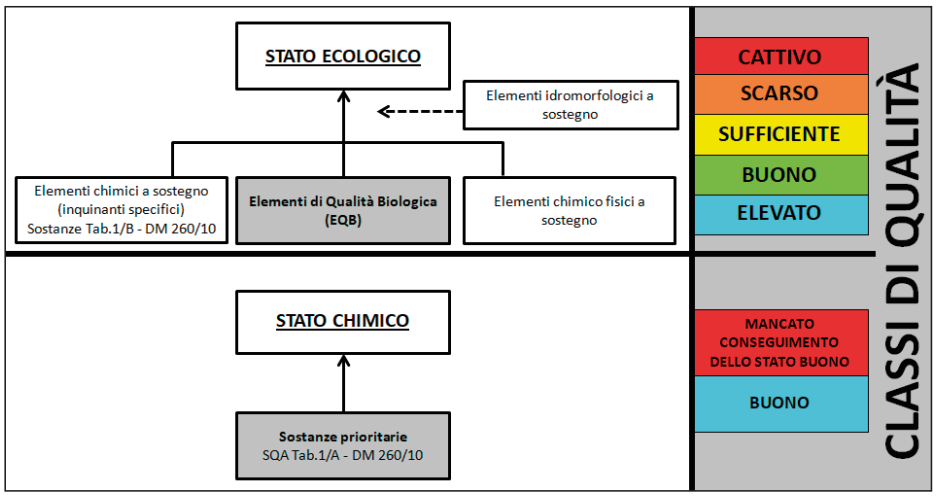


Figura 3 - Procedure per la classificazione dello Stato Ecologico (SE) e dello Stato Chimico (SC) dei corpi idrici superficiali.

delle variazioni a lungo termine dello stato di qualità in condizioni naturali o risultanti da una diffusa attività antropica (D.G.R. n. 2429 del 30 dicembre 2015), non ancora definiti nel triennio di monitoraggio precedente.

A valle degli esiti delle attività di monitoraggio annuali condotte nel periodo 2016-2018, ARPA Puglia ha trasmesso alla Sezione Risorse Idriche della Regione Puglia la "Relazione Triennale 2016-2018. Proposta di classificazione dei Corpi Idrici Superficiali della Regione Puglia", contenente la proposta di classificazione dello stato/potenziale ecologico e dello stato chimico dei corpi idrici superficiali per il triennio di riferimento, da cui emerge che:

- per i C.I. della categoria "Corsi d'Acqua/fiumi", lo Stato o Potenziale Ecologico risulta "Buono" nel 15,8% dei casi (6 C.I.), "Sufficiente" nel 39,5% dei casi (15 C.I.), "Scarso" nel 39,5% dei casi (15 C.I.) e "Cattivo" nel 5,3% dei casi (2 C.I.); lo Stato Chimico risulta "Buono" nel 60,5% dei casi (23 C.I.) e rileva un "Mancato raggiungimento dello stato Buono" nel 39,5% dei casi (15 C.I.).

Tra i complessivi 38 C.I. monitorati, 20 presentano valutazioni congruenti tra lo Stato o Potenziale Ecologico e quello Chimico (il 52,6%), e tra questi solo 5 presentano stato "Buono" in entrambe le classificazioni.

- per i C.I. della categoria "Laghi/Invasi", il Potenziale Ecologico risulta "Sufficiente" nel 100% dei casi (6 C.I.); lo Stato Chimico risulta "Buono" nell'83,3% dei casi (5 C.I.); solo l'invaso di Marana Capacciotti non ha conseguito lo Stato Chimico Buono a causa del superamento della media annua per il Piombo. Tale superamento però è riferito alla sola annualità 2017 (nel corso della quale la particolare situazione meteo climatica verificatasi non ha consentito il campionamento con la frequenza prevista dal Programma di monitoraggio) e non è confermato dagli esiti analitici degli anni successivi;
- per i C.I. della categoria "Acque di Transizione", lo Stato Ecologico risulta "Sufficiente" nel 91,7% dei casi (11 C.I.) e "Scarso" nel 8,3% dei casi (1 C.I.); lo Stato Chimico risulta "Buono" nel 25% dei casi (3 C.I.) e rileva un "Mancato raggiungimento dello stato Buono" nel 75% dei casi (9 C.I.).

Tra i complessivi 12 corpi idrici monitorati, 9 presentano valutazioni congruenti tra lo Stato o Potenziale Ecologico e quello Chimico (75.0%), e tra questi nessuno raggiunge lo stato "Buono" per entrambe le classificazioni.

- per i C.I. della categoria "Acque Marino-Costiere", lo Stato Ecologico risulta "Buono" nel 46,2% dei casi (18 C.I.) e "Sufficiente" nel 53,8% dei casi (21 C.I.); lo Stato Chimico risulta "Buono" nel 23,1% dei casi (9 C.I.) e rileva un "Mancato raggiungimento dello stato Buono" nel 76,9% dei casi (30 C.I.).

Tra i complessivi 39 C.I. monitorati, 18 presentano congruenti valutazioni tra lo Stato o Potenziale Ecologico e quello Chimico (il 46,2%), e tra questi 3 raggiungono lo stato "Buono" per entrambe le classificazioni.

Pertanto, è possibile valutare il trend sullo stato di qualità, ecologico e chimico, dei corpi idrici superficiali pugliesi, rispetto alla classificazione del precedente ciclo sessennale di monitoraggio, intervenuta con DGR n. 1952 del 03.11.2015, come schematizzato nelle tabelle 2 e 3 (Tab. 2 e Tab. 3).

Dall'analisi dei trend, si evidenzia una tendenza diffusa al mantenimento dello stato di qualità, con alcune eccezioni relative al peggioramento del potenziale ecologico degli invasi e dello stato chimico delle acque marino – costiere, oltre che un netto miglioramento dello stato ecologico per le acque di transizione, benché non sia stato ancora raggiunto il Buono Stato Ecologico.

Il programma di Monitoraggio qualitativo dei corpi idrici superficiali, a partire dal secondo semestre del 2018 è stato, inoltre, integrato con il monitoraggio dei residui dei prodotti fitosanitari, in attuazione del "Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari" adottato con Decreto interministeriale 22 gennaio 2014 ai sensi del D.Lgs. 150/2012.

Pertanto, allo stato attuale, il monitoraggio qualitativo dei CIS pugliesi si articola sulle seguenti reti:

- la rete di monitoraggio di sorveglianza;
- la rete di monitoraggio operativo;
- la rete nucleo;
- la rete di monitoraggio per le acque a specifica destinazione.

Trend dello Stato/Potenziale Ecologico (%) per categorie di acque				
Categorie	**Stazionario**	**Miglioramento**	**Peggioramento**	**Non confrontabile**
Corsi d'acqua	63	26	8	3
Invasi	50	-	50	-
Acque di transizione	25	67	8	-
Acque marino - costiere	82	13	5	-

Tabella 2 - Trend sullo stato di qualità ecologico dei C.I.S. pugliesi per categorie di acque.

Trend dello Stato Chimico (%) per categorie di acque				
Categorie	**Stazionario**	**Miglioramento**	**Peggioramento**	**Non confrontabile**
Corsi d'acqua	55	21	21	3
Invasi	50	33	17	-
Acque di transizione	66	17	17	-
Acque marino - costiere	38	18	44	-

Tabella 3 - Trend sullo stato di qualità chimico dei C.I.S. pugliesi per categorie di acque.

5. MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELLO STATO CHIMICO E QUANTITATIVO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

Come già per i corpi idrici superficiali, anche la programmazione del monitoraggio dei corpi idrici sotterranei avviene per cicli sessennali, strettamente connessi ai cicli della programmazione dei Piani di Tutela delle Acque (ai sensi dell'allegato 1 alla Parte III del D.Lgs. 152/2006, così come modificato per i corpi idrici sotterranei dal D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30, recante l'"Attuazione della Direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento").

La progettazione dell'attuale rete regionale di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei ha avuto avvio con la "Identificazione e Caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei della Puglia ai sensi del D.Lgs. 30/2009" e una prima classificazione di rischio di non soddisfare gli obiettivi ambientali previsti dal D.Lgs. 152/2006, approvati con Deliberazione di Giunta Regionale n.1786 del 01 ottobre 2013.

Sono stati individuati n.29 corpi idrici (di cui 13 carbonatici, 13 alluvionali e 13 detritici) che sono stati codificati al fine dello scambio di informazioni tra le Regioni, il Ministero dell'Ambiente, l'ISPRA e gli organi centrali comunitari (Fig. 4).

La successiva fase di "caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei" (ex allegato 1, Parte B, del D.Lgs. 30/2009), condotta sulla base delle informazioni disponibili, compresi i dati esistenti sul monitoraggio ambientale ai sensi della normativa pregressa, ha consentito la prima attribuzione della classe di rischio di mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalla Direttiva 2000/60/CE ("classificazione"), con i seguenti risultati (Tab. 4):

- 20 C.I. "a rischio";
- 2 C.I. "non a rischio";
- 7 C.I. "probabilmente a rischio".

Relativamente a tale classificazione, e come già visto per i corpi idrici superficiali, sono stati provvisoriamente classificati come "probabilmente a rischio" i corpi idrici per i quali non esistevano dati sufficienti sulle attività antropiche e sulle pressioni o per i quali, pur essendo nota l'attività antropica, non risultava possibile la valutazione dell'impatto provocato dall'attività stessa.

Con D.G.R. n. 224 del 20 febbraio 2015 la Regione Puglia ha approvato il progetto di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei denominato "Progetto Maggiore" (in ambito del "Servizio di Monitoraggio dei copri idrici sotterranei" previsto all'interno del P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea d'intervento 2.1. Azione 2.14., ai sensi della D.G.R. n. 2343 del 24/10/2011), quale adeguamento, in relazione alla normativa sopravvenuta (D.Lgs. 152/2006 e suo decreto attuativo D.Lgs. 30/2009), del "Sistema di monitoraggio qualitativo e quantitativo dei corpi idrici sotterranei" già realizzato con il programma di Monitoraggio denominato "Progetto Tiziano" (a sua volta realizzato in ambito del POR 2000/2006 - Misura 1.3 "Interventi urgenti per la difesa del suolo", ai sensi dell'allora vigente 152/1999), attuato dal 2006 a tutto febbraio 2012, al fine di garantire la continuità del monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. La rete di monitoraggio afferente al Progetto Maggiore definita nel 2015 è stata, inoltre, recentemente rimodulata e approvata con D.G.R. n. 2417 del 19 dicembre 2019.

Il "Progetto Maggiore" reca le linee operative per garantire, nell'arco del ciclo di pianificazione sessennale, il monitoraggio quantitativo e chimico-qualitativo dei corpi idrici sotterranei, in conformità alle direttive comunitarie (2000/60/CE e 2006/118/CE) e ai relativi decreti nazionali di recepimento (D.Lgs. 152/2006 e D.Lgs. 30/2009), che condurrà alla classificazione dello stato chimico e quantitativo a termine del sessennio 2016-2021 e pertanto, a una maggiore conoscenza delle caratteristiche quali-quantitative degli acquiferi.

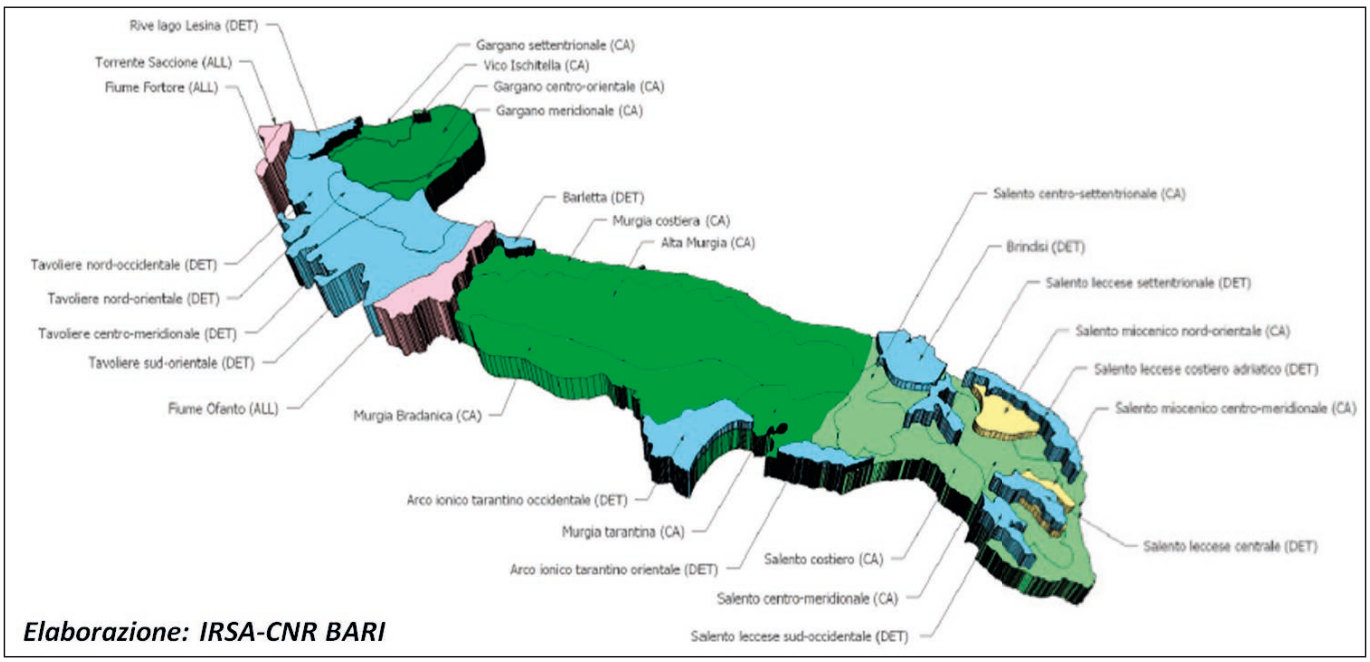


Figura 4 - Identificazione e classificazione dei Corpi idrici Sotterranei regionali ai sensi della D.G.R. n.1786 del 01 ottobre 2013.

Corpo Idrico	Rischio di non raggiungimento del buono stato
Gargano centro-orientale	a rischio
Gargano meridionale	a rischio
Gargano settentrionale	a rischio
Falda Sospesa di Vico-Ischitella	probabilmente a rischio
Murgia Costiera	a rischio
Alta Murgia	non a rischio
Murgia Bradanica	non a rischio
Murgia Tarantina	a rischio
Salento costiero	a rischio
Salento centro-settentrionale	a rischio
Salento centro-meridionale	a rischio
Salento Miocenico centro-orientale	a rischio
Salento Miocenico centro-meridionale	a rischio
Rive del Lago di Lesina	a rischio
Tavoliere nord-occidentale	a rischio
Tavoliere nord-orientale	a rischio
Tavoliere centro-meridionale	a rischio
Tavoliere sud-orientale	a rischio
Barletta	probabilmente a rischio
Arco Ionico Tarantino Occidentale	a rischio
Arco Ionico Tarantino Orientale	probabilmente a rischio
Piana Brindisina	probabilmente a rischio
Salento leccese settentrionale	probabilmente a rischio
Salento Leccese costiero adriatico	a rischio
Salento Leccese centrale	probabilmente a rischio
Salento Leccese sud-occidentale	probabilmente a rischio
Torrente Saccione	a rischio
Fiume Fortore	a rischio
Fiume Ofanto	a rischio

Tabella 4 - Classe di rischio per i corpi idrici sotterranei.

Con Deliberazione n.1046 del 14 luglio 2016 la Giunta Regionale ha dunque avviato il ciclo sessennale di monitoraggio dei corpi sotterranei (2016-2021) sulla base del "Progetto Maggiore" affidandone l'esecuzione all'Agenzia Regionale per le attività Irrigue e Forestali (ARIF), all'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione dell'Ambiente (ARPA Puglia) e all'Autorità di Bacino della Puglia a cui è successivamente subentrata l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ai sensi della Legge n. 221/2015.

Il monitoraggio, ai sensi di quanto previsto dal D.Lgs. 30/2009, è programmato secondo una rete di monitoraggio quantitativo e una rete di monitoraggio chimico.

La rete per il monitoraggio quantitativo deve: fornire una stima affidabile delle risorse idriche disponibili e valutarne la tendenza nel tempo, al fine di verificare se la variabilità della ricarica e il regime dei prelievi risultano sostenibili sul lungo periodo; stabilire lo stato quantitativo dei corpi idrici; valutare qualsiasi variazione dello stato di tali corpi idrici risultante dai programmi di misure.

La rete di monitoraggio chimico *è* articolata, sulla base della valutazione del rischio di non raggiungimento degli obiettivi ambientali prefissati, in:

- una rete di monitoraggio di sorveglianza, al fine di: integrare e validare l'analisi di rischio del non raggiungimento degli obiettivi per tutti i corpi idrici o gruppi di corpi idrici; valutare le tendenze a lungo termine delle condizioni naturali e delle concentrazioni di inquinanti derivanti dall'attività antropica; indirizzare il monitoraggio operativo, in concomitanza con l'analisi delle pressioni e degli impatti;
- una rete per il monitoraggio operativo al fine di stabilire lo stato di qualità dei corpi idrici o gruppi di corpi idrici classificati come a rischio di non raggiungere gli obiettivi e stabilire se esistano significative e durature tendenze ascendenti nella concentrazione degli inquinanti.

Sono state, inoltre, realizzate tre sottoreti di monitoraggio integrative articolate in:

- una rete di monitoraggio dei parametri chimico-fisici lungo la colonna idrica effettuati con l'ausilio di ade-

guato profilatore multiparametrico portatile. Tali rilievi interesseranno stazioni per lo più situate in corpi idrici interessati da contaminazione salina ovvero ricadenti nelle aree di prevalente alimentazione degli acquiferi;
- una rete per il monitoraggio dei nitrati nelle aree definite come Zone Vulnerabili a tale parametro;
- una rete per il controllo delle concentrazioni dei fitofarmaci laddove l'analisi pregressa delle pressioni agricole e dei relativi impatti ha indicato il rischio di contaminazione delle acque sotterranee da tali sostanze.

Il D.Lgs. 30/2009 delinea, inoltre, i criteri per la classificazione dello Stato Chimico e dello Stato Quantitativo dei corpi idrici sotterranei (Fig. 5).

Lo stato di qualità ambientale dei corpi idrici sotterranei è determinato dal valore più basso del suo stato quantitativo e del suo stato chimico. Pertanto lo stato delle acque sotterranee è buono se il corpo idrico raggiunge uno stato buono sia sotto il profilo qualitativo che chimico.

Lo Stato chimico, secondo le direttive europee (2000/60/CE e 2006/118/CE), si basa sul rispetto di norme di qualità, espresse attraverso concentrazioni limite, che vengono definite a livello europeo per nitrati e pesticidi (standard di qualità), mentre per altri inquinanti, di cui è fornita una lista minima all'Allegato 2 parte B della direttiva 2006/118/CE, spetta agli Stati Membri la definizione dei valori soglia. I valori soglia adottati dall'Italia sono quelli definiti all'Allegato 3, tabella 3, D.Lgs. 30/2009.

Le regioni possono modificare i valori soglia per diverse sostanze e per ciascun corpo idrico, qualora la concentrazione di fondo naturale dovesse risultare superiore al valore di soglia fissato.

Nella classe "buono" rientrano tutte le acque sotterranee che non presentano evidenze di impatto antropico, o comunque quelle il cui impatto riguardi al massimo il 20% del corpo idrico, quelle in cui sono presenti sostanze indesiderate o contaminanti ma riconducibili a un'origine naturale, nonché quelle che non comportano un deterioramento significativo della qualità ecologica o un deterioramento chimico per le acque superficiali connesse, né arrecano danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo.

Al contrario, nella classe "scarso" rientrano tutte le acque sotterranee che non possono essere classificate nello stato "buono" e nelle quali risulta evidente un impatto antropico, sia per livelli di concentrazione dei contaminanti sia per le loro tendenze all'aumento significative e durature nel tempo.

Con riferimento allo Stato quantitativo, un copro idrico sotterraneo ha uno stato quantitativo buono se il livello/portata di acque sotterranee è tale che la media annua dell'estrazione a lungo termine non esaurisce le risorse idriche sotterranee disponibili. Di conseguenza, il livello delle acque sotterranee non subisce alterazioni antropiche tali da: impedire il conseguimento degli obiettivi ecologici specificati per le acque superficiali connesse; comportare un deterioramento significativo della qualità di tali acque; recare danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo.

In condizioni di buono stato quantitativo, inoltre, eventuali alterazioni della direzione di flusso risultanti da variazioni del livello piezometrico, su base temporanea o permanente e in un'area delimitata nello spazio, non devono causare o intensificare processi di intrusione di acqua salata o di altro tipo, né imprimere alla direzione di flusso alcuna tendenza antropica duratura e chiaramente identificabile che possa determinare siffatte intrusioni.

Gli obiettivi relativi allo stato quantitativo sono chiari: assicurare un equilibrio tra le estrazioni e la ricarica delle acque sotterranee.

La Proposta di classificazione dello Stato Chimico triennale 2016-2018, presentata da ARPA Puglia e approvata con D.G.R. n. 2080 del 22 dicembre 2020, rappresenta un primo aggiornamento del quadro conoscitivo dello stato qualitativo dei corpi idrici regionali e si pone quale valutazione intermedia dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei nel sessennio di monitoraggio 2016-2021, al termine del quale si procederà alla "Classificazione dello stato chimico e quantitativo" secondo quanto previsto dalla normativa di settore.

Complessivamente, la valutazione dello stato chimico per il triennio 2016-2018 mostra che, dei 29 corpi idrici regionali (Fig. 6):

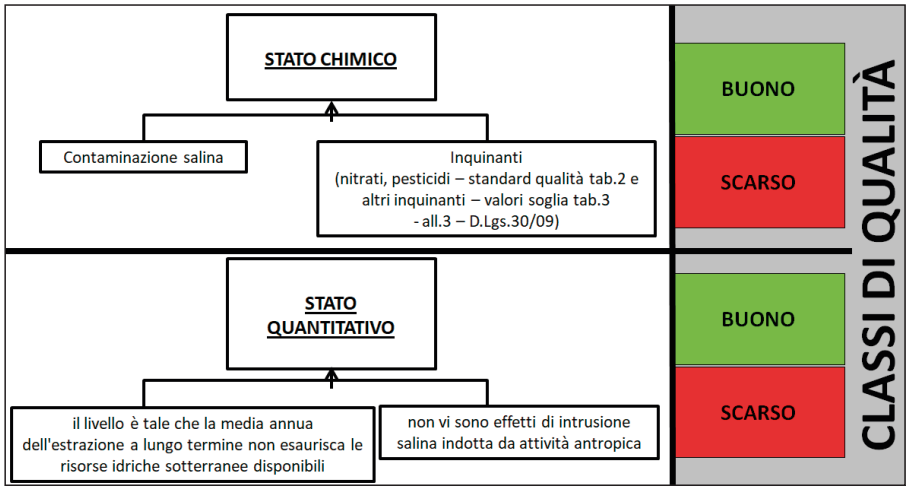


Figura 5 - Classificazione dello Stato Chimico e dello Stato Quantitativo dei corpi idrici sotterranei.

Corpo Idrico		Stato chimico DGR 1786/13	Valutazione Stato chimico del Corpo Idrico - triennio 2016-2018				
			Stato chimico	STAZIONI in stato chimico BUONO	STAZIONI in stato chimico SCARSO	Parametri critici rispetto ai limiti D.Lgs 30/2009*	Livello di Confidenza
1-1-1	Gargano centro-orientale	Scarso	SCARSO	46%	38%	Cloruri, Cond. Elettrica, Solfati, Boro, Mercurio	Medio
1-1-2	Gargano meridionale	Scarso	SCARSO	17%	83%	Cond. Elettrica, Cloruri, Ammonio, Solfati, Boro	Medio
1-1-3	Gargano settentrionale	Scarso	SCARSO	17%	67%	Cond. Elettrica, Cloruri	Alto
1-2-1	Falda sospesa di Vico Ischitella	N.D.	BUONO	100%	0%		Basso
2-1-1	Murgia costiera	Scarso	SCARSO	14%	79%	Cloruri, Cond. Elettrica, Nitrati, Solfati, Ammonio, Nitriti, Dibromoclorometano, Benzo(a)pirene, Benzo(g,h,i)perilene	Medio
2-1-2	Alta Murgia	Buono	BUONO	89%	3%		Alto
2-1-3	Murgia bradanica	Buono	SCARSO	71%	29%	Cloruri, Nitrati, Solfati	Medio
2-1-4	Murgia tarantina	Scarso	SCARSO	0%	82%	Cloruri, Cond. Elettrica, Ammonio, Solfati, Boro	Alto
2-2-1	Salento costiero	Scarso	SCARSO	33%	52%	Cloruri, Cond. Elettrica, Nitrati, Solfati, Ammonio, Fluoruri, Selenio, Sodio**	Medio
2-2-2	Salento centro-settentrionale	Scarso	SCARSO	43%	43%	Cloruri, Cond. Elettrica, Nitrati, Fluoruri	Medio
2-2-3	Salento centro-meridionale	Buono	SCARSO	65%	27%	Cloruri, Ammonio, Nitrati, Cond. Elettrica, Triclorometano	Medio
3-1-1	Salento miocenico centro-orientale	Scarso	N.D.	40%	0%		-
3-2-1	Salento miocenico centro-meridionale	Scarso	N.D.	50%	0%		-
4-1-1	Rive del Lago di Lesina	Scarso	SCARSO	0%	100%	Cloruri, Cond. Elettrica, Ammonio	Medio
4-1-2	Tavoliere nord-occidentale	Scarso	SCARSO	13%	75%	Cond. Elettrica, Cloruri, Nitrati, Solfati, Fluoruri, Selenio	Alto
4-1-3	Tavoliere nord-orientale	Scarso	SCARSO	13%	88%	Cond. Elettrica, Nitrati, Cloruri, Fluoruri, Solfati	Medio
4-1-4	Tavoliere centro-meridionale	Scarso	SCARSO	42%	58%	Nitrati, Nitriti, Ammonio, Cloruri, Fluoruri	Medio
4-1-5	Tavoliere sud-orientale	Scarso	SCARSO	18%	82%	Nitrati, Cloruri, Cond. Elettrica, Fluoruri, Solfati, Ammonio, Selenio, Nitriti, Clorotoluron	Medio
4-2-1	Barletta	N.D.	SCARSO	25%	75%	Nitrati, Triclorometano, Tetracloroetilene, Cloruri, Fluoruri, Nitriti	Medio
5-1-1	Arco Ionico-tarantino occidentale	Scarso	SCARSO	24%	76%	Nitrati, Cond. Elettrica, Cloruri, Solfati, Ammonio, Cromo (VI), Arsenico	Alto
5-2-1	Arco Ionico-tarantino orientale	N.D.	SCARSO	0%	100%	Nitrati, Cloruri, , Solfati, Cond. Elettrica, Ammonio, Nitriti	Basso
6-1-1	Piana brindisina	N.D.	SCARSO	0%	100%	Nitrati, Cloruri, Solfati, Cond. Elettrica, Ammonio, Dibenzo(a,h)antracene, Selenio	Medio
7-1-1	Salento leccese settentrionale	N.D.	SCARSO	0%	100%	Cond. Elettrica, Cloruri, Fluoruri, Solfati, Arsenico	Basso
7-2-1	Salento leccese costiero Adriatico	Buono	N.D.	50%	0%		-
7-3-1	Salento leccese centrale	Buono	BUONO	100%	0%		Basso
7-4-1	Salento leccese sud-occidentale	N.D.	SCARSO	33%	67%	Nitrati, Cloruri, Ammonio, Dibenzo(a,h)antracene	Medio
8-1-1	T. Saccione	Scarso	SCARSO	33%	33%	Ammonio, Nitrati, Cloruri, Nitriti	Basso
9-1-1	F. Fortore	Scarso	SCARSO	0%	100%	Ammonio, Nitrati, Fluoruri	Medio
10-1-1	F. Ofanto	Scarso	SCARSO	25%	75%	Nitrati, Cond. Elettrica, Cloruri, Fluoruri, Nitriti, Solfati	Medio

* Nella valutazione dello stato chimico puntuale i parametri previsti dal D.Lgs 31/2001 (**) sono stati considerati per i soli pozzi ad uso potabile.
I parametri sono riportati in ordine decrescente di frequenza dei superamenti nelle stazioni di monitoraggio del Corpo Idrico.
N.D. = non determinabile

Figura 6 - Valutazione dello Stato Chimico dei corpi idrici sotterranei pugliesi per il triennio 2016-2018.

- 3 corpi idrici sono risultati in stato chimico buono (Falda sospesa di Vico Ischitella, Alta Murgia e Salento leccese centrale);
- 23 corpi idrici sono in stato chimico scarso;
- 3 corpi idrici hanno uno stato chimico ancora non determinabile (Salento miocenico centro-orientale, Salento miocenico centro-meridionale e Salento leccese costiero Adriatico), a causa del basso numero di stazioni monitorate rispetto al totale.

La valutazione dello stato chimico è condizionata, in alcune situazioni, da parametri, quali ad esempio cloruri e solfati, per i quali è ipotizzabile un'origine naturale, legata in tutto o in parte, alle caratteristiche geochimiche degli acquiferi regionali. L'eventuale individuazione di valori di fondo naturali nell'ambito dell'attività progettuale condotta dal CNR IRSA e denominata "Valori di Fondo per i corpi idrici sotterranei Pugliesi (VIOLA)", di cui alla D.G.R. n. 2321 del 28 dicembre 2017, se superiori ai valori limite fissati dalla normativa di settore, consentirà di definire valori soglia specifici per i corpi idrici sotterranei pugliesi e di effettuare una valutazione dello stato chimico a chiusura del monitoraggio sessennale, secondo criteri più rispondenti alle caratteristiche territoriali regionali.

Con nota prot. 35673 del 23/12/2021 L'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ha, inoltre, trasmesso alla Regione Puglia – Sezione Risorse Idriche la "Proposta preliminare di valutazione dello Stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei".

Al fine di formulare una preliminare valutazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei della Puglia, ha assunto particolare rilevanza l'analisi delle tendenze evolutive dei dati di livello piezometrico, condotta per tutti i corpi idrici per i quali è attualmente disponibile una serie storica di dati validati.

La prevalenza di tendenze piezometriche significative decrescenti in taluni corpi idrici sotterranei ha comportato la loro classificazione in stato quantitativo scarso.

Per tutti i corpi idrici sotterranei per i quali la carenza di serie storiche attendibili non ha consentito l'analisi delle tendenze evolutive, è stata in linea di massima mantenuta la valutazione di stato quantitativo pregressa.

Dagli esiti di tale valutazione preliminare dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei *è possibile rilevare che* (Fig. 7):

- 24 corpi idrici sono in stato scarso;
- 5 corpi idrici sono in stato buono.

Si evidenzia una tendenza peggiorativa rispetto alla precedente valutazione per 7 corpi idrici sotterranei ed un solo risultato migliorativo riguardante il corpo idrico Tavoliere nord-occidentale.

Tale valutazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei, di carattere preliminare in quanto eseguita in anticipo rispetto al completamento del ciclo sessennale di monitoraggio, sarà aggiornata e implementata con:

- le serie storiche piezometriche aggiornate con i dati del monitoraggio quantitativo condotto nell'anno 2021;

Corpi Idrici	Stato 2016	Fase 0	Fase 1	Fase 2	TEST 2	TEST 3	TEST 4	Proposta Stato Quantitativo 2021	Variazione 2016-2021
Alta Murgia	BUONO	Non Significativa	Decrescente	-	-	-	no	NON BUONO	PEGGIORATIVO
Arco Ionico-tarantino occidentale	NON BUONO	Significativa	Decrescente	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Arco Ionico-tarantino orientale	BUONO	Significativa	-	-	-	-	si	NON BUONO	PEGGIORATIVO
Barletta	BUONO	Non Significativa	-	-	-	-	no	BUONO	INVARIATO
F. Fortore	NON BUONO	Non Significativa	-	-	-	-	no	NON BUONO	INVARIATO
F. Ofanto	NON BUONO	Non Significativa	-	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Gargano centro-orientale	BUONO	Non Significativa	Stazionario	-	-	-	si	BUONO	INVARIATO
Gargano meridionale	NON BUONO	Non Significativa	Crescente	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Gargano settentrionale	NON BUONO	Non Significativa	-	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Murgia bradanica	BUONO	Non Significativa	Decrescente	-	-	-	si	NON BUONO	PEGGIORATIVO
Murgia costiera	NON BUONO	Significativa	Crescente	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Murgia tarantina	NON BUONO	Significativa	Decrescente	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Piana brindisina	BUONO	Significativa	-	-	-	-	si	NON BUONO	PEGGIORATIVO
Rive del Lago di Lesina	BUONO	Non Significativa	-	-	-	-	si	NON BUONO	PEGGIORATIVO
Salento centro-meridionale	NON BUONO	Significativa	Crescente	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Salento centro-settentrionale	BUONO	Significativa	Crescente	-	-	-	si	NON BUONO	PEGGIORATIVO
Salento costiero	NON BUONO	Significativa	Crescente	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Salento leccese centrale	NON BUONO	Significativa	-	-	-	-	no	NON BUONO	INVARIATO
Salento leccese costiero Adriatico	NON BUONO	Significativa	-	-	-	-	no	NON BUONO	INVARIATO
Salento leccese settentrionale	NON BUONO	Significativa	-	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Salento leccese sud-occidentale	NON BUONO	Significativa	-	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Salento miocenico centro-meridionale	BUONO	Significativa	-	-	-	-	no	BUONO	INVARIATO
Salento miocenico centro-orientale	NON BUONO	Significativa	-	-	-	-	no	NON BUONO	INVARIATO
T. Saccione	BUONO	Non Significativa	-	-	-	-	no	BUONO	INVARIATO
Tavoliere centro-meridionale	NON BUONO	Significativa	Decrescente	-	-	-	no	NON BUONO	INVARIATO
Tavoliere nord-occidentale	NON BUONO	Non Significativa	Crescente	-	-	-	no	BUONO	MIGLIORATIVO
Tavoliere nord-orientale	BUONO	Significativa	Stazionario	-	-	-	si	NON BUONO	PEGGIORATIVO
Tavoliere sud-orientale	NON BUONO	Significativa	Stazionario	-	-	-	si	NON BUONO	INVARIATO
Falda sospesa "Vico-Ischitella"	NON BUONO	-	-	-	-	-	no	NON BUONO	INVARIATO

Figura 7 - Esiti della valutazione preliminare dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei della Puglia.

- l'analisi dei dati di monitoraggio delle portate erogate dalle sorgenti idriche misurate nel corso del sessennio di monitoraggio quantitativo;
- la raccolta e l'analisi dei dati climatici registrati per il periodo di riferimento dalle stazioni meteo-climatiche esistenti sul territorio regionale;
- l'analisi dei profili termo-conduttimetrici acquisiti nel corso del sessennio di monitoraggio.

6. CONCLUSIONI

Il monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee rappresenta lo strumento fondamentale per l'aggiornamento dello stato delle conoscenze e, dunque, per la determinazione e l'aggiornamento dello stato di qualità dei corpi idrici.

Il monitoraggio dello stato di attuazione delle misure programmate consente di confermare o eventualmente rimodulare le strategie del Piano di Tutela delle Acque ad ogni ciclo sessennale.

Grazie al monitoraggio sinora condotto, già la proposta relativa al primo aggiornamento del Piano di tutela delle Acque (per il ciclo 2015-2021), definitivamente adottata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 1521 del 7 novembre 2022, include importanti contributi innovativi in termini di conoscenza e pianificazione:

- delinea il sistema dei corpi idrici sotterranei (acquiferi) e superficiali (fiumi, invasi, mare, ecc) e riferisce i risultati dei monitoraggi effettuati, anche in relazione alle attività umane che vi incidono;
- descrive la dotazione regionale degli impianti di depurazione e individua le necessità di adeguamento, conseguenti all'evoluzione del tessuto socio-economico regionale e alla tutela dei corpi idrici interessati dagli scarichi;
- analizza lo stato attuale del riuso delle acque reflue e le prospettive di ampliamento a breve-medio termine di tale virtuosa pratica, fortemente sostenuta dall'Amministrazione regionale quale strategia di risparmio idrico.
- individua le misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale.

Sulla base delle valutazioni dello stato chimico-qualitativo e dello stato quantitativo che nel breve periodo saranno aggiornate e rese disponibili da ARPA Puglia e DAM sarà, inoltre, dato avvio all'aggiornamento del PTA per il nuovo ciclo 2022-2027.

BIBLIOGRAFIA

Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (GU L 327 del 22.12.2000).

Direttiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 dicembre 2006 sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento (GUUE L 372 del 27.12.2006).

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 – Norme in materia ambientale (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006) e relativi decreti attuativi.

Decreto Ministeriale 16 giugno 2008, n. 131 – Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione corpi idrici, analisi delle pressioni), per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: «Norme in materia ambientale», predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto. (GU Serie Generale n.187 del 11.08.2008 - Suppl. Ordinario n. 189).

Decreto Ministeriale 14 aprile 2009, n. 56 - Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo». (09G0065) (GU Serie Generale n.124 del 30-05-2009 - Suppl. Ordinario n. 83).

Decreto Ministeriale 8 novembre 2010, n. 260 - Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo. (11G0035) (GU Serie Generale n.30 del 07-02-2011 - Suppl. Ordinario n. 31).

Decreto Ministeriale (MATTM) 27 novembre 2013, n. 156 - Regolamento recante i criteri tecnici per l'identificazione dei corpi idrici artificiali e fortemente modificati per le acque fluviali e lacustri, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo (G.U. 14 gennaio 2014, n. 10).

Decreto Legislativo 13 ottobre 2015, n. 172 - Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque. (15G00186) (GU Serie Generale n.250 del 27-10-2015).

Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento (G.U. n. 79 del 4 aprile 2009).

Delibera di Consiglio 20 ottobre 2009, n. 230 - Piano di tutela delle acque della Regione Puglia - Articolo 121 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Delibera di Giunta 4 agosto 2009, n. 1441).

Deliberazione della Giunta Regionale 16 luglio 2019, n. 1333 - D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2016, Art.121 - Aggiornamento 2015-2021 del Piano di Tutela delle Acque (PTA): Adozione della proposta di aggiornamento del PTA ai fini dell'avvio della fase di consultazione pubblica per la VAS ex art. 11 L.R. n. 44/2012 ((BURP n. 88 del 02/08/2019).

Deliberazione della Giunta Regionale 7 novembre 2022, n. 1521 - D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006, Art.121 - Aggiornamento 2015-2021 del Piano di Tutela delle Acque (PTA): Conclusione procedura di VAS con aggiornamento documenti di Piano alle osservazioni pervenute. Adozione definitiva e trasmissione al Consiglio Regionale per approvazione (BURP n. 139 suppl. del 27-12-2022).

Deliberazione della Giunta Regionale 20 dicembre

2010, n. 2844 - "Caratterizzazione dei corpi idrici superficiali della Regione Puglia", redatto da Regione Puglia, ARPA Puglia e AdB Puglia (GdL costituito con Determinazione Dirigenziale del Dirigente del Servizio tutela delle Acque n.10/2009).

Deliberazione della Giunta Regionale 03 novembre 2015, n. 1951 - Corpi idrici superficiali. Designazione dei corpi idrici artificiali e dei corpi idrici fortemente modificati ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (BURP n. 149 del 17/11/2015).

Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2015, n. 2429 - Corpi idrici superficiali. Individuazione Potenziali Siti di Riferimento, definizione Rete Nucleo e rettifica designazione dei Corpi Idrici Fortemente Modificati di cui alla DGR 1951/2015 (attuazione del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.) (BURP n. 7 del 27/01/2016).

Deliberazione della Giunta Regionale 12 luglio 2010, n. 1640 – "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali". Presa d'atto Protocollo d'Intesa tra Regione e A.R.P.A. Puglia. P.O. Puglia FESR 2007/2013 Asse II - Linea di Intervento 2.1. - Azione 2.1.4 (BURP n. 124 del 23/07/2010);

Deliberazione della Giunta Regionale 19 giugno 2012, n. 1255 - "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali" - P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea di Intervento 2.1. - Azione 2.1.4. Approvazione Progetto di Monitoraggio Operativo. (BURP n. 101 del 11/07/2012).

Deliberazione della Giunta Regionale 15 ottobre 2013, n. 1914 – "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali" - P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea di Intervento 2.1. - Azione 2.1.4. Piano di Monitoraggio Operativo per l'annualità 2013-2014 (BURP n. 145 del 06/11/2013).

Deliberazione della Giunta Regionale 01 agosto 2014, n.1693 – "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali" - PO FESR 2007/2013 - Asse II - Linea di Intervento 2.1 - Azione 2.1.4. Approvazione Programma di Monitoraggio 2014-2015 e relative attività complementari (BURP n. 123 del 08/09/2014).

Deliberazione della Giunta Regionale 25 settembre 2015, n.1666 – "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali" - PO FESR 2007/2013 - Asse II - Linea di Intervento 2.1 - Azione 2.1.4. Prosecuzione per il semestre Luglio-Dicembre 2015 del Programma di Monitoraggio 2014-2015. Approvazione (BURP n. 132 del 09/10/2015).

Deliberazione della Giunta Regionale 03 novembre 2015, n. 1951 - Corpi idrici superficiali. Designazione dei corpi idrici artificiali e dei corpi idrici fortemente modificati ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (BURP n. 149 del 17/11/2015);

Deliberazione della Giunta Regionale 03 novembre 2015, n. 1952 Corpi idrici superficiali. Classificazione triennale dello stato di qualità (ecologico e chimico) ai sensi del D.M. 260/2010 (BURP n. 149 del 17/11/2015).

Deliberazione della Giunta Regionale 22 dicembre 2021, n. 2189 - Monitoraggio qualitativo dei corpi idrici superficiali 2016-2018. P.O.R. PUGLIA 2014/2020 - Azione 6.4 - Presa d'atto relazione finale annualità 2018 e approvazione della classificazione triennale 2016 – 2018 (BURP n. 22 del 25/02/2022).

Deliberazione della Giunta Regionale 1 ottobre 2013, n. 1786 - Attuazione Direttiva 2006/118/CE. Caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei ai sensi del D.Lgs. 30/2009. Approvazione "Identificazione" e "Classificazione di rischio" dei corpi idrici sotterranei della Puglia (BURP n. 137 del 22/10/2013).

Deliberazione della Giunta Regionale 20 febbraio 2015, n. 224 - "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei" (P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea di intervento 2.1.) - Azione 2.1.4.). Approvazione "Progetto Maggiore" e "Attività integrative". Individuazione dei soggetti attuatori ed approvazione dei relativi schemi di convenzione (BURP n. 37 del 17/03/2015);

Deliberazione della Giunta Regionale 14 luglio 2016, n. 1046 - P.O.R. PUGLIA 2014-2020 - Azione 6.4 - "Integrazione e rafforzamento dei sistemi informativi di monitoraggio della risorsa idrica". Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei per il periodo 2016- 2018. Approvazione schemi di convenzione (BURP n. 88 del 29/07/2016).

Deliberazione della Giunta Regionale 28 dicembre 2017, n. 2321 - POR PUGLIA 2014– 2020, Sub Azione 6.4.a "Sostegno all'introduzione di misure innovative in materia di risparmio idrico, depurazione per il contenimento dei carichi inquinanti, riabilitazione dei corpi idrici degradati attraverso un approccio ecosistemico" - "Valori di Fondo per i corpi idrici sotterranei pugliesi (VIOLA)".

Deliberazione della Giunta Regionale 19 dicembre 2019, n. 2417 - P.O.R. PUGLIA 2014-2020 - Azione 6.4 - "Integrazione e rafforzamento dei sistemi informativi di monitoraggio della risorsa idrica". Programma di Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Aggiornamento rete di monitoraggio del Progetto Maggiore ex DGR 224/2015 (BURP n. 17 del 07/02/2020);

Deliberazione della Giunta Regionale 22 dicembre 2020, n. 2080 - POR PUGLIA 2014-2020 - Azione 6.4 - "Integrazione e rafforzamento dei sistemi informativi di monitoraggio della risorsa idrica". Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Attuazione DGR n.1406/2016: presa d'atto relazioni finali e approvazione della "Proposta di classificazione dello stato chimico triennale 2016-2018" (BURP n. 12 del 22/01/2021).

Accordo di Collaborazione (ex art 15, L. 241/1990) - Piano di Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei della Regione Puglia – Progetto Maggiore - POR PUGLIA 2014-2020 - Azione 6.4 - Monitoraggio Corpi Idrici Sotterranei 2019-2021 - "Monitoraggio quantitativo Corpi Idrici Sotterranei - valutazione ed elaborazione dei dati" - Analisi preliminare dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – nota prot. 35673 del 23/12/2021).

Deliberazione della Giunta Regionale 22 dicembre 2021, n. 2189 - Monitoraggio qualitativo dei corpi idrici superficiali 2016-2018. P.O.R. PUGLIA 2014/2020 - Azione 6.4 - Presa d'atto relazione finale annualità 2018 e approvazione della classificazione triennale 2016 – 2018 (BURP 22 del 25/02/2022).

n° 1/2023 - pagg. 37-40

IL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN PUGLIA: STATO QUALITATIVO

Claudia Marcella Placentino, Silvia Di Cunsolo, Mina Lacarbonara**, Vincenzo Musolino, Vincenzo Campanaro, Vito Bruno*

ARPA Puglia, Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente
*Autore referente - **Iscritto ORG Puglia n. 107 ES
c.placentino@arpa.puglia.it, s.dicunsolo@arpa.puglia.it, m.lacarbonara@libero.it, v.musolino@arpa.puglia.it, v.campanaro@arpa.puglia.it, v.bruno@arpa.puglia.it

INTRODUZIONE

La Direttiva Quadro sulle Acque (DQA), Direttiva 2000/60/CE, e in particolare la Direttiva 2006/118/CE per la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento contengono i principi generali che devono essere adottati per tutelare la risorsa idrica sotto il profilo qualitativo e quantitativo, recepite a livello nazionale dalla parte III del D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152 e s.m.i. e dal D.Lgs. 16 marzo 2009, n.30 e s.m.i.

Ai fini del monitoraggio qualitativo le acque sotterranee sono prelevate periodicamente da stazioni di monitoraggio, pozzi o sorgenti, e sono caratterizzate dal punto di vista idrochimico, verificando l'eventuale presenza di sostanze inquinanti e il loro l'andamento nel tempo. Le sostanze ricercate sono diverse e includono anche parametri caratterizzanti la struttura geologica locale allo scopo di acquisire informazioni sul fondo naturale e verificare l'efficacia del modello concettuale; inoltre i livelli di concentrazioni con cui tali sostanze sono presenti nelle acque sotterranee sono indicativi del grado di compromissione dovuto a cause antropiche rispetto alle condizioni naturali, e possono pertanto pregiudicare gli usi della risorsa idrica.

La DQA prevede di identificare e caratterizzare i corpi idrici sotterranei, e attribuire a ciascuno di essi una classe di rischio di non raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti a livello europeo, ovvero "a rischio" e "non a rischio", sulla base dei dati pregressi o delle pressioni antropiche presenti.

Nell'ambito dell'azione di gestione della risorsa idrica, la valutazione dello stato di qualità complessivo, che tiene conto dello stato chimico e quantitativo dei corpi idrici sotterranei, ha l'obiettivo di confermare il buono stato di qualità oppure il rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità previsti dalla DQA, oltre che verificare l'analisi delle pressioni e stabilire le misure da adottare ai fini del mantenimento o del perseguimento del buono stato, e verificarne l'efficacia.

Nello specifico, l'attribuzione dello stato chimico per ciascun corpo idrico sotterraneo è determinata dal confronto della concentrazione media annua nel periodo di monitoraggio dei parametri chimici previsti per la classificazione, con i relativi standard di qualità ambientali individuati a livello comunitario (SQA, tabella 2, allegato 3 al D.Lgs. n.30/2009 e s.m.i.) o valori soglia individuati a livello nazionale (VS, tabella 3, allegato 3 al D.Lgs. n.30/2009 e s.m.i). Il superamento, anche per un solo parametro chimico, dei valori soglia o standard di qualità, rilevato durante il monitoraggio, è indicativo del rischio, per il corpo idrico sotterraneo, di non raggiungere lo stato chimico buono e può determinare la classificazione del corpo idrico in stato chimico "scarso". Qualora ciò interessi solo una parte del volume del corpo idrico sotterraneo, inferiore o uguale al 20%, il corpo idrico può ancora essere classificato in stato chimico "buono", purché siano avviate appropriate verifiche sull'estensione dell'impatto e sull'uso delle risorse.

PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

Con la DGR n.1786/2013, in attuazione alla Direttiva 2006/118/CE, sono stati approvati l'identificazione dei corpi idrici della Puglia, l'analisi delle pressioni e degli impatti insistenti su tali corpi idrici, la loro caratterizzazione e la prima classificazione del rischio di non raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati al 2015 dalla DQA.

I 29 corpi idrici sotterranei individuati nel territorio regionale, così come definiti nell'allegato 1 del D.Lgs. 30/2009, sono riportati in figura 1. Nella stessa figura è riportata l'attuale rete di monitoraggio qualitativo delle acque sotterranee della Puglia.

La Regione Puglia ha approvato il progetto di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei e la relativa rete di monitorag-

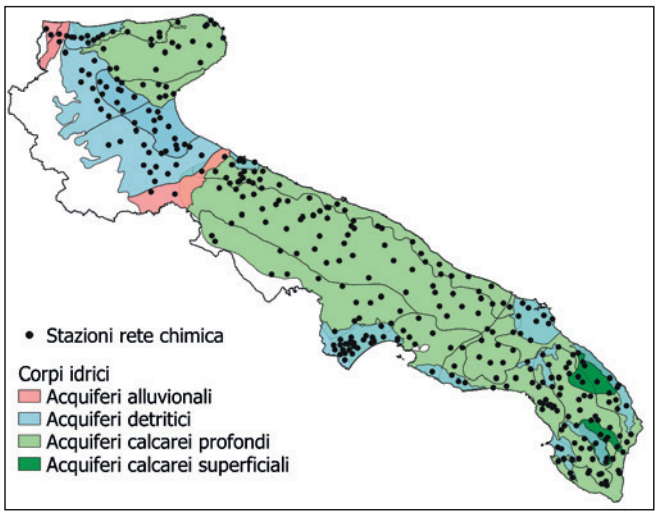


Figura 1 - Corpi idrici sotterranei e rete di monitoraggio qualitativo in Puglia.

gio, denominata "Rete Maggiore", con DGR n.224/2015 e DGR n.1046/2016. La nuova rete è stata ridisegnata a partire dalla pre-esistente rete del "Progetto Tiziano", strutturato in conformità al D.Lgs. 152/1999 e attuato dal 2007 al 2011. Nel corso dell'attuazione del monitoraggio nel triennio 2016-2018 e sulla base dei relativi esiti, sono intervenute sostituzioni ed integrazioni delle stazioni che hanno determinato la ridefinizione della "Rete Maggiore", aggiornata e approvata con DGR n.2417/2019.

Nell'ambito del monitoraggio dei corpi idrici sotterranei, ARPA Puglia si occupa delle attività di analisi di laboratorio e le conseguenti elaborazioni e valutazioni dei dati del monitoraggio qualitativo, nonché il necessario supporto alle attività di campo svolte dall'Agenzia Regionale Attività Irrigue e Forestali (ARIF) che si occupa dei relativi campionamenti.

In figura 2 si riassumono i numeri dell'attuale programma di monitoraggio qualitativo dei corpi idrici sotterranei in Puglia, che prevede di monitorare in corrispondenza della fine (marzo-aprile) e dell'inizio (settembre-ottobre) del periodo di ricarica della falda, i 29 corpi idrici, in 379 stazioni e per oltre 240 parametri, raggiungendo complessivamente 58.000 circa determinazioni analitiche all'anno.

Per le 338 stazioni in cui è prevista la valutazione dello stato chimico, in 293 è eseguito il monitoraggio operativo, ogni anno, poiché appartenenti a corpi idrici "a rischio" e "probabilmente a rischio", e in 43 stazioni localizzate esclusivamente nel corpo idrico Alta Murgia il monitoraggio di sorveglianza, ogni sei anni, adottato per i corpi idrici "non a rischio". Ulteriori 2 stazioni dell'Alta Murgia sono inserite nel monitoraggio operativo puntuale, che consente di intensificare il controllo con frequenza annuale al pari del monitoraggio operativo, ossia anche negli anni in cui non viene effettuato il monitoraggio di sorveglianza. Il monitoraggio operativo puntuale, adottato con approccio cautelativo nel corso del triennio di monitoraggio 2016-2018, si applica a quei punti di misura che, pur appartenenti a corpi idrici risultati complessivamente in stato buono, hanno mostrato criticità con conseguente stato chimico puntuale scarso.

ESITI DEL MONITORAGGIO

Territorio regionale

Di seguito è riportato lo stato chimico per il triennio 2016-2018, in vista della valutazione sull'intero primo ciclo sessennale 2016-2021 di monitoraggio delle acque sotterranee in Puglia ai sensi della DQA, in corso di approvazione.

La valutazione, eseguita ogni anno sul valore medio del parametro in ciascuna stazione di monitoraggio (stato chimico puntuale), è stata riferita al triennio utilizzando il criterio dello stato chimico prevalente.

Per l'Alta Murgia, corpo idrico "non a rischio" e per il quale è attivo il monitoraggio di sorveglianza (ogni sei anni), è stato considerato lo stato chimico valutato nel 2016, anno di monitoraggio di sorveglianza del ciclo sessennale 2016-2021.

Tra i parametri critici emersi nella valutazione dello stato chimico puntuale nell'intero territorio regionale, per i quali si sono verificati i superamenti più ricorrenti di SQA e VS,

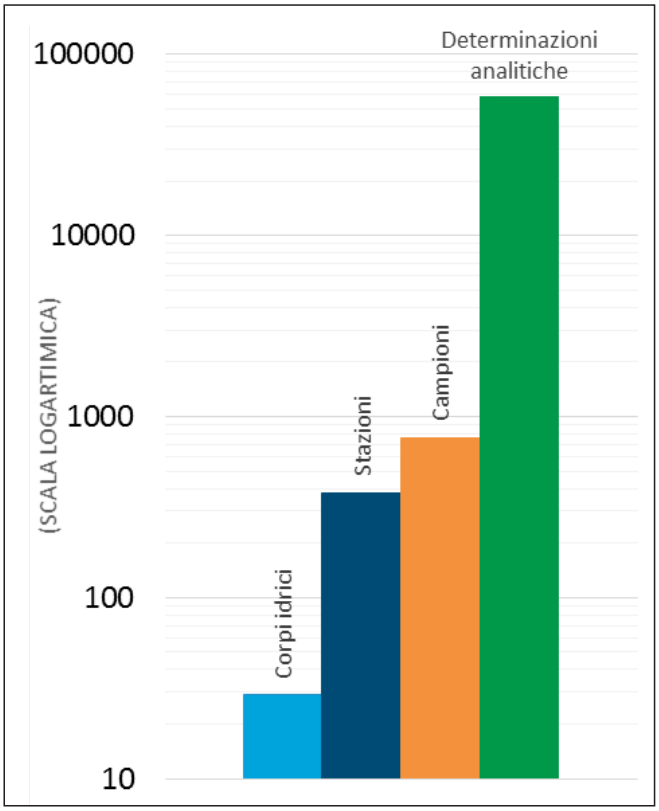


Figura 2 - Numero di corpi idrici, di stazioni, di campioni e di determinazioni analitiche previsti dal monitoraggio qualitativo in Puglia.

emergono i cloruri, i nitrati, la conducibilità elettrica ed i solfati, in ordine di frequenza di ritrovamento decrescente. Tali parametri, spesso confermati durante gli anni del triennio nella singola stazione, sono riconducibili a possibili fenomeni di intrusione salina e, per i nitrati, all'impiego di fertilizzanti in agricoltura.

Il risultato della valutazione dello stato chimico triennale in ciascuna delle stazioni di monitoraggio è funzionale alla valutazione dello stato chimico complessivo del corpo idrico di appartenenza, per il quale l'attribuzione è eseguita sulla base della percentuale delle stazioni in stato scarso e buono rispetto a quelle previste nella "rete Maggiore".

Da questa prima classificazione di metà ciclo, si evidenzia che il 10,3% dei corpi idrici è in stato di buono, pari a 3 corpi idrici (Falda sospesa di Vico Ischitella, Alta Murgia e Salento leccese centrale) rispetto ai 29 totali; il 79,3% è in stato scarso; il restante 10,3% ricade nella casistica di stato chimico "non determinabile". Nella categoria "non determinabile" rientrano 3 corpi idrici (Salento miocenico centro-orientale, Salento miocenico centro-meridionale e Salento leccese costiero Adriatico), a cui non è stato attribuito lo stato chimico in quanto, a causa del basso numero di stazioni monitorate rispetto al totale e dello stato buono di quelle monitorate, il numero di stazioni in stato scarso è inferiore o uguale del 20% e quelle in stato buono è inferiore o uguale dell'80% rispetto al totale.

La percentuale in termini di numero e di superficie dei corpi idrici in stato chimico scarso, buono e "non determinabile" è riportata in figura 3. A causa della notevole diffe-

renza nella dimensione dei corpi idrici, si ha un raddoppio della percentuale per lo stato buono, a scapito del "non determinabile", quando si rapportano gli esiti della valutazione all'estensione territoriale anziché al numero dei corpi idrici. Pertanto, anche se il numero di corpi idrici sotterranei in stato buono è limitato a tre, la presenza tra questi dell'Alta Murgia, corpo idrico che ha la maggiore superficie, influenza l'interpretazione complessiva della valutazione.

Alta Murgia

Il corpo idrico sotterraneo dell'Alta Murgia comprende la porzione più interna dell'acquifero carsico delle Murge, compresa tra il limite interno del corpo idrico della Murgia Costiera e lo spartiacque idrogeologico tra il settore adriatico e quello bradanico, in prossimità della zona di prevalente ricarica della falda, dove le acque sono dolci e non presentano evidenze di contaminazione salina.

In figura 4 è mostrato lo stato chimico puntuale nell'Alta Murgia, con riferimento all'anno 2016, anno in cui è stato eseguito il monitoraggio di sorveglianza.

Oltre alla rete chimica, che comprende le stazioni nelle quali è valutato lo stato chimico, nel programma di monitoraggio sono individuate anche le reti integrative, utili a controllare l'impatto di specifiche pressioni di origine antropica e naturale.

Con riferimento all'attuale rete di monitoraggio, nel corpo idrico dell'Alta Murgia sono presenti:

- n. 47 stazioni della rete per il monitoraggio della concentrazione di nitrati di origine agricola ai sensi della direttiva 91/676/CEE, che include anche stazioni non comprese nella rete chimica;
- n. 17 stazioni della rete per il monitoraggio delle concentrazioni dei pesticidi secondo il nuovo "Programma di monitoraggio dei residui dei prodotti fitosanitari nei corpi idrici superficiali e sotterranei pugliesi e definizione delle relative reti di monitoraggio", approvato con DGR n.1004/2018, ed avviato nel secondo semestre 2018.

Nell'ambito del monitoraggio delle reti integrative, indicate in figura 5, campionamenti aggiuntivi sono stati eseguiti negli anni di monitoraggio operativo, ossia nel 2017, 2018 e del successivo 2021, non per le finalità di attribuzione dello stato chimico. I relativi esiti analitici costituiscono un'ulteriore fonte di informazione utile ad ampliare la base conoscitiva disponibile. Da questi emerge che se lo stato puntuale, valutato per l'anno 2016 e valevole per il triennio 2016-2018, è risultato scarso per nitrati in una sola stazione, gli esiti più recenti mettono in evidenza un aumento del numero di stazioni che presentano superamenti dei VS/SQA, tali da indicare un rischio di non mantenimento dell'attuale stato di qualità.

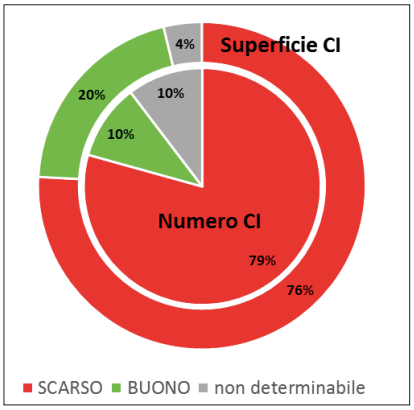


Figura 3 - Percentuale di corpi idrici sotterranei in stato chimico scarso, buono e non determinabile in termini di numero e di superfice coperta per il triennio 2016-2018 in Puglia.

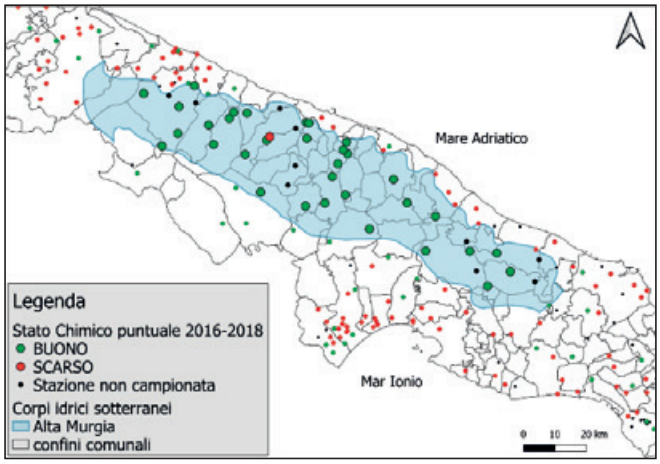


Figura 4 - Stato chimico puntuale dell'Alta Murgia nel triennio 2016-2018.

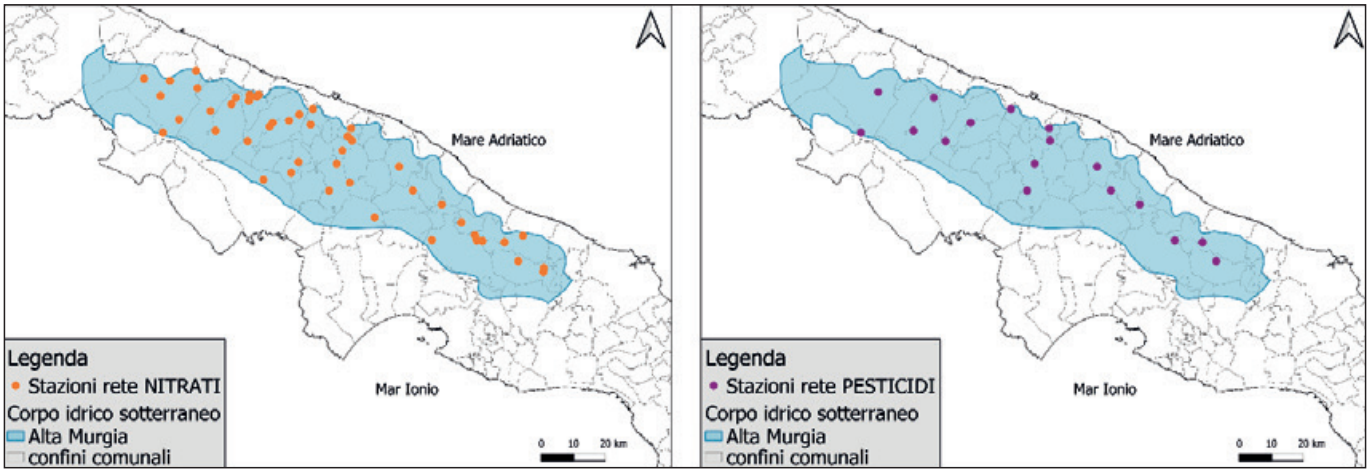


Figura 5 - Reti di monitoraggio integrative dell'Alta Murgia.

CONCLUSIONI

La gestione sostenibile della risorsa idrica è uno degli obiettivi strategici dell'Unione Europea, in coerenza con l'obiettivo 6 dell'Agenda ONU 2030. La quantificazione delle risorse idriche disponibili, della possibilità di approvvigionamento delle stesse e del relativo stato qualitativo diventano conoscenze indispensabili per poter avviare delle corrette azioni di gestione.

In Puglia, il cospicuo patrimonio idrico di acque interne riguarda principalmente le falde sotterranee, in quanto la natura carsica delle rocce estesamente affioranti nel territorio pugliese inibisce la circolazione idrica superficiale.

Pertanto, anche in relazione agli effetti sulla disponibilità dell'acqua determinati dal cambiamento climatico in atto, si evidenzia l'importanza di monitorare lo stato delle acque sotterranee per consolidare le serie storiche dei dati disponibili al fine di individuare, caratterizzare e seguire nel tempo le criticità ambientali presenti in grado di determinare un progressivo degrado quantitativo e qualitativo degli acquiferi pugliesi.

Le attività di monitoraggio qualitativo illustrate, con focus sull'Alta Murgia, e regolarmente svolte da ARPA Puglia, vanno in questa direzione, e si pongono come essenziali al fine di indirizzare e valutare le azioni di risanamento, attraverso gli strumenti di pianificazione.

BIBLIOGRAFIA

Deliberazione della Giunta Regionale 1 ottobre 2013 n.1786 - Attuazione Direttiva 2006/118/CE. Caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei ai sensi del D.Lgs. 30/2009. Approvazione "Identificazione" e "Classificazione di rischio" dei corpi idrici sotterranei della Puglia. REGIONE PUGLIA BU137 22/10/2013.

Deliberazione della Giunta Regionale 20 febbraio 2015, n. 224 - "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei" (P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea di inter- vento 2.1.) - Azione 2.1.4.). Approvazione "Progetto Maggiore" e "Attività integrative". Individuazione dei soggetti attuatori ed approvazione dei relativi schemi di convenzione. REGIONE PUGLIA BU37 17/03/2015.

Deliberazione della Giunta Regionale 14 luglio 2016, n. 1046 - P.O.R. PUGLIA 2014-2020 - Azione 6.4 - "Integrazione e rafforzamento dei sistemi informativi di monitoraggio della risorsa idrica". Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei per il periodo 2016- 2018. Approvazione schemi di convenzione. REGIONE PUGLIA BU88 29/7/2016.

Deliberazione della Giunta Regionale 12 giugno 2018 n.1004 - Attuazione DGR n.896/2017. Approvazione "Programma di monitoraggio dei residui dei prodotti fitosanitari nei corpi idrici superficiali e sotterranei pugliesi". REGIONE PUGLIA BU84 25/06/2018.

Deliberazione della Giunta Regionale 19 dicembre 2019, n. 2417 - P.O.R. PUGLIA 2014-2020 - Azione 6.4 - "Integrazione e rafforzamento dei sistemi informativi di monitoraggio della risorsa idrica". Programma di Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Aggiornamento rete di monitoraggio del Progetto Maggiore ex DGR 224/2015. REGIONE PUGLIA BU17 7/2/2020.

https://www.arpa.puglia.it/pagina3105_acque-sotterranee-triennio-2016-2018.html

n° 1/2023 - pagg. 41-49

IL DISSESTO IDROGEOLOGICO IN PUGLIA

Gioacchino Francesco Andriani[1, 2], Piernicola Lollino[1], Mario Parise[1, 3]

[1]Dipartimento di Scienze della Terra e Geombientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro
[2]Iscritto ORG Puglia n. 94 ES
[3]Iscritto ORG Puglia n. 191 ES

RIASSUNTO

In questa breve nota viene presentata una sintesi di riferimento sulle cause e sui caratteri fondamentali del dissesto idrogeologico in Puglia. Ad una presentazione dei principali fenomeni di dissesto associati ad alluvioni, frane, sprofondamenti ed erosione costiera, congiunta ad un'analisi dei dati nazionali e regionali pubblicati dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ABDAM), segue una discussione su possibili strumenti e iniziative che, con il coinvolgimento e la cooperazione di enti, istituzioni e tecnici, possono essere promossi per arginare e contrastare i fenomeni di dissesto idrogeologico e le loro conseguenze.

INTRODUZIONE

L'uso dell'espressione dissesto idrogeologico, talvolta improprio e fuorviante soprattutto da parte dei mass media, va inquadrato nell'impostazione fornita dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) per la redazione del *Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia*, ormai giunto alla sua terza edizione (Trigila *et al.*, 2021). Il dissesto idrogeologico è da intendersi, infatti, come una condizione d'instabilità, associata ad una situazione di danno per il territorio, per effetto di fenomeni di alluvionamento, di frana, di valanga e di erosione costiera, innescati da eventi climatici estremi[1], eccezionali o particolarmente intensi in territori "fragili" per fattori naturali e/o antropici. In tali situazioni, alla naturale propensione al dissesto del territorio connessa a fattori geologici, morfologici, topografici e meteo-climatici, spesso si aggiunge l'impatto deleterio dell'uomo sull'ambiente. Si tratta, quindi, di un argomento attuale e di elevata rilevanza per la Regione Puglia, ma anche per l'intero territorio nazionale, spesso legato al consumo di suolo e, più in generale, allo sfruttamento eccessivo e non sostenibile delle risorse naturali, con conseguenti effetti negativi sulla popolazione, sulle infrastrutture e sul costruito nonché sul sistema economico e produttivo.

Nonostante la Regione Puglia da più di un decennio - precisamente con la L.R. 13/2008 "Norme per l'Abitare Sostenibile" e la L.R. 21/2008 "Norme per la rigenerazione urbana" - abbia avviato un nuovo percorso per promuovere la sostenibilità ambientale nelle trasformazioni del territorio e in edilizia, di fatto, essa ha registrato nel 2020 un incremento del consumo di suolo netto di 493 ettari in più rispetto all'anno precedente, confermandosi tra le Regioni italiane al di sopra della media nazionale, insieme a Lombardia, Veneto, Campania, Emilia Romagna, Lazio, Friuli Venezia Giulia e Liguria (Munafò, 2021). In particolare, un elevato livello di trasformazione d'uso del suolo ha interessato l'area metropolitana di Bari, la fascia costiera entro un chilometro dalla linea di riva e le aree di pianura, soprattutto nella zona meridionale della Regione (Fig. 1). È, pertanto, evidente che l'incremento della domanda abitativa, legata spesso ad aspetti sociali, lo sviluppo di nuovi insediamenti industriali, artigianali e del settore terziario nonché la realizzazione di infrastrutture non sono stati affiancati da una programmazione e pianificazione di interventi a vocazione ambientale, finalizzata non solo alla limitazione del consumo del suolo, ma anche al rispetto del territorio e dei suoi caratteri geologici, morfologici e geomeccanici ed alla riqualificazione dei contesti paesaggistici compromessi.

Al consumo di suolo si aggiungono gli effetti dei cambiamenti climatici, tra i quali particolare impatto sui fenomeni di dissesto idrogeologico assumono l'aumento della temperatura, l'incremento della frequenza degli eventi meteorologici estremi e violenti e l'innalzamento del livello medio del mare, all'interno di uno scenario climatico riconosciuto in diverse aree del globo, tra cui l'Europa Meridionale (Alpert *et al.*,

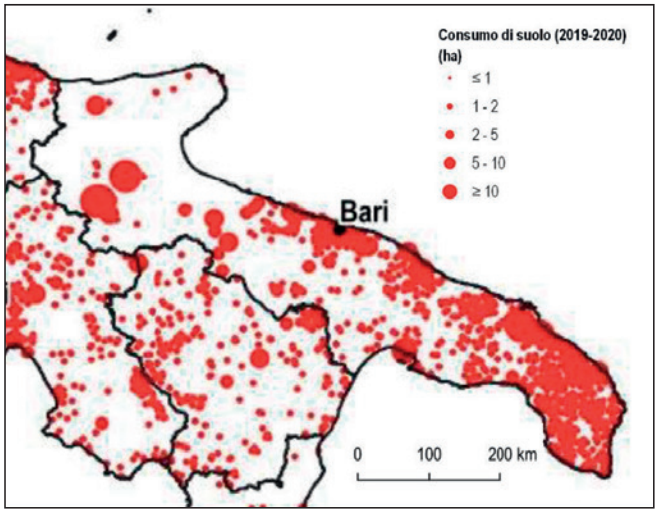


Figura 1 - Localizzazione delle principali trasformazioni d'uso di suolo tra il 2019 e il 2020. Stralcio elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA (modificato da Munafò, 2021).

[1] "Evento raro in riferimento alla sua distribuzione statistica in un determinato luogo" secondo la definizione fornita nel 2001 dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), massimo organismo mondiale di esperti sul clima creato nel 1988 dal WMO (World Metereological Organization) e dall'UNEP (Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente).

2002). Dati pubblicati di recente dall'ARPA Puglia, relativi alle stazioni pluviometriche di Bari, Foggia, Taranto, Brindisi e Lecce per il periodo 2007-2020, rivelano che l'andamento pluviometrico mostra una flessione nei valori di precipitazione media annua, con picchi negativi (circa 470 mm) coincidenti con il 2017 e il 2019 e una leggera ripresa nel 2020 (poco più di 500 mm) (ARPA, 2021a). La linea di tendenza delle temperature nel periodo 2007-2020 registra una crescita dei valori di circa 0.03 °C/anno con una temperatura media annuale di 18.2 °C (ARPA, 2021b). Se si analizza, poi, quanto accaduto in Italia più di recente, ci si accorge che il 2022 è stato l'anno più caldo registrato dal 1800, secondo le rilevazioni dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (ISAC-CNR; https://www.isac.cnr.it/it/temi-di-ricerca/Climate-monitoring), con temperature di 2.88 °C e di 2.26 °C sopra la media, rispettivamente per i mesi di giugno e di luglio (Nanni & Minutolo, 2022). L'aumento di temperatura ha riguardato anche le acque marine che in Italia nel 2022 è risultato essere di 3 - 4°C superiore alla media storica. In Puglia, negli ultimi 15 anni la temperatura media del mare è cresciuta di 1 °C, con un record negativo registrato alla fine di luglio del 2022 nelle acque del Golfo di Taranto dove è stata raggiunta una temperatura di 30 °C, ben 5 °C al di sopra della media del periodo (Nanni & Minutolo, 2022). Di conseguenza, preoccupa anche il progressivo innalzamento globale del livello medio marino che, tra il 1901 e il 2018, è risultato pari a 0.20 m, con un aumento in media di 1.4 mm/anno per il Mar Mediterraneo (IPCC, 2021). In Puglia, alcune ricerche su siti di interesse storico ubicati lungo la costa adriatica e jonica hanno evidenziato un innalzamento del livello medio marino di circa 15 cm negli ultimi 1000 anni (Pagliarulo *et al.*, 2013; Mastronuzzi *et al.*, 2017). All'innalzamento del livello del mare è seguito un incremento degli effetti delle mareggiate e dei fenomeni erosivi costieri che hanno interessato sia i tratti di falesia rocciosa sia quelli di spiaggia, con riferimento ai quali in area jonica, ad ovest di Taranto, sono stati registrati valori eccezionali di arretramento fino a 10 m/anno (Mastronuzzi *et al.*, 2017).

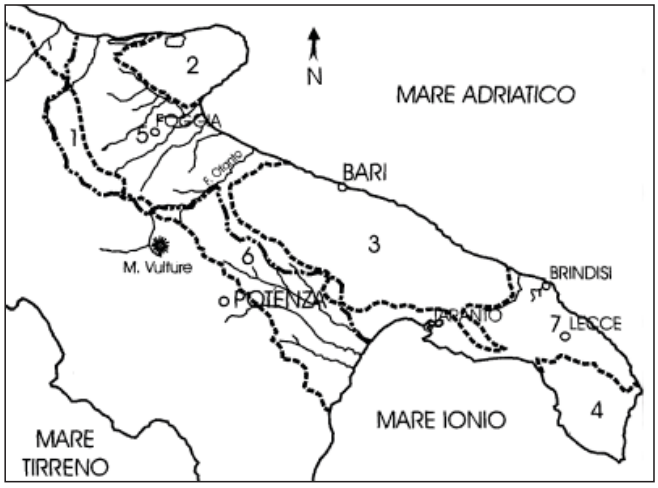


Figura 2 - Distribuzione geografica delle regioni naturali della Puglia: 1) Monti della Daunia; 2) Promontorio del Gargano; 3) Murge; 4) Serre Salentine; 5) Tavoliere delle Puglie; 6) Fossa Bradanica (o Premurgiana); 7) Tavoliere di Lecce (modificato da AA.VV., 1999).

Questo quadro generale è completato da un incremento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici estremi, che dal 2010 al 2022 sono stati ben 112 in Puglia. Nella sola città di Bari, infatti, nello stesso periodo sono stati registrati 42 eventi, principalmente allagamenti da piogge intense (20) e danni da trombe d'aria (17). Sebbene si tratti di dati preoccupanti, essi non possono essere considerati sorprendenti o inaspettati, considerando che l'area del Mediterraneo rappresenta il luogo in cui gli effetti dei cambiamenti climatici risultano anticipati ed estremizzati rispetto ad altre regioni del pianeta (Cramer *et al.*, 2018; Nanni & Minutolo, 2022).

Nasce, quindi, l'esigenza di perfezionare le politiche di gestione del territorio per evitare o ridurre il ricorso ad approcci emergenziali, attraverso una proficua e lungimirante collaborazione tra Enti pubblici territoriali e non territoriali, imprese e liberi professionisti - Geologi, Ingegneri, Agronomi/Forestali e Architetti - finalizzata alla previsione, prevenzione e mitigazione dei rischi naturali.

CARATTERI GEOLOGICI E MORFOLOGICI DEL TERRITORIO PUGLIESE

La Puglia è la Regione italiana più estesa in lunghezza (348 km) con una superficie di 19541 km^2, un perimetro di 1262 km e 967 km di costa. Il territorio è costituito per poco più del 53 %, corrispondente a circa 10300 km^2, da aree di pianura e per circa il 45 % da aree collinari, complessivamente pari a 8760 km^2. Le aree montuose occupano 286 km^2, pari a circa l'1.5 %, e corrispondono ai Monti della Daunia, appartenenti a un tratto dell'Appennino Meridionale in cui la principale vetta è costituita dal M. Cornacchia (1152 m s.l.m., massima quota regionale, nei dintorni di Roseto Valfortore, in provincia di Foggia), ed alla parte più elevata del Promontorio del Gargano (1055 m s.l.m. di Monte Calvo, presso S. Giovanni Rotondo) (AA.VV., 1999).

Alla marcata variabilità dei caratteri geologici e morfostrutturali sono legati gli aspetti del paesaggio che disegnano un panorama geografico piuttosto complesso nel cui ambito sono state definite sette regioni naturali (Fig. 2), distinte da peculiari caratteri fisico-biologici e delimitate di norma da confini orografici (AA.VV., 1999).

I Monti della Daunia rappresentano un tratto del margine orientale della Catena appenninica, caratterizzato da una serie di dorsali sub-parallele, con direzione NW-SE, incise dalle testate dei corsi d'acqua che solcano il Tavoliere delle Puglie. La morfologia del Subappennino Dauno è piuttosto articolata, essendo continuamente modellato da fenomeni franosi. Il Promontorio del Gargano corrisponde a un pronunciato ed isolato rilievo carbonatico, allungato in direzione E-W, delimitato da ripide scarpate con dislivelli anche superiori al centinaio di metri. I versanti, in particolare quello settentrionale e quello meridionale, presentano una tipica conformazione a gradinata. L'ampia superficie sommitale è caratterizzata da una accentuata morfologia carsica; i versanti sono incisi da profondi solchi torrentizi con deflussi saltuari. Le Murge individuano un vasto altopiano carbonatico, allungato da NW a SE, con la parte più elevata corrispondente al bordo occidentale o interno. Il versante adriatico, nord-

orientale digrada da quote intorno ai 650 m s.l.m. con una marcata conformazione a gradinata. Le Murge mostrano una evidente morfologia carsica, soprattutto sui ripiani più elevati (Murge alte). Il versante sud-occidentale ionico si raccorda alle adiacenti piane della Fossa Bradanica (a SW) e del Tavoliere di Lecce (a SE) tramite una scarpata pressoché continua, con dislivelli e pendenze molto variabili. I versanti delle Murge sono solcati da numerose incisioni erosive, diversamente profonde e caratterizzate da strette e ripide pareti anche terrazzate (lame e gravine); esse sono generalmente asciutte, ma possono convogliare ingenti quantità di acqua in occasione di eventi piovosi piuttosto intensi. Le Serre Salentine corrispondono a una triplice serie di strette dorsali carbonatiche, con quote che non superano i 200 m s.l.m. (Serre del Cianci, 189 m s.l.m.), tra loro parallele ed estese in direzione NNW-SSE, intervallate da strette depressioni sub-pianeggianti. I versanti affacciati sul mare presentano, per estesi tratti, coste alte e ripide a gradinata, incise da brevi e incassati solchi erosivi. Le aree depresse fra le dorsali (costituite da depositi calcarenitici e argillosi plio-pleistocenici) sono anch'esse conformate a gradinata e intagliate da reticoli idrografici con solchi non ovunque ben evidenti. Il Tavoliere delle Puglie rappresenta la seconda più vasta pianura dell'Italia peninsulare. È caratterizzato da un'elevazione media non superiore a un centinaio di metri ed è costituito da depositi terrigeni plio-pleistocenici. La parte più interna, in corrispondenza di una ristretta fascia a ridosso dei Monti della Daunia, presenta un paesaggio di tipo collinare con quote massime intorno ai 700 m s.l.m. Procedendo verso la costa, le forme del rilievo sono rappresentate da una serie digradante di ripiani variamente estesi e collegati da nette scarpate. I ripiani e le scarpate sono interrotti da ampie ed estese vallate caratterizzate da versanti terrazzati, che si ampliano in larghe piane alluvionali; in prossimità della fascia litoranea, le singole piane alluvionali danno origine per coalescenza a vaste aree paludose, orlate da un ininterrotto cordone di dune. La Fossa Bradanica rappresenta la naturale prosecuzione del Tavoliere delle Puglie a sud del Fiume Ofanto, sino al Golfo di Taranto. A partire dalle aree più elevate, prossime ai 600 m s.l.m., questo territorio risulta caratterizzato da una serie di estesi rilievi con sommità pianeggiante, situati a quote via via meno elevate e disposti a formare un ampio anfiteatro affacciato sul Golfo di Taranto. L'intera successione di ripiani delimitati da scarpate è profondamente incisa da ampie valli caratterizzate da versanti terrazzati e da estese piane alluvionali presso la fascia costiera, orlata da sistemi di dune recenti e attuali, associate ad estese depressioni retrodunali. Il Tavoliere di Lecce costituisce una vasta area sub-pianeggiante con elevazione massima di 166 m s.l.m. (collina di Oria, in provincia di Brindisi), estesa nella parte settentrionale del Salento dal margine meridionale dell'altopiano murgiano (Soglia Messapica) alla costa adriatica e delimitata a Sud dai rilievi delle Serre Salentine. Anche questa pianura (costituita in prevalenza da depositi pleistocenici) presenta una superficie composita, digradante verso il Mare Adriatico attraverso una serie di superfici terrazzate. Nella parte settentrionale è percorsa per tutta la sua estensione dal Canale Reale e, presso Brindisi, dal contiguo, ma più breve, Canale Cillarese (oggi sbarrato da una diga), la cui foce ad estuario (geneticamente collegabile alla recente sommersione di una preesistente valle fluviale), corrisponde al porto naturale di Brindisi (AA.VV., 1999).

Nel territorio pugliese possono essere individuati tre differenti domini strutturali del sistema geodinamico dell'orogenesi appenninica (Fig. 3). Procedendo dal confine nord-occidentale verso la costa adriatica, infatti, si susseguono delimitati da nette discontinuità: *i)* il tratto frontale della Catena appenninica corrugata (Monti della Daunia), costituito da successioni argilloso-marnoso-arenacee alloctone mio-plioceniche in facies di flysch; *ii)* l'estesa area dell'Avanfossa appenninica, corrispondente alla Fossa premurgiana o Bradanica e al Tavoliere delle Puglie, colmata da depositi clastici plio-pleistocenici, pressoché indeformati; *iii)* l'Avampaese Apulo, corrispondente ai rilievi dei Promontorio del Gargano, delle Murge e delle Serre Salentine, caratterizzato da una potente successione carbonatica mesozoico-paleogenica (Piattaforma carbonatica Apula) con evidenze di tettonica disgiuntiva.

PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA IN PUGLIA

Per la Regione Puglia, un quadro sintetico, ma allo stesso tempo esaustivo e dettagliato, sulla pericolosità geomorfologica ed idraulica, associata a movimenti gravitativi e ad alluvioni, nonché sull'erosione costiera, può essere ricavato dal *Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia* - edizione 2021 - redatto dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambienta). Esso è basato sulle nuove mosaicature nazionali di pericolosità, realizzate nell'ambito dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), continuamente aggiornati dalle Autorità di Bacino Distrettuali (Trigila *et al.*, 2021). La pericolosità geomorfologica viene distinta in tre classi (PG1, PG2 e PG3) a grado crescente di pericolosità, così come la pericolosità idraulica distinta in alta pericolosità idraulica (AP), media pericolosità idraulica (MP) e bassa pericolosità idraulica (BP).

Un dato allarmante e preoccupante, comune a tutte le Regioni italiane, è costituito dal fatto che, alla naturale propensione al dissesto del territorio, si aggiunge un continuo

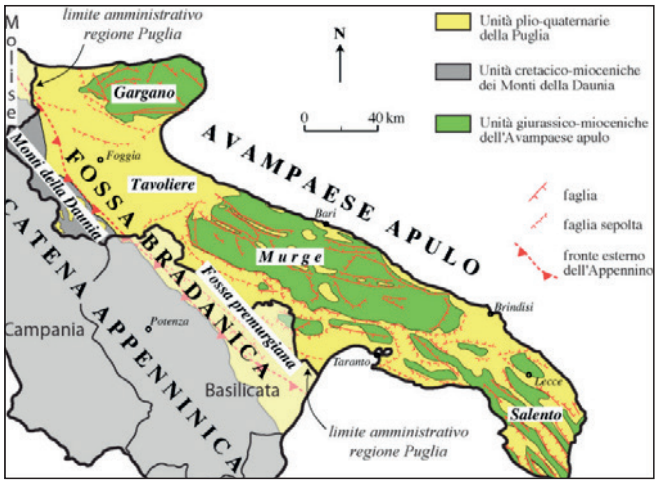


Figura 3 - Carta geologica sintetica del territorio pugliese (modificato da Tropeano, 2019).

aumento di consumo di suolo, spesso lontano da una pianificazione territoriale sostenibile, insieme ad un incremento della frequenza di eventi pluviometrici intensi. Di conseguenza, ciò ha comportato, in generale, una maggiore propensione al dissesto per frana e alluvioni, ed in particolare l'occorrenza, sempre più di frequente, di frane superficiali, di colate detritiche e di piene rapide e improvvise (*flash flood*). Queste ultime caratterizzano in particolare, con gravi danni, l'ambiente carsico pugliese, in tutti i suoi settori (Gargano, Murge e Salento; si vedano a tal proposito Bissanti 1972; Martinotti *et al.*, 2017; Gentile *et al.*, 2020). Un quadro generale aggiornato sulla pericolosità da alluvione in Italia e sul livello di esposizione della popolazione, dei beni culturali e degli impianti potenzialmente inquinanti (Allegato I D.Lgs. 59/2005) è illustrato nel *Rapporto sulle condizioni di pericolosità da alluvione in Italia e indicatori di rischio associati* (Lastoria *et al.*, 2021). Dalla mosaicatura ISPRA 2020 pubblicata in questo rapporto si evince che in Italia il 5.4% del territorio nazionale ricade in aree a probabilità o pericolosità elevata (*HPH - High Probability Hazard*) per una superficie potenzialmente allagabile di 16223.9 km^2; lo scenario di probabilità o pericolosità media (*MPH - Medium Probability Hazard*) si estende fino a 30195.6 km^2 corrispondente al 10.0 % del territorio nazionale, mentre quello di probabilità o pericolosità bassa (*LPH - Low Probability Hazard*) è di 42375.7 km^2, ossia pari ad una percentuale di territorio nazionale allagabile pari al 14.0 % della superficie totale nazionale. Rispetto ai valori determinati a scala nazionale, la situazione più critica per i tre scenari di probabilità o pericolosità si riscontra in Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, Toscana e Calabria.

In questo contesto, relativamente alla Regione Puglia e alle Province pugliesi, lo scenario ISTAT 2020 è rappresentato rispettivamente nelle Tabelle 1 e 2.

L'osservazione dei dati conduce a considerazioni inequivocabili: le Province più vulnerabili a fenomeni di alluvionamento sono quelle di Foggia e di Barletta-Andria-Trani, seguono, in ordine decrescente, le Province di Taranto, Bari, Brindisi e Lecce. Ad alluvioni e inondazioni spesso sono associati gravi danni materiali inestimabili e morti sia nelle aree urbane sia in quelle rurali. In Puglia, tra il 1964 e il 2013, si stimano 27 morti, 3 dispersi e 74 feriti (dati IRPI-CNR, https://www.irpi.cnr.it/). Facendo riferimento solo all'ultimo decennio, va ricordato l'evento alluvionale di Ginosa del 7 ottobre 2013, dove in seguito a precipitazioni temporalesche, con accumuli registrati dalle centraline meteo della Protezione Civile su Ginosa tra le 16.30 e le 21.30 di 47.2 mm e su Ginosa Marina tra le 16.30 e le 22.00 di 95.2 mm, hanno perso la vita quattro persone travolte da acqua e fango (Montanaro, 2013). Nubifragi tra il 2 e il 4 settembre 2014 hanno colpito il Gargano, tra Peschici e San Marco in Lamis, con le seguenti conseguenze: due morti e gravi danni agli abitati e alle infrastrutture (Martinotti *et al.*, 2017). Scenari apocalittici per esondazioni si sono verificati nei dintorni di Rodi Garganico, il 15 luglio 2016, di San Severo, il 9 settembre 2016, e di Ostuni, in particolare nel villaggio di Rosa Marina, il 12 settembre 2016 (Gentile *et al.*, 2020). E sono bastate addirittura poche ore di pioggia per mettere in ginocchio la zona ASI di Molfetta, in parte allagata e inaccessibile, dopo l'evento meteorico del 16 luglio 2016 che ha registrato circa 96 mm di acqua in 9 ore, non un record per l'area in questione. Nella città di Bari è ancora vivo il ricordo delle alluvioni del 1905, del 1915 e del 1926. Nel novembre 1926, in particolare, 19 persone persero la vita e 50 ne rimasero ferite per lo straripamento delle lame Picone e Lamasinata (Baldassarre & Francescangeli, 1987). I dati dell'Osservatorio Meteorologico di Bari hanno rilevato, tra le 20:00 del 4 novembre e le 21:00 del 5 novembre 1926, 103 mm di pioggia, di cui 96 mm caduti in un periodo di 3 ore, e 160 mm di pioggia in 48 ore, con un picco di portata di flusso di 350 m^3/s, 300000 m^3 di fango e detrito e circa 0.6 m di acqua lungo le strade centrali di Bari. L'ultimo evento particolarmente disastroso in terra di Bari risale alla notte tra il 22 e 23 ottobre 2005, quando in seguito ad un evento piovoso eccezionale, un intero quartiere della città (S. Rita - Carbonara) fu sommerso da un'improvvisa alluvione per tracimazione delle acque convogliate nelle lame Baronali e Picone (Mossa, 2007; Andriani & Walsh, 2009). Nella stessa circostanza, si registrarono sei vittime e ingenti danni a strade, cavalcavia e alle linee ferroviarie, nonché l'inondazione e la completa distruzione del Parco "di Maso", un'area di verde attrezzato, costruita alla fine degli anni '90 all'interno di una

REGIONE PUGLIA						
Area Regione	Area a pericolosità idraulica					
km^2	Elevata - HPH		Media - MPH		Bassa - LPH	
	km^2	%	km^2	%	km^2	%
19541	790	4.0	1357.1	6.9	1597.1	8.2

Tabella 1 - Valori di superficie allagabile della Puglia per i diversi scenari di probabilità di alluvione, espressi in km^2 e in % rispetto all'area totale regionale (Mosaicatura ISPRA, 2020 in Lastoria *et al.*, 2021, modif.).

REGIONE PUGLIA							
Provincia	Area totale	Area a pericolosità idraulica					
km^2	km^2	Elevata - HPH		Media - MPH		Bassa - LPH	
		km^2	%	km^2	%	km^2	%
BARI	3863	95.7	2.5	130.5	3.4	148.8	3.9
BAT	1543	88.0	5.7	121.0	7.8	131.0	8.5
BRINDISI	1861	42.8	2.3	72.3	3.9	83.8	4.5
FOGGIA	7007	415.8	5.9	771.4	11.0	873.4	12.5
LECCE	2799	36.4	1.3	88.3	3.2	116.6	4.2
TARANTO	2467	111.4	4.5	173.6	7.0	243.5	9.9

Tabella 2 - Valori di superficie allagabile delle Province pugliesi per i diversi scenari di probabilità di alluvione, espressi in km^2 e in % rispetto all'area totale di ciascuna Provincia (Mosaicatura ISPRA, 2020 in Lastoria *et al.*, 2021, modif.).

Figura 4 - Cava "Di Maso" (Quartiere S. Rita, Carbonara di Bari, Bari) colmata da fango e detriti in seguito all'alluvione del 22-23 ottobre 2005.

vecchia cava a fossa abbandonata di circa 60000 m^2 e 40 m di profondità (Fig. 4).

Relativamente alle frane, l'Italia è uno dei paesi europei maggiormente interessati da fenomeni di instabilità gravitativa, generalmente causati da eventi meteorici particolarmente intensi e da scuotimenti sismici, a luoghi associati all'incuria dell'uomo e predisposti da particolari caratteristiche geologiche e morfologiche del suo territorio.

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, rappresenta la banca dati sulle frane più completa esistente in Italia, per la scala della cartografia adottata (1:10.000) e per il dettaglio delle informazioni e del numero di parametri considerati. Per diverse Regioni, tra le quali la Puglia, l'aggiornamento più recente risale al 2007 (Trigila *et al.*, 2010). Le frane censite nell'inventario IFFI sono oltre 625000 e interessano il 7.9 % del territorio nazionale per una superficie di circa 24000 km^2. Il 28 % di esse è costituito da crolli e da colate rapide di fango e detrito, ossia da fenomeni gravitativi a cinematismo rapido, caratterizzati da velocità elevate, fino ad alcuni metri al secondo, e da elevata energia distruttiva che sovente è causa di perdita di vite umane. A queste tipologie se ne aggiungono altre a cinematismo moderato o lento, di tipo colata, scivolamento roto-traslativo, frane complesse ed espandimenti laterali (lateral spread) per un totale pari al 53.99 %, spesso accompagnate da ingenti danni a centri abitati e infrastrutture lineari di comunicazione; le deformazioni gravitative profonde di versante costituiscono lo 0.26 %, mentre gli sprofondamenti in totale lo 0.08 % (Fig. 5).

I dati relativi alla Regione Puglia (Fig. 6) sono il risultato di rilievi di campagna condotti tra il mese di novembre 2004 e quello di aprile 2006 dal Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università degli Studi di Bari nell'ambito del Progetto IFFI (https://www.progettoiffi.isprambiente.it). Le frane censite sono concentrate prevalentemente nella Provincia di Foggia ed in particolare nei distretti geomorfologici del Promontorio del Gargano e del Subappennino dauno, a dimostrazione che le aree pugliesi soggette

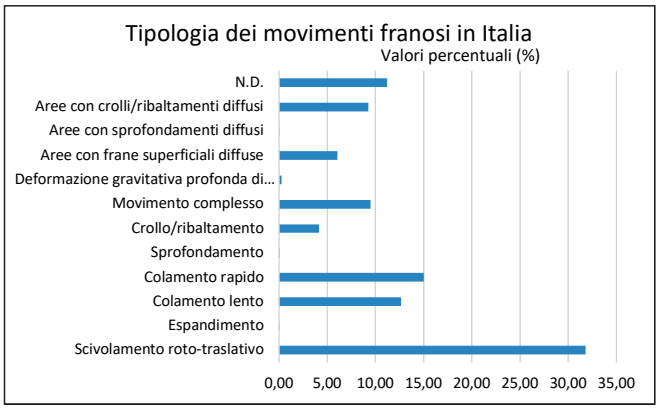


Figura 5 - Distribuzione percentuale delle tipologie di movimento in Italia (dati Inventario IFFI - https://www.progettoiffi.isprambiente.it).

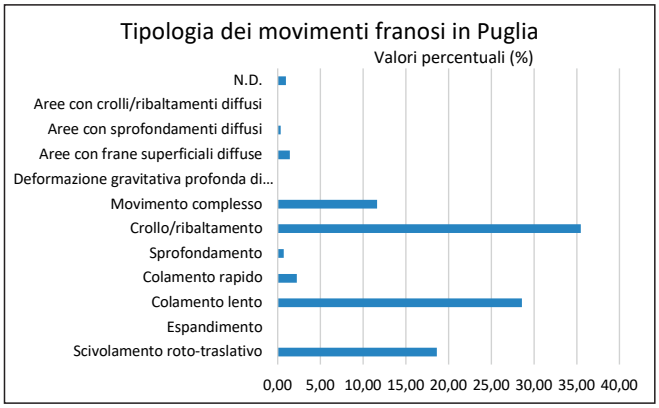


Figura 6 - Distribuzione percentuale delle tipologie di movimento in Puglia (dati Inventario IFFI - https://www.progettoiffi.isprambiente.it).

Figura 7 - Colate fangoso-detritiche superficiali nel bacino idrografico del Fiume Fortore (Subappennino Dauno).

ad instabilità gravitativa non sono solo quelle in cui affiorano terreni argillosi o in facies di flysch (Fig. 7). Tra i cinematismi più diffusi, infatti, sono annoverati colamenti, scivolamenti roto-traslazionali e movimenti complessi, ma anche crolli e ribaltamenti che caratterizzano aree in cui affiorano formazioni lapidee. Per il resto, nella Regione si registrano crolli di blocchi di roccia o sfettamenti, spesso accompagnati da ribaltamenti, in corrispondenza di falesie costiere o delle pareti di lame e di gravine (Fig. 8), meccanismi concentrati

Figura 8 - Crolli e ribaltamenti di blocchi di roccia lungo i fianchi della Gravina di Petruscio (Mottola).

Figura 9 - Crolli della volta di cave in sotterraneo (località "Pietra Caduta", Canosa di Puglia).

soprattutto nel Salento, in particolare lungo il lato adriatico tra Otranto e Leuca, e nell'Arco Ionico Tarantino (Fazio *et al.*, 2019; Andriani & Loiotine, 2020).

Negli ultimi anni, il CNR-IRPI ha messo a punto un inventario aggiornato della franosità dell'area dauna pugliese, sulla base di analisi di foto aeree stereoscopiche e rilievi in sito (Progetto GEOPUGLIA: Zumpano *et al.* 2021; Ardizzone *et al.* 2023). Il nuovo archivio proposto presenta un livello di dettaglio maggiore rispetto ai procedenti, aggiungendo anche informazioni sull'evoluzione multi-temporale dei principali movimenti franosi, per come dedotte dall'analisi delle foto aeree di età differente.

Infine, l'affioramento pressocché continuo di rocce carbonatiche mesozoiche ed eocenico-oligoceniche, ma anche neogeniche e quaternarie, nel Gargano, nelle Murge e nel Salento, rocce particolarmente inclini allo sviluppo del carsismo, rende questi territori particolarmente soggetti a fenomeni di sprofondamento (*sinkhole*) (Parise, 2022). Questi rappresentano la tipologia di pericolo naturale maggiormente diffusa in ambiente carsico. Fenomeni di *sinkhole* caratterizzano anche gli affioramenti di rocce carsogene gessose triassiche nei dintorni dell'abitato di Lesina, in provincia di Foggia (Parise, 2008). A questi si aggiungono gli sprofondamenti rilevati in molte aree del territorio pugliese in cui si riscontra la presenza di cave in sotterraneo per la coltivazione di rocce tenere e di ipogei di interesse storico-archeologico (Fig. 9). In particolare, dagli inizi di questo secolo la frequenza di eventi di sprofondamento, connessi a cavità naturali e artificiali, ha avuto un netto incremento, raggiungendo un picco tra il 2009 e il 2010, come dimostrano recenti episodi registrati in territorio di Altamura, Andria, Canosa di Puglia e Gallipoli (Vennari & Parise, 2022).

Il quadro generale della pericolosità da frana può essere desunto dalla nuova Mosaicatura nazionale delle aree a pericolosità dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI realizzata dall'ISPRA per il periodo di riferimento 2020-2021 (Trigila *et al.*, 2021). La pericolosità da frana rappresenta la probabilità di occorrenza di un fenomeno potenzialmente distruttivo, di una determinata intensità in un dato periodo e in una data area (Varnes, 1984). L'analisi della pericolosità da frana PAI viene effettuata sulla base della valutazione della suscettibilità o pericolosità spaziale, che consente di individuare le porzioni di territorio a maggiore probabilità di accadimento di fenomeni franosi, per la mancanza di informazioni relative alle date di attivazione delle frane e quindi dalla difficoltà di determinare il tempo di ricorrenza. Nelle Norme di attuazione del PAI, le aree individuate possono essere classificate sulla base del livello di pericolosità in: i) P4 o Pericolosità da frana molto elevata; ii) P3 o Pericolosità da frana elevata; iii) P2 o Pericolosità da frana media; iv) P1 o Pericolosità da frana moderata; v) AA o Aree di attenzione, che corrispondono a porzioni di territorio per le quali esistono informazioni di potenziali condizioni di dissesto a cui non è ancora stata associata alcuna classe di pericolosità. La superficie complessiva, in Italia, delle aree a pericolosità da frana PAI e delle aree di attenzione è pari a 60481 km^2 (20 % del territorio nazionale); la superficie delle aree in classe P4 è pari a 9495 km^2 (3.1 %), quella in classe P3 è di 16891 km^2 (5.6 %), quella in classe P2 è di 14551 km^2 (4.8 %), mentre le aree ricedenti rispettivamente nelle classi P1 e AA sono rispettivamente di 12556 km^2 (4.2 %) e di 6988 km^2 (2.3 %). In Puglia, su una superficie di 19541 km^2, l'area totale a pericolosità da frana è di circa il 9 % di cui poco più del 3% è a pericolosità elevata (P3) e molto elevata (P4) (Tab. 3).

REGIONE PUGLIA										
Area Regione	Area a pericolosità da frana								Aree di attenzione (AA)	
km^2	Molto elevata (P4)		Elevata (P3)		Media (P2)		Moderata (P1)			
	km^2	%	km^2	%	km^2	%	km^2	%	km^2	%
19541	121.2	0.62	474.9	2.43	1125.5	5.76	21.8	0.11	9.3	0.05

Tabella 3 - Aree a pericolosità da frana PAI in Puglia, espresse in km^2 e in % rispetto all'area totale regionale (Mosaicatura 2020-2021, da Trigila *et al.*, 2021, modif.).

I fenomeni di erosione costiera sono il risultato di processi naturali (moto ondoso, marea, correnti marine, ecc.) a cui si aggiunge l'impatto antropico, connesso al consumo di suolo, particolarmente manifesto nelle zone a ridosso della linea di costa, dove, non di rado, contribuisce negativamente ai processi naturali di dinamica costiera. Il 90 % degli oltre 8000 km di coste italiane è ancora libero da strutture marittime ed è, pertanto, considerato naturale. Tra le coste naturali, 2660 km sono costituite da coste alte rocciose, mentre circa 4700 km comprendono coste sabbiose e/o ghiaiose, ossia coste basse. Sebbene le falesie rocciose siano interessate da progressivo arretramento, associato a meccanismi di instabilità gravitativa, maggiormente diffusi lungo i settori di affioramento di rocce tenere, i tratti di costa più suscettibili ai fenomeni di erosione sono costituiti dalle spiagge, che in Italia si sviluppano per una lunghezza complessiva di 3316 km ed una superficie di oltre 122 km^2. Recenti studi indicano che tra il 2000 e il 2007, il 37 % dei litorali italiani ha subito cambiamenti della linea di riva maggiori di +/- 5 metri, con i tratti in erosione superiori ai tratti in avanzamento; tra il 2007 e il 2019 a livello nazionale si riscontra una maggiore stabilità dei litorali (2801 km, pari al 59.5%, sono tendenzialmente stabili), legata ad una diminuzione dei tratti in regressione (887 km pari al 17.9%), e un incremento di quelli in sedimentazione (975 km pari al 19.7 %). Questo cambio di tendenza è sicuramente legato all'impegno di alcune Regioni nel promuovere iniziative finalizzate a mitigare e contrastare il dissesto costiero, attraverso opere di ripascimento artificiale e di difesa; oggi 1291 km di costa sono protetti da opere di difesa (Trigila *et al.*, 2021).

Relativamente alla Puglia, è importante sottolineare che essa, insieme a Calabria, Sicilia e Sardegna, detiene il record di chilometri di costa in arretramento. In particolare, le spiagge pugliesi fino alla fine degli anni '50 del secolo scorso sono state caratterizzate da progradazione, ma successivamente hanno invertito la loro tendenza a tal punto che circa il 30 % degli arenili e alcuni tratti di costa rocciosa si presentano oggi in forte erosione. In generale, è possibile affermare che in Puglia i tratti di costa in arretramento sono superiori a quelli in avanzamento (Tab. 4). Evidenze di fenomeni di arretramento costiero caratterizzano le spiagge estese della foce del Fiume Fortore, il litorale tra Manfredonia e Barletta - una unità fisiografica estesa di circa 60 km che riceve apporti sedimentari dal Fiume Ofanto e da altri corsi d'acqua minori (Carapelle, Candelaro e Cervaro) -, e quello ad Ovest di Taranto fino a Metaponto, tratto che riceve apporti dei Fiumi Bradano, Basento, Sinni e Agri. Con riferimento esplicito all'area del delta dell'Ofanto, le spiagge non protette mostrano tassi di arretramento medio dell'ordine di 2 m/anno, mentre i tratti protetti costituiscono il 30 % della linea di riva. Non sono escluse da questo andamento generale le piccole spiagge confinate tra promontori rocciosi e nelle insenature di tratti costieri in roccia calcarea e calcarenitica (*pocket beach*), lungo tutto il perimetro della penisola salentina (Sansò, 2010).

Tassi di arretramento inferiori mostrano le falesie rocciose costiere e, soprattutto, le coste rocciose digradanti. Falesie in rapido arretramento sono intagliate su calcareniti tra Barletta e Bisceglie, nel tratto a Sud di Bari, tra Torre a Mare e Monopoli, nel litorale a Nord di Brindisi, nell'area di Porto Miggiano (Santa Cesarea Terme) e lungo la costa tra Roca Vecchia e Otranto dove si registrano tassi di arretramento medi dell'ordine di circa 0.2 m/anno. Altre falesie in arretramento si rinvengono lungo il litorale tra Bisceglie Sud e Molfetta, dove sono modellate in calcari molto degradati e fratturati e quelle del Promontorio del Gargano, intagliate sui calcari con selce e nelle brecce di versante.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Analogamente ai terremoti, agli *tsunami* ed alle eruzioni vulcaniche, anche le frane, le valanghe, gli sprofondamenti, le alluvioni ed i fenomeni di erosione costiera sono fenomeni naturali che ci ricordano quanto sia vivo ed attivo il nostro pianeta. L'Italia è un paese geologicamente fragile e la Regione Puglia rispecchia, per i suoi caratteri geologici, morfologici, geomeccanici, topografici e meteo-climatici, questa condizione di vulnerabilità ai disastri naturali.

I cambiamenti climatici, in generale, hanno comportato inequivocabilmente a scala globale l'aumento della temperatura media, la variazione del regime delle precipitazioni con l'incremento degli eventi molto intensi o estremi, la riduzione della estensione dei ghiacciai, l'innalzamento del livello del mare, ma è allo stesso tempo vero che non sempre si riscontra concordanza tra indicatori climatici e numero di eventi catastrofici. Facendo specifico riferimento al dissesto idrogeologico, gli eventi catastrofici risultano in continuo aumento, sebbene ciò non sia da ricollegarsi inequivocabilmente con l'andamento dei trend climatici, per alcune Regioni italiane. Infatti, sulla base di studi comparati tra numero di frane e di piene catastrofiche e piovosità, temperatura atmosferica, numero di giorni piovosi, massimi annui di piogge brevi (da un'ora a 5 giorni), è stato dimostrato che, per periodi di osservazione compresi tra il 1918 e il 2006 per la Puglia e tra il 1928 e il 2004 per la Calabria, ad un trend positivo o in crescita degli eventi catastrofici si affiancano una tendenza al calo pluviometrico, dovuto in particolare ad un consistente deficit di precipitazioni a partire dal 1980, evidenziato soprattutto nei mesi invernali, ed un aumento costante della temperatura media (Petrucci *et al.*, 2012; Polemio & Lonigro, 2015). Non va dimenticato, tuttavia, che queste ultime condizioni favoriscono un incremento dell'energia del sistema climatico e, dunque, un incremento degli eventi meteorici concentrati e caratterizzati da intensità eccezionale.

REGIONE PUGLIA												
Costa	Naturale		Bassa									
km	km	%	Lungh. totale		Stabile		Non definito		Erosione (> -5 m)		Avanzamento (> +5 m)	
			km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
967	873	90.2	673	69.6	487	72.4	15	2.2	95	14.1	77	11.4

Tabella 4 - Estensione lineare dei tratti di costa in erosione e in avanzamento (> +/- 5 m), espressa in km e in % rispetto alla lunghezza totale della costa bassa pugliese (Periodo di riferimento 2007-2019, da Trigila *et al.*, 2021, modif.).

Proprio questo differente regime climatico può essere, d'altra parte, all'origine di una progressiva modifica della tipologia dei dissesti idrogeologici potenzialmente attivabili.

È pertanto chiaro, sulla base dei dati sin qui presentati e discussi, come un ruolo significativo nell'incremento degli eventi disastrosi vada assegnato all'impatto antropico e, in particolare, al consumo di suolo che in Puglia, così come in altre Regioni italiane, continua a registrare un aumento superiore alla media nazionale. In sostanza, si assiste ancora oggi ad una mancanza di rispetto della naturale morfologia dei luoghi, forse per scarsa conoscenza o competenza specifica in materia geologica, in termini di evoluzione morfodinamica, di proprietà fisico-meccaniche dei materiali, di idraulica, di idrogeologia del territorio. Questo causa una valutazione approssimativa della realtà fisica dei luoghi e la sottostima del rischio legati ad un'inadeguata conoscenza scientifica dei fenomeni, che spesso si associa all'adozione di soluzioni tecniche a scarsa vocazione ambientale.

Nonostante gli impegni profusi in questi anni da tutti i soggetti coinvolti nel contrasto del dissesto idrogeologico nella Regione Puglia, per un rafforzamento dei risultati ottenuti si rende necessario un rinnovamento delle politiche di gestione dei territori, finalizzato ad evitare o perlomeno a ridurre il ricorso ad approcci emergenziali. Disporre di risorse finanziarie dedicate è importante, ma lo è ancora di più favorire una politica di cooperazione tra Enti pubblici territoriali e non territoriali, imprese e liberi professionisti, in un'ottica di prevenzione del rischio e di pianificazione sostenibile del territorio.

BIBLIOGRAFIA

AA. VV. (1999) - *Guide Geologiche Regionali. Puglia e Monte Vulture, prima parte*. A cura della Società Geologica Italiana. BE-MA editrice, pp. 1-288.

Alpert P., Ben-Gai T., Baharad A., Benjamini Y., Yekutieli D., Colacino M., Diodato L., Ramis C., Homar V., Romero R., Michaelides S., Manes A. (2002) - *The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values.* Geoph. Res. Let., 29, 10, pp 31-_1 - 31-_4. https://doi.org/10.1029/2001GL013554.

Andriani G.F., Walsh N. (2009) - *An example of the effects of anthropogenic changes on natural environment in the apulian karst (Southern Italy).* Env. Geol., 58, pp. 313–325. https://doi.org/10.1007/s00254-008-1604-6.

Andriani, G.F., Loiotine, L. (2020) - *Multidisciplinary approach for assessment of the factors affecting geohazard in karst valley: the case study of Gravina di Petruscio (Apulia, South Italy).* Env. Earth Sci, 79, pp. 1-16, https://doi.org/10.1007/s12665-020-09212-y.

Ardizzone F., Bucci F., Cardinali M., Fiorucci F., Pisano L., Santangelo M., Zumpano V. (2023) - Geomorphological landslide inventory map of the Daunia Apennines, southern Italy. Earth System Science Data, 15(2), 753-767. https://doi.org/10.5194/essd-15-753-2023.

ARPA Puglia (2021a) - *Trend della precipitazione cumulata annuale.* https://www.arpa.puglia.it/pagina3207_trend-della-precipitazione-cumulata-annuale.html.

ARPA Puglia (2021b) - *Trend della temperatura media annuale*. https://www.arpa.puglia.it/pagina3206_trend-della-temperatura-media-annuale.html.

Baldassarre G., Francescangeli R. (1987) - *Osservazioni e considerazioni sulla inondazione del 6 novembre 1926 in Bari e su un relativo deposito*. Mem. Soc. Geol. It., 37, pp. 7-16.

Bissanti A.A. (1972) - *L'alluvione del luglio 1972 a Manfredonia*. Mem. Ist. Geogr. Fac. Econ. Comm. Università Bari, pp. 5-73.

Cramer W., Guiot J., Fader M., Garrabou J., Gattuso J.P., Iglesias A., Lange M. A., Lionello P., Llasat M.C., Paz S., Peñuelas J., Snoussi M., Toreti A., Tsimplis M.N., Xoplaki E. (2018) - *Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean.* Nat. Clim. Chan., 8, 11, pp. 972-980, https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2.

Fazio N.L., Perrotti M., Andriani G.F., Mancini F., Rossi P., Castagnetti C., Lollino P. (2019) - *A new methodological approach to assess the stability of discontinuous rocky cliffs using in-situ surveys supported by UAV-based techniques and 3-D finite element model: a case study.* Eng. Geol.. 260, 105205; https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105205.

Gentile P., Iaia C., Liso I.S. & Parise M. (2020) - *Eventi alluvionali nell'ambiente carsico pugliese*. In: Fiore A. & Masciocco L. (Eds.), *Atti del seminario nazionale "Analisi e attività di mitigazione dei processi geo-idrologici in Italia".* Geologia dell'Ambiente, suppl. n. 1/2020, ISSN 1591-5352, pp. 56-63.

IPCC (2021) - *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R., Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou EDS. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-2391. https://doi.org/10.1017/9781009157896.

Lastoria B., Bussettini M., Mariani S., Piva F., Braca G. (2021) - *Rapporto sulle condizioni di pericolosità da alluvione in Italia e indicatori di rischio associati.* ISPRA, Roma, Rapporti 353/21, pp. 1-185, ISBN 978-88-448-1080-1.

Martinotti, M. E., Pisano, L., Marchesini, I., Rossi, M., Peruccacci, S., Brunetti, M. T., Melillo, M., Amoruso, G., Loiacono, P., Vennari, C., Vessia, G., Trabace, M., Parise, M., and Guzzetti, F. (2017) - *Landslides, floods and sinkholes in a karst environment: the 1–6 September 2014 Gargano event, southern Italy*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 17, 467–480, https://doi.org/10.5194/nhess-17-467-2017.

Montanaro F. (2013) - *L'evento alluvionale di Ginosa del 7 ottobre 2013*. Geologi e Territorio, 2, pp. 9-14.

Mossa M. (2007) - *The floods in Bari: what history should have taught*. J. Hydraul. Res., 45, pp. 579–594.

Munafò M. (a cura di) (2021) - *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici.* Edizione 2021. Report SNPA 22/21, pp 1-361.

Nanni G., Minutolo A. (a cura di) (2022) - *Il clima è già cambiato – gli impatti di siccità e caldo estremo sulle città, i*

territori e le persone. Rapporto 2022 Osservatorio CittàClima di Legambiente. https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/Rapporto-CittaClima-2022.pdf.

Pagliarulo R., Antonioli F., Anzidei M. (2013) - *Sea level changes since the Middle Ages along the coast of the Adriatic Sea: The case of St. Nicholas Basilica, Bari, Southern Italy.* Quat. Int., 288, 139-145. 2012 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.01.011.

Parise M. (2008) - *I sinkholes in Puglia.* Mem. Descr. Carta Geol. d'It., LXXXV, pp. 309 – 334.

Parise M. (2022) - *Sinkholes, Subsidence and Related Mass Movements*. In: Shroder J.J.F. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Elsevier: Academic Press: Amsterdam, The Netherlands, 2nd ed.; vol. 5, pp. 200–220. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818234-5.00029-8. ISBN 9780128182345.

Parise M. & Vennari C. (2017) - *Distribution and features of natural and anthropogenic sinkholes in Apulia*. In: Renard P. & Bertrand C. (Eds.), *EuroKarst 2016, Neuchatel. Advances in the hydrogeology of karst and carbonate reservoirs*. Springer, ISBN 978-3-319-45464-1, pp. 27-34.

Sansò P. (2010) - *Le Coste*. In: Il Patrimonio Geologico della Puglia – Territorio e Geositi. Geologia dell'Ambiente, Suppl. al num. 4, SIGEA, pp. 95-104. Periodico della SIGEA - Società Italiana di Geologia Ambientale.

Trigila A. (2007) - *Rapporto sulle frane in Italia*, *Il Progetto IFFI – Metodologia, risultati e rapporti regionali*. Rapporti 78/2007, APAT, Roma, pp. 1-681. http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Rapporti/Documento/rapporto_2007_78.html.

Trigila A., Iadanza C., Spizzichino D. (2010) - *Quality assessment of the Italian Landslide Inventory using GIS processing.* Landslides, 7, 4, 455-470.

Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussettini M., Barbano A. (2021) - *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio* - Edizione 2021. ISPRA, Rapporti 356/2021, pp 1-356.

Tropeano M. (2019) - *Matera, (Geo)Capitale Europea della Cultura 2019.* Comunicare le Geoscienze/Info Geoscienze. Società Geologica Italiana. https://www.socgeol.it/N1649/matera-geo-capitale-europea-della-cultura-2019.html.

Varnes D.J. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Commission on Landslides of the IAEG, UNESCO, Natural Hazards, 3, pp. 1-61.

Vennari C., Parise M. (2022) - *A Chronological Database about Natural and Anthropogenic Sinkholes in Italy.* Geosciences 12, no. 5: 200. https://doi.org/10.3390/geosciences12050200.

Zumpano V., Ardizzone F., Bucci F., Cardinali M., Fiorucci F., Parise M., Pisano L., Reichenbach P., Santaloia F., Santangelo M., Wasowski J. & Lollino P. (2020) - *The relation of spatio-temporal distribution of landslides to urban development (a case study from the Apulia region, Southern Italy)*. Journal of Maps, https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1746417, 9 pp.

GUIDA AGLI AUTORI: INDICAZIONI PER LA STESURA DEI TESTI

Nell'intento di agevolare gli Autori nella stesura degli articoli per "Geologi e Territorio" si forniscono alcuni orientamenti da seguire nella preparazione dei lavori a stampa. La Segreteria di Redazione è comunque a disposizione di tutti gli interessati per fornire ulteriori chiarimenti ed indicazioni su aspetti e casi particolari non previsti in questa breve nota.
I TESTI devono essere inviati mediante posta elettronica a info@geologipuglia.it completi di allegati (figure, mappe, profili, foto) altrimenti con CD Rom. Il formato deve essere WinWord non formattato. Il carattere deve essere Arial 12, interlinea singola, senza rientri o spaziature a capo dei paragrafi. I testi devono essere continui, e non devono contenere automatismi (ad es. le numerazioni dei paragrafi vanno impostate manualmente), le pagine vanno numerate. Possibilmente le note, se non possono essere eliminate, devono essere a fine testo e non a piè di pagina.
Le IMMAGINI informatizzate vanno inviate in file separati dal testo, preferibilmente nei formati Tif, Jpg o Bmp con risoluzione minima di 300 dpi; per formati diversi contattare prima la Segreteria di Redazione. Diversamente, anche al fine di evitare problemi di risoluzione, foto e immagini possono essere spedite a:

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA via Junipero Serra, 19 - 70125 Bari

Le TABELLE, costruite con Word o con Excel, devono essere riportate in file separati dal testo.
Le indicazioni delle FIGURE (per figure si intendono fotografie, diapositive, disegni, profili, grafici, tavole, etc.) inserite nel testo dovranno essere numerate progressivamente.
Le qualifiche dell'Autore o degli Autori, l'Ente di appartenenza verranno indicati in apertura dell'articolo.
La Redazione inserirà come primo autore quello iscritto all'Albo dei geologi della Puglia in ordine alfabetico o secondo indicazioni impartite dagli Autori.
SIMBOLI ed ABBREVIAZIONI poco usati dovranno essere chiaramente definiti nel testo.
Le CITAZIONI BIBLIOGRAFICHE saranno tra parentesi tonde, accompagnate dall'anno di pubblicazione e verranno riportate in Bibliografia alla fine dell'articolo, con il titolo dei lavori citati.
La BIBLIOGRAFIA sarà preparata come illustrata nel seguito, con i vari elementi nell'ordine.
Autore: in maiuscoletto, cognome per esteso e per il nome solo la lettera iniziale seguita da un punto. Per più autori intercalare con una virgola.
Data di pubblicazione: fra parentesi tonda. Titolo: in corsivo. Nome della pubblicazione. Numero del fascicolo. Oppure, per una monografia: Editore, luogo dell'edizione.
La Segreteria di Redazione riterrà accettabile per la stampa solo il materiale iconografico di alta qualità.

La Segreteria di Redazione

Indagini Geofisiche, Monitoraggio Ambientale e Geomeccanico

Siamo un Gruppo di Geologi e Ingegneri attivi nel campo geologico-applicato e geotecnico-strutturale.

Lavoriamo da 10 anni affinché i progetti rispettino l'ambiente e siano compatibili e difesi dai rischi geologici e idraulici.
Offriamo i seguenti servizi:

- **Indagini Geofisiche**
- **Indagini Dirette**
- **Monitoraggio Geomeccanico**
- **Prove Penetrometriche**
- **Monitoraggio Gas radon**
- **Sondaggi Geognostici**

Inqudra il QrCode per richiedere informazioni o un preventivo

www.geomonitek.com

Comunicare: questa la parola chiave a cui si ispira **il nuovo sito dell'Ordine dei Geologi della Puglia** (https://www.geologipuglia.it/), comunicare non solo come risultato di processi tecnologici altamente innovativi, ma come prodotto di un intreccio sempre originale e dinamico di professionalità, competenza e soprattutto, passione.

Il nuovo portale istituzionale dell'Ordine, nasce in questo modo e si presenta agli iscritti con una veste grafica rinnovata, risultato finale di una transizione attenta e curata nei minimi dettagli, segnando un forte cambio di passo, necessario per colmare un gap tecnologico, scegliendo di conservare colori e grafica di richiamo del precedente sito.

Il nuovo sito web dell'Ordine dei Geologi della Puglia, promette una continua rivoluzione in termini di aggiornamento, sfruttando le molteplici potenzialità della piattaforma realizzata.

Per questo, il Consiglio ha affidato le proprie esigenze a Koinè Comunicazione, un'azienda foggiana di lunga esperienza.

Per Koinè: "La comunicazione è un processo, non un prodotto" "Comunicare vuol dire scommettere sulle proprie convinzioni, provare un'emozione nuova che sia in grado di trasmettere un messaggio diverso da tutti gli altri. Significa suscitare emozioni, sentimenti, evocare ricordi, meravigliare."
(Francesco De Vito - titolare Koinè Comunicazione).

Il nuovo sito si presenta fruibile, intuitivo e con alcune sezioni completamente rinnovate, una fra tutte è la nuova *Amministrazione trasparente*;rappresenta una delle più importanti sezioni del sito, un vero e proprio ufficio virtuale, realizzato attraverso un applicativo evoluto, dinamico e dedicato alle pubbliche amministrazioni, in grado di adattarsi ai tanti, nuovi adempimenti tra cui spiccano Anticorruzione e Trasparenza, attività in cui L'Ordine professionale è sempre più coinvolto e partecipe ad ottemperare quanto richiesto da ANAC.

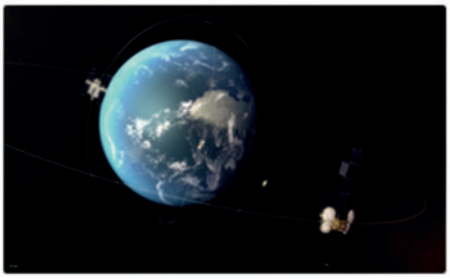
Al passo coi tempi, il portale rispetta le Linee guida dell'Agenzia per l'Italia digitale; si tratta di un adeguamento obbligatorio, previsto dalle nuove regole della transizione digitale, un traguardo importante e necessario che riguarda le nuove modalità di gestione dei documenti informatici partendo dalla formazione fino all'archiviazione degli stessi.

Punto di forza della nuova realizzazione è l'accessibilità, intesa come la fruibilità dei contenuti, la capacità di erogare servizi, fornire utilità, adeguare la consultazione e renderla più rapida ed agevole, per tutte le condizioni di utenza, con uno sguardo in particolare a condizioni di deficit o difficoltà fisiche, utilizzando tecnologie assistive. Accessibilità intesa anche come una visualizzazione al passo con la tecnologia, quindi, estremamente adattativa a qualsiasi dispositivo l'utente disponga.

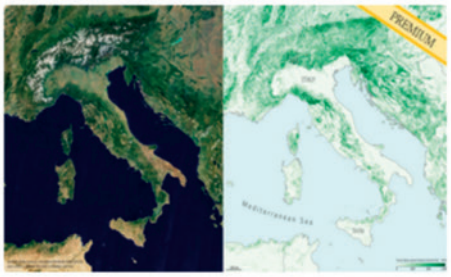
Il nuovo sito web dell'Ordine è questo e poi, tanto altro ancora.

Privacy, news ed eventi, corsi APC, queste solo alcune delle sezioni che verranno presto implementate ed aggiornate, per venire incontro alle esigenze degli iscritti e finalizzate alla massima partecipazione e coinvolgimento dell'attività ordinistica.

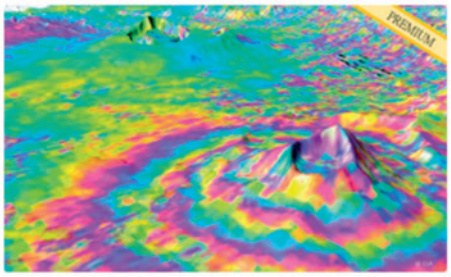
CORSI ONLINE GRATUITI SUL TELERILEVAMENTO



Corso base di Telerilevamento



Elaborazione dei dati satellitari



Telerilevamento Radar (SAR)

BENEFICI

Utilizzare le informazioni prodotte con i dati telerilevati da satellite nelle attività professionali come la progettazione e il monitoraggio di infrastrutture ed opere di difesa, pianificazione del territorio.

INQUADRA E VAI AL SITO

CFP

I corsi sono erogati in modalità FAD asincrona con Crediti Formativi Professionali validi per l'aggiornamento professionale di Geologi (5 CFP) ed Ingegneri (4 CFP) direttamente sulle piattaforme degli ordini.

https://eolearning.planetek.it

planetek academy

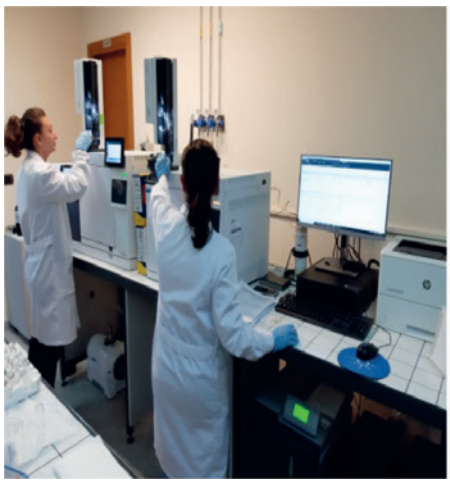
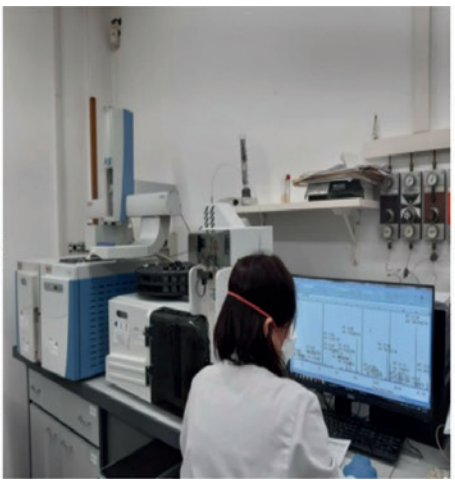
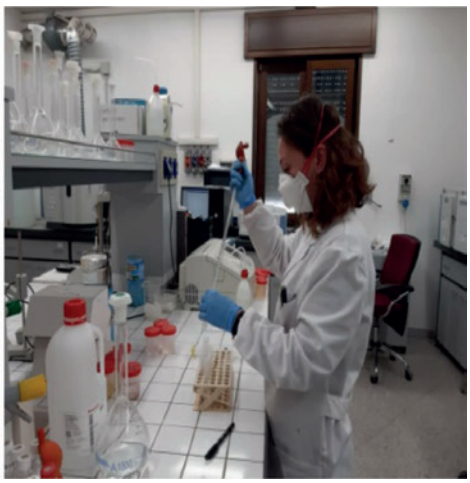
EO-Learning è un servizio offerto da Planetek Italia Srl nell'ambito delle sue attività di Società Benefit. https://www.planetek.it

CHIMILAB
LABORATORIO DI ANALISI CHIMICHE

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
Lab n° 1750L
Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF E ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Laboratorio autorizzato dal Ministero della Salute ad eseguire analisi su materiali contenenti amianto con codice n° 323 PUG 16

LABORATORIO DI ANALISI CHIMICHE FISICHE E BATTERIOLOGICHE
ACQUA - ARIA - TERRENI - RIFIUTI - FANGHI - AMIANTO - RADON - RUMORI

CHIMILAB S.R.L. è inoltre società di consulenza su varie tematiche ambientali

Siti inquinati: piani di caratterizzazione monitoraggio, analisi del suolo

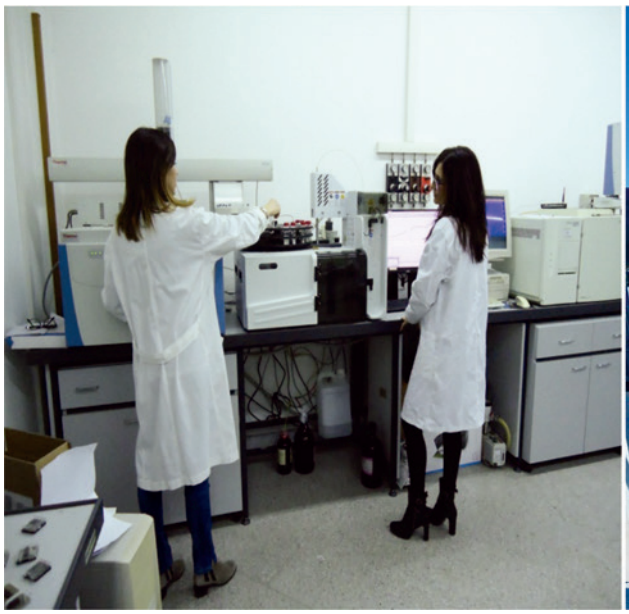
Valutazione d'impatto delle emissioni in Atmosfera

Studio di dispersione degli inquinanti con modello tridimensionale tipo CALPUFF

Valutazione previsionale di Impatto Acustico

Piani Monitoraggio ambientali sulle matrici acqua, aria e suolo

Campionamenti ambientali ed in condotto



Sede legale: Viale Degli Artigiani, 13 · 73049 Ruffano (LE)
Sede operativa: Via F.lli Bandiera, 10 · 73042 Casarano (LE)
Mail: amministrazione@chimilabsrl.eu · laboratorio@chimilasrl.eu
Tel. e fax: 0833.1857699 · PI 05079940754
Pec: chimilab.srl@legalmail.it
Sito web: www.chimilabsrl.eu

ISO 9001 LL-C (Certification)
ISO 45001 LL-C (Certification)
ISO 14001 LL-C (Certification)

GEOPROVE S.R.L.

LABORATORIO MATERIALI DA COSTRUZIONE • LABORATORIO TERRE E ROCCE
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Certificati N° 2540 ISO 14001
2541 BS OHSAS 18001

SOA OS20B II Livello

ASSOCIAZIONE INGEGNERIA GEOTECNICA LABORATORI ALIG

Organismo di Certificazione
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE CERTIFICATO
UNI EN ISO 9001

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978
Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via II Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •
Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu