

La rilevanza delle acque sotterranee per la disponibilità idrica nazionale: una semplice soluzione per mitigare gli effetti della carenza idrica

Relevance of groundwater to the national water resource availability: a simple solution to mitigate the effect of water shortage

Marco Petitta^a

^aDipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma - email: marco.petitta@uniroma1.it
Vice-Presidente della Associazione Internazionale Idrogeologi (IAH)

Premessa

Nell'ambito della discussione parlamentare dedicata alla carenza idrica, e nello specifico nella fase di conversione del Decreto-legge "Siccità" n.39 del 14 aprile 2023 (meglio denominato "*Disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche*"), le Commissioni riunite 8^a (Ambiente, Lavori pubblici) e 9^a (Industria e agricoltura) hanno proceduto alle audizioni di numerosi soggetti, associazioni ed esperti. Su iniziativa dell'ex Senatore e Geologo Ruggiero Quarto, il sottoscritto è stato invitato all'audizione del 9 maggio scorso, il cui testo depositato agli atti del Senato viene riportato di seguito. L'iter di conversione del Decreto-legge "Siccità" si è concluso ad inizio giugno con la pubblicazione della Legge n. 68/23 del 13 giugno 2023, nella Gazzetta Ufficiale n. 136. Con piacere si sottolinea che, sebbene in modo limitato, il concetto di Ricarica Artificiale (o Controllata) degli Acquiferi è stato inserito nella legge n.68/23 all'articolo 3, comma g.

Introduzione

Le acque sotterranee sono una componente fondamentale del ciclo dell'acqua sulle terre emerse e, diversamente da quanto comunemente si pensi, sono di gran lunga più abbondanti delle acque dolci superficiali, che comprendono fiumi, laghi e bacini artificiali. Infatti, **le acque sotterranee sono oltre il 30% delle acque dolci sul pianeta**, rispetto a circa il 68% contenuto nei ghiacciai, mentre fiumi e laghi coprono soltanto il 2%.

Vista la loro abbondanza, è particolarmente importante conoscere con la massima attendibilità possibile dove si trovano, come si rinnovano e quali siano le modalità migliori per utilizzarle per le necessità umane, nel rispetto delle esigenze ambientali.

Come le acque di superficie, anche quelle sotterranee dipendono dall'abbondanza e dalla distribuzione stagionale e territoriale delle piogge e delle nevi, ma a differenza delle prime, che necessariamente si esauriscono in tempi rapidi al cessare delle precipitazioni, grazie alla capacità di stoccaggio degli acquiferi sotterranei **le acque sotterranee restano disponibili anche in assenza di apporti meteorologici**. Infatti, data la permeabilità di alcuni tipi di suoli e di rocce, una porzione anche cospicua delle precipitazioni è in grado di penetrare nel sottosuolo in corpi rocciosi permeabili noti come acquiferi, dove la presenza delle acque di infiltrazione forma le falde sotterranee, riserve molto estese di acqua dolce che possiedono molte caratteristiche positive:

- Dato che il percorso nelle acque nel sottosuolo è molto più lento di quello di superficie, l'acqua sotterranea è disponibile anche in assenza di precipitazioni e **i suoi cicli stagionali risultano meno variabili** e differiti rispetto ai deflussi fluviali;

- La capacità di immagazzinamento degli acquiferi è molto elevata (alcuni acquiferi sono spessi diverse centinaia di metri se non qualche chilometro nel sottosuolo), dando vita a **riserve enormi accumulate nei millenni nel sottosuolo**;
- Al contempo, la porzione più superficiale degli acquiferi viene ricaricata ciclicamente dall'andamento delle precipitazioni, garantendo **un elevato tasso di rinnovamento della risorsa idrica sotterranea**; questo la rende la fonte geologica rinnovabile più abbondante sul pianeta;
- La filtrazione delle acque dalla superficie al sottosuolo garantisce una autodepurazione delle acque attraverso processi chimico-fisici che interessano sia i suoli che le rocce; questo determina **una elevatissima qualità delle acque sotterranee**, rendendole naturalmente protette sia nei confronti delle alterazioni chimiche dovute ad eventi naturali che, entro certi limiti, dai fenomeni di inquinamento dalle attività antropiche.

Tutte queste caratteristiche rendono le acque sotterranee particolarmente attraenti per qualsiasi esigenza umana, tanto che si sono sviluppate tecniche per il loro utilizzo già dai tempi delle prime civiltà. È ampiamente noto come **già nella Roma Repubblicana ed Imperiale si privilegiasse l'uso delle acque sotterranee**, come testimoniato dalla realizzazione di imponenti acquedotti atti a convogliare le acque sorgive verso Roma anche a distanza di diverse decine di chilometri.

Le sorgenti non sono altro che la manifestazione superficiale delle acque sotterranee, che per motivi geologici concludono il percorso nel sottosuolo riemergendo da emergenze naturali (le sorgenti) o da captazioni antropiche (pozzi di

approvvigionamento idrico). L'utilizzo delle acque sotterranee da parte dell'uomo è quindi largamente e storicamente diffuso, ma è soltanto negli ultimi decenni che i progressi tecnico-scientifici hanno consentito la ricostruzione dei percorsi idrici sotterranei, la valutazione dell'entità delle riserve idriche, l'ottimizzazione delle tecniche per il loro utilizzo, attestando il ruolo fondamentale che esse rivestono non solo per lo sviluppo della civiltà umana ma anche per il funzionamento e il mantenimento degli ecosistemi.

L'idrogeologia è la scienza applicata che studia le acque sotterranee e ne consente la captazione e l'utilizzo da parte dell'uomo nel rispetto delle esigenze ambientali.

Stato delle conoscenze sulle risorse idriche sotterranee nazionali

Lo sviluppo delle conoscenze consente oggi di valutare che le risorse idriche sotterranee a scala globale si rinnovano ogni anno per circa 300.000 chilometri cubi, **una quantità almeno 100 volte più elevata dei fabbisogni della popolazione mondiale**. Ovviamente la distribuzione di questa risorsa fondamentale risulta estremamente diversificata nei diversi continenti e nei diversi climi, rendendo in alcuni casi difficile il reperimento e l'utilizzo delle risorse, talvolta anche per evidenti limiti economici e tecnologici. **Il nostro territorio nazionale però ricade nell'ambito delle aree ad elevata disponibilità idrica**, per motivi geologici, per la presenza di catene montuose e per le caratteristiche climatiche.

In un contesto nazionale dove le risorse naturali di valore economico sono particolarmente limitate (come noto né le fonti di combustibili fossili né i minerali preziosi o rari sono abbondanti nel nostro sottosuolo), l'acqua sotterranea è di fatto l'unica risorsa naturale abbondante sul nostro territorio, in quasi tutti i contesti geografici.

Tale condizione non è stata certo ignorata nello sviluppo nazionale, che ha affidato alla realizzazione di reti acquedottistiche una componente significativa della fase di crescita nella seconda metà del secolo scorso, consentendo oggi di alimentare le necessità di approvvigionamento idropotabile per l'84% da acque sotterranee (sorgenti e pozzi) per solo il 16% da acque derivate da fiumi e laghi, a cui si ricorre soprattutto nei contesti poveri di risorse idriche sotterranee. Questo dato conferma il fatto che la disponibilità delle acque sotterranee è maggiormente garantita rispetto a quelle superficiali, e la sua qualità è sempre superiore a quella dei fiumi e dei laghi.

L'acqua sotterranea è comunque utilizzata anche per le altre necessità antropiche, dove viene affiancata dalle acque superficiali. **In agricoltura sono frequenti gli approvvigionamenti tramite pozzi, come anche nel settore industriale**, con il vantaggio di poter prelevare acqua in loco senza dover dipendere da infrastrutture idriche di servizio (canali, condotte, ecc.).

A fronte di queste informazioni di dominio pubblico, va certamente ribadito che l'entità delle risorse idriche sotterranee è di gran lunga superiore alle attuali necessità. Secondo i dati ufficiali ISTAT, i consumi idrici si attestano

in Italia sui 18 miliardi di metri cubi l'anno, di cui 11.5 vengono utilizzati dal comparto agricolo, 2.4 per l'approvvigionamento idropotabile e 3.7 per gli usi industriali, mentre minori ma comunque significativi sono i consumi del settore zootecnico (0.3 miliardi/anno).

Ebbene, l'assetto idrogeologico del nostro territorio consente ogni anno una ricarica delle falde per un quantitativo medio annuo di 70 miliardi di metri cubi, che si possono ridurre fino a 50 miliardi negli anni più siccitosi. Questo implica che la disponibilità di risorsa rinnovabile sia pari in media a 4 volte l'intero consumo di acqua in Italia (almeno 3 volte in condizioni di siccità). Per fare un esempio, la risorsa sotterranea rinnovabile annualmente equivale al contenuto del più grande lago italiano, quello di Garda (70 miliardi di metri cubi).

Certamente non possiamo pensare di utilizzare tutta l'acqua sotterranea rinnovabile per le nostre esigenze, perché queste risorse sono necessarie a mantenere l'equilibrio ambientale e le condizioni ecosistemiche del territorio. **La risorsa idrica sotterranea può rappresentare un elemento chiave nella lotta alla siccità, al pari di altre azioni di ottimizzazione degli utilizzi e di limitazione degli sprechi idrici.**

Per restare ai numeri, a fronte di precipitazioni di circa 280 miliardi di metri cubi l'anno, circa un quarto degli afflussi sul territorio alimentano il reticolo idrografico superficiale (fiumi e laghi), ma altrettanti si infiltrano nel sottosuolo alimentando la circolazione idrica sotterranea. La risorsa superficiale si allontana però rapidamente dal nostro territorio, finendo a mare entro qualche giorno o al massimo settimana dalla pioggia. **L'acqua stoccata nei laghi e nei bacini artificiali consente di trattenere l'acqua piovana sul territorio per il successivo utilizzo, ma va tenuto conto che l'aumento delle temperature determina una maggiore evaporazione**, riducendo ulteriormente l'acqua dei laghi e dei bacini, soprattutto nei periodi estivi.

Al contrario, l'acqua sotterranea impiegando più tempo a muoversi nel sottosuolo è in grado di attenuare gli effetti stagionali e di garantire a più lungo termine la disponibilità di acque infiltratesi in precedenza a fronte di carenza o assenza di precipitazioni. Ciò non vuol dire che si tratti di una risorsa inesauribile o che non risenta di un quadro climatico negativo, **ma certamente si tratta di acque maggiormente resilienti rispetto a quelle superficiali.**

Disponibilità delle acque sotterranee in periodi siccitosi

Senza l'acqua sotterranea la crisi idrica che stiamo attraversando avrebbe già messo in ginocchio la nostra economia e più in generale avrebbe avuto effetti gravi anche sull'approvvigionamento idropotabile. Questo per dire che già oggi siamo fortemente dipendenti dalle acque sotterranee per le nostre necessità.

Il passaggio virtuoso che va innescato, in risposta alle difficoltà rese evidenti dalle recenti variazioni climatiche, è quello di rendere i nostri serbatoi sotterranei equivalenti a delle "banche dell'acqua", dove andare a "prelevare" quando i nostri conti sono in rosso, sapendo che la natura

mette già al sicuro sul nostro “conto dell’acqua” ogni anno un quantitativo superiore alle nostre necessità. Ma possiamo fare di più: se da un lato è sempre utile un approccio di “economia domestica” finalizzato a ridurre gli sprechi, dall’altro le tecniche più moderne ci consentirebbero anche di fare dei “versamenti” aggiuntivi sul nostro conto, rimpolpando le falde idriche sotterranee inducendo una ricarica artificiale, come verrà meglio specificato nel capitolo successivo.

E’ necessario però chiarire come sia possibile che le acque sotterranee garantiscano disponibilità idrica anche in fase siccitosa. Innanzitutto, questa situazione si presenta già normalmente, all’arrivo della stagione estiva, quando le piogge diminuiscono o cessano quasi totalmente. Eppure, sebbene la portata dei nostri fiumi e il livello dei nostri laghi ovviamente diminuisca, il deflusso naturale non si arresta e i fiumi, con minime eccezioni, continuano a fluire verso mare e i laghi non si prosciugano. **Da dove viene l’acqua presente sul territorio in assenza delle precipitazioni? Si tratta sempre di acqua sotterranea, erogata dalle sorgenti i cui emissari alimentano i fiumi, ma anche direttamente dalle falde in connessione con il letto fluviale.**

Come accennato in precedenza, questo può avvenire grazie ai tempi lunghi che presiedono al deflusso idrico sotterraneo: le acque che si infiltrano nel sottosuolo impiegano in genere mesi prima di raggiungere le falde. Inoltre, negli acquiferi più grandi e più profondi, come quelli delle dorsali montuose dell’Appennino Centro-Meridionale, i percorsi idrici sotterranei avvengono con tempi lunghi (qualche anno o decade) fino a lunghissimi (secoli).

Si può quindi comprendere come le acque sotterranee rappresentino un antidoto alle crisi idriche innescate da periodi siccitosi, in grado di mitigare le carenze che si verificano nel sistema delle acque superficiali, grazie a tre caratteristiche: a) modulazione delle variazioni climatiche stagionali e pluriennali; b) alto tasso di rinnovamento a fronte di tempi lunghi di percorrenza nel sottosuolo; c) elevata qualità e garanzia di protezione della risorsa dalle pressioni antropiche in superficie.

Va precisato che questa situazione favorevole non autorizza a sottovalutare le variazioni indotte sul ciclo dell’acqua dai cambiamenti climatici, che hanno effetto anche sul sistema delle acque sotterranee. Pertanto, **una diminuzione degli afflussi su un territorio determina anche una diminuzione della ricarica naturale degli acquiferi**, a cui consegue una diminuzione dei livelli delle falde. Questa risposta però è attutita dai percorsi lunghi, nonché dalle enormi capacità di stoccaggio dei corpi idrici sotterranei.

La ricchezza idrica del sottosuolo italiano rappresenta quindi una opportunità enorme per consentire **una risposta alle emergenze** (garantendo l’approvvigionamento idrico in condizioni siccitose estreme), come anche per **una programmazione a medio termine oculata e atta a prevenire la carenza idrica** (affiancando a soluzioni di stoccaggio delle acque superficiali anche il prelievo mirato e controllato dalle falde), comunque nel quadro di **interventi di mitigazione delle crisi idriche**, che comprendano anche

interventi strutturali (riduzione delle perdite delle reti, ottimizzazione dei consumi, ecc.).

In sintesi, i vantaggi nell’utilizzo delle acque sotterranee come elemento di mitigazione delle fasi siccitose sono numerosi e anche economicamente sostenibili, a confronto con azioni strutturali sul reticolo idrografico superficiale. **Vista la predisposizione naturale del nostro territorio ad ospitare risorse idriche sotterranee ingenti e accessibili, ignorare la possibilità di utilizzarle per approvvigionamento utilizzabile dai diversi comparti (idropotabile, agricolo, industriale, ecc.) a fianco di altri interventi, è indubbiamente un’opportunità persa.**

Nei capitoli successivi si chiariranno meglio le tipologie di intervento possibili con i loro vantaggi e limiti, come anche la necessità di avere a disposizione un bagaglio di conoscenze e di informazioni che consenta di fornire soluzioni operative a scala territoriale e locale, passando da valutazioni generali valide per il territorio nazionale, a considerazioni che tengano conto delle peculiarità territoriali, non solo in termini di esigenze antropiche, ma soprattutto di assetto idrogeologico, che può essere più o meno favorevole nei diversi contesti. In altre parole, **pur essendo nota l’elevata disponibilità idrica del nostro sottosuolo, sono necessarie informazioni e conoscenze di dettaglio per fornire soluzioni idonee, efficaci ed efficienti a vantaggio degli utilizzatori della risorsa idrica.**

Conoscenza del territorio e soluzioni tecniche possibili

Ai fini di mitigare gli effetti della siccità, il progresso delle conoscenze scientifiche e tecniche in campo idrogeologico mette già a disposizione **soluzioni innovative ma al contempo ormai sperimentate**, dapprima in ambito accademico e scientifico con applicazione in campi prova dedicati, e poi con interventi a piena scala sviluppati in diversi Paesi europei ed extraeuropei.

In questa sede, si intende da un lato fornire qualche esempio applicativo, e dall’altro ribadire la necessità di avere a disposizione un bagaglio conoscitivo sufficiente ampio e condiviso, in modo da caratterizzare il sistema idrogeologico oggetto di intervento e di valutazione della risorsa disponibile.

In fatti, **l’attuazione di interventi diretti ed efficaci sul territorio richiede l’acquisizione preventiva di fattori conoscitivi distinti e necessari.** Innanzitutto, è indispensabile la disponibilità di tecnologie idonee, sviluppate sulla base di ricerche eseguite in ambito scientifico, già sperimentate sul territorio anche in contesti diversi da quello di applicazione. Due esempi di diretta applicabilità per mitigare gli eventi siccitosi sono la **Ricarica Artificiale degli Acquiferi** (nota come **MAR** in inglese) e l’**utilizzo di pompe ad energia fotovoltaica per l’estrazione delle acque dalla falda.**

Nessun intervento sarebbe però possibile senza la presenza di strumenti conoscitivi condivisi, basati su studi, rilievi e monitoraggi eseguiti direttamente sul territorio; è **necessario che i risultati ottenuti siano validati e resi ufficiali**, ed è per questo che esiste una **cartografia geologica nazionale**,

il cui aggiornamento e adeguamento è attualmente affidato al progetto CARG con la realizzazione delle carte geologiche scala 1/50.000; purtroppo la cartografia geotematica di affiancamento alla base geologica è ancora fortemente carente in Italia. Basti pensare che **ad oggi sono disponibili soltanto 8 fogli di cartografia idrogeologica ufficiale sui 636 che coprono il territorio nazionale.** È quindi indispensabile che questo gap venga colmato supportando gli studi e le ricerche, che in diverse aree sono state già realizzate a scopo scientifico, e che con fatica confluiscono nelle banche dati degli enti preposti al governo del territorio. **Non è sufficiente un semplice travaso di conoscenza ma è necessario che le elaborazioni vengano rese ufficiali,** ad esempio come cartografia geotematica ufficiale dello Stato, da un lato per renderle fruibili a tutti e dall'altro per uniformare vedute, pareri e informazioni parziali e locali che certamente esistono, ma risentono di una frammentarietà tale da inibirne l'utilizzo a scala territoriale idonea.

Inoltre, essendo per sua natura la risorsa idrica sotterranea variabile nel tempo (con oscillazioni stagionali e pluriennali, anche in funzione dei prelievi su pozzi e sorgenti e del loro esercizio), si rende necessario provvedere ad un suo monitoraggio, a scala locale ma coordinata per territori più ampi (ad esempio le regioni), in modo che oltre alle reti di monitoraggio ai fini di Protezione Civile e alle reti climatiche, si realizzino reti compiute e funzionanti per il monitoraggio della falda, tali da aggiornare in tempo reale il quadro conoscitivo e soprattutto in modo da garantire risposta immediata e ragionata a richiesta di utilizzo e di intervento a scala locale.

Fatta questa premessa di necessario aggiornamento delle conoscenze, si portano di seguito due esempi di tecnologia applicata all'idrogeologia in grado di fornire risposte adeguate alle problematiche di siccità in qualsivoglia area del nostro territorio.

Una delle obiezioni sollevate sull'uso delle acque sotterranee è quella che i prelievi tendono a depauperare le falde e quindi a provocare squilibri nella quantità ma anche nella qualità del sistema sotterraneo. Per quanto tali problematiche siano reali e in diversi casi abbiano dato luogo a modifiche sostanziali del ciclo idrologico con ripercussioni sul sistema ambientale, **basterebbe adottare una gestione oculata della risorsa per scongiurare effetti negativi.** Uno strumento consigliato in questi casi, ma anche in generale per aumentare la risorsa sotterranea disponibile in loco, è la tecnica della ricarica artificiale delle falde.

In estrema sintesi, si convogliano le acque superficiali in eccesso (ad esempio durante le piene dei corsi d'acqua, con effetti anche di riduzione del rischio idraulico) in appositi bacini di ricarica, posti lateralmente agli alvei fluviali, dotati di fondo permeabile che faciliti la rapida infiltrazione delle acque di surplus idrico verso il sottosuolo, andando ad aggiungere queste acque alla ricarica naturale della falda. Rispetto ai bacini e ai laghetti superficiali, queste acque non sono soggette ad evaporazione e potranno poi essere utilizzate tramite pozzi

di estrazione quando sia necessario (nel periodo estivo, o in fasi particolarmente siccitose), senza intaccare le riserve sotterranee naturali.

Tale tecnica prevede anche la soluzione di immissione diretta delle acque di superficie in pozzi di ricarica, in alternativa o accoppiati ai bacini superficiali con fondo permeabile. Le applicazioni a scala di campo sono ormai numerosissime a scala internazionale, **mentre le esperienze nazionali sono ancora limitate,** anche perché la normativa che ne regola la realizzazione è recente (DM MATTM 100/2016). Un'esperienza di successo è quella della Val Cornia in Toscana, dove il bacino di ricarica della falda è in grado di far infiltrare circa un milione di metri cubi l'anno in aggiunta all'infiltrazione naturale. È opinione comune in ambito idrogeologico che la realizzazione di questi sistemi possa garantire rese maggiori rispetto ai bacini di ritenuta superficiale, soggetti ad interrimento e ad evaporazione. Alla luce della diffusione di questa tecnologia a scala internazionale, **si tratta di interventi realizzabili sia in alternativa che in parallelo ad altri sistemi di ritenuta di acque superficiali.**

Una seconda obiezione spesso sollevata quando si parla di prelievi dal sottosuolo è il costo energetico di pompaggio delle acque sotterranee. Nella stragrande maggioranza dei casi, la profondità della falda è comunque nell'ordine della decina o qualche decina di metri, distanze verticali che da un punto di vista energetico sono tranquillamente abbordabili, soprattutto se si utilizzano pompe sommerse rispetto a motori di superficie. **È comunque possibile efficientare i prelievi da pozzo, rendendoli addirittura indipendenti dal fabbisogno energetico.** Infatti, da oltre un decennio sono in commercio pompe ad energia solare, che possono essere alimentate direttamente da uno o più pannelli fotovoltaici. Le pompe essendo a corrente continua possono lavorare anche senza sistemi elettrici di supporto (inverter e linea elettrica), adattandosi quindi a qualsiasi condizione logistica, anche in aperta campagna. La limitazione è data dalla disponibilità idrica che dipende dal ciclo solare, ma questo ostacolo può essere superato o fruendo direttamente dell'acqua quando disponibile (e questo è certamente possibile in ambito agricolo), oppure realizzando cisterne e sistemi di accumulo delle acque pompate. È comunque anche possibile per prelievi di più ampia portata fornirsi di accumulatori da fotovoltaico e utilizzare l'energia prodotta per far funzionare il pozzo. In tutti i casi, **si eliminerebbe totalmente la dipendenza dalla rete elettrica e quindi dai relativi consumi, in un quadro di applicazione della sostenibilità sicuramente virtuoso.** L'acqua sarebbe inoltre disponibile in loco ove necessario, senza necessità di trasporto con reti e tubazioni.

Problematiche di applicazione, rischi e incertezze

Appurato che le acque sotterranee rappresentano una risorsa non solo abbondante ma particolarmente utile per contrastare gli effetti della siccità, è fortemente auspicabile che tali risorse vengano prese in considerazione nei piani di contrasto alla siccità, a fianco di altri strumenti già

identificati e concentrati sulle acque superficiali.

Per completezza di informazione e per rendere pienamente e immediatamente attuabili piani di sviluppo dell'utilizzo della risorsa idrica sotterranea, è necessario anche **evidenziare gli ostacoli e le problematiche che vanno affrontati** in modo da rendere l'impiego delle acque sotterranee sostenibile ai fini della mitigazione dei cambiamenti climatici.

Sebbene la presenza e l'ubicazione delle falde sotterranee sia nota sul territorio nazionale, l'entità della risorsa effettivamente estraibile, come anche l'attuale grado di utilizzo e lo stato qualitativo delle acque sono informazioni frammentarie che necessitano di essere opportunamente omogeneizzate ed esaminate prima di procedere con prelievi ed altre azioni di mitigazione. In generale, **le falde (soprattutto quelle situate a minima profondità dalla superficie) sono molto utilizzate, ma ciò non implica automaticamente che debbano essere considerate sovrasfruttate.**

Soltanto attraverso un ampliamento delle informazioni sulle caratteristiche degli acquiferi e delle falde idriche in esso contenute, è possibile esprimere giudizi sulla possibilità di utilizzarle ulteriormente. In altre parole, **sono necessari alla scala operativa studi, indagini e misurazioni, inclusi monitoraggi su medio periodo, da condursi preventivamente in modo da progettare e realizzare interventi mirati e compatibili con lo stato della risorsa.**

In merito alle conoscenze necessarie, si ribadisce l'esigenza di rendere disponibile una cartografia geotematica per tutto il territorio nazionale, che rappresenti l'andamento e la profondità delle falde a scala opportuna, da confrontarsi con i prelievi già esistenti. **La realizzazione della cartografia idrogeologica attraverso il progetto CARG è un elemento fondamentale al fine di standardizzare il quadro conoscitivo e validarne i contenuti con il timbro statale.** Soltanto in questo modo le incertezze conoscitive potranno essere superate in modo affidabile, senza pericolo di interpretazioni contrastanti sulla disponibilità idrica che potrebbero essere proposte dai diversi soggetti interessati.

Un secondo ostacolo per ampliare l'utilizzo delle acque sotterranee a fronteggiare la siccità, risiede nella **ampia presenza nelle zone costiere del fenomeno dell'intrusione marina**, ovvero della presenza di acque salate nel sottosuolo, richiamate dalle azioni di pompaggio da parte dell'uomo. Si tratta di un fenomeno diffuso, **ma non per questo si deve rinunciare a prelievi dal sottosuolo laddove esso invece non si verifici**; anche in questo caso, si rende necessario conoscere preventivamente le caratteristiche dell'acquifero e dell'acqua di falda, tramite una mappatura chimico-fisica che metta in evidenza i settori costieri dove il fenomeno sia ampio, dove esso si presenti in forma limitata o accennata, e dove invece non si riscontrino problemi di questo tipo.

La tecnica della ricarica artificiale delle falde è sicuramente utile anche per la lotta ai fenomeni di intrusione salina, oltre che come già detto per stoccare acqua superficiale che altrimenti scorrerebbe rapidamente nel reticolo fluviale, nonché per mitigare le fasi di piena del fiume che possono sfociare in esondazione. Come esposto nei capitoli precedenti,

la ricarica artificiale degli acquiferi presenta molti vantaggi, ed è ormai largamente sperimentata a scala internazionale. Esistono comunque alcune problematiche di applicazione da considerare nella fase di progettazione: prima tra tutte quella relativa all'intasamento dei pori del terreno sottostante le vasche di infiltrazione. Infatti, le acque di infiltrazione, soprattutto se cariche in sedimenti fini come argille, possono nel tempo ridurre progressivamente la permeabilità originale delle vasche, portando ad una diminuzione della quantità d'acqua infiltrata, e di conseguenza ad una progressiva limitazione dell'efficienza del sistema di ricarica.

Ulteriore problema da tenere sotto monitoraggio è quello della qualità delle acque destinate agli impianti di ricarica. Certamente la qualità delle acque fluviali è inferiore a quella delle acque sotterranee, anche per la presenza di scarichi antropici. È quindi possibile che infiltrandosi le acque superficiali conducano nel sottosuolo potenziali inquinanti, la cui concentrazione deve regolarmente essere misurata sia nelle acque di infiltrazione che in quelle che raggiungono la falda; va detto che comunque il filtraggio attraverso il terreno tende a purificare le acque. **Le acque aggiuntive presenti in falda determinate dall'azione di impianti di ricarica sono difficilmente utilizzabili a scopo idropotabile, mentre si prestano bene ad applicazioni in campo industriale o agricolo.** Va infine considerato che si possono sottoporre a ricarica artificiale degli acquiferi anche acque reflue, contando sul potere autodepurante del terreno nella fase di infiltrazione nel sottosuolo.

In definitiva, esistono sicuramente alcuni ostacoli da rimuovere, soprattutto attraverso un ampliamento ed una condivisione delle conoscenze idrogeologiche, ma data la notevole disponibilità idrica, **il ricorso all'utilizzo delle acque sotterranee rappresenta comunque una soluzione perseguibile con facilità, tempi rapidi e con garanzia di ottenere risultati tangibili.**

Conclusioni e Raccomandazioni

Da quanto sopra esposto emerge chiaramente come **l'acqua sotterranea rappresenti in Italia l'unica risorsa naturale di cui disponiamo in quantità enormi, superiori alle necessità antropiche** e in grado di mantenere un elevato stato qualitativo del sistema ambientale. Ogni anno in Italia le falde si ricaricano di **50-70 miliardi di metri cubi** (l'equivalente del volume del Lago di Garda), a fronte di un consumo di acqua a scala nazionale di 18 miliardi di metri cubi (comprensivi delle acque superficiali).

Pur tenuto conto delle necessità ambientali, **questo patrimonio idrico può garantire, con opportune accortezze e limitazioni, una efficace lotta al fenomeno della siccità**, al pari di altre forme di contrasto basate prevalentemente su infrastrutture di superficie.

I vantaggi nell'utilizzo delle acque di falda sono nella loro risposta modulata agli eventi e periodi siccitosi, che le rendono comunque disponibili anche nelle fasi emergenziali. Inoltre, l'elevata qualità ne garantisce la possibilità d'uso, e il ricambio all'interno degli acquiferi avviene in tempi lunghi, fornendo

il tempo necessario per modificare i nostri comportamenti, ottimizzare i consumi, ridurre gli sprechi e farci trovare pronti al necessario adattamento al quadro climatico mutato. In altre parole, ricorrere alle acque sotterranee sul breve periodo ci darebbe il tempo di organizzare e realizzare azioni e piani di contrasto alla siccità che richiedono necessariamente tempi più lunghi.

Certamente la distribuzione della risorsa idrica sotterranea non è uniforme sul territorio nazionale, come anche l'attuale grado di utilizzo che appare più elevato e quindi più vicino ai limiti di sostenibilità in aree soggette ad elevata pressione antropica (urbanizzazione, agricoltura intensiva, distretti industriali, ecc.). Ciononostante, un prelievo ragionevole, opportunamente monitorato e soggetto a controlli e limitazioni, è possibile in gran parte del territorio nazionale restando nel limite dell'entità delle risorse rinnovabili.

Per rendere operativo un ricorso ulteriore alle acque di falda in risposta alla crisi idrica, è però necessario affrontare e superare due colli di bottiglia, costituiti da:

- La necessità di ampliamento delle conoscenze a scala di dettaglio, da basarsi su studi, indagini conoscitive e monitoraggi, che sono in parte già esistenti ma frammentati e non organizzati in modo compiuto; a tale riguardo si raccomanda di portare a compimento la cartografia geologica e geotematica (anche idrogeologica) nell'ambito del progetto CARG, recentemente riattivato;
- L'applicazione sul territorio nazionale di tecnologie moderne già sperimentate a scala internazionale, di cui si riportano gli esempi degli impianti di Ricarica Artificiale degli Acquiferi (MAR) e dell'allestimento dei pozzi con pompe sommerse alimentate da pannelli fotovoltaici.

Ambedue queste soluzioni rappresentano ottimi esempi virtuosi di lotta alle emergenze climatiche nel quadro di un approccio sostenibile, unendo quindi le necessità di provvedere alle esigenze antropiche, con lo stoccaggio nel sottosuolo di risorse aggiuntive sottratte alle acque di superficie mitigandone i rischi di esondazione, nonché con l'abbattimento dei costi energetici.

Infatti, negli impianti di Ricarica Artificiale degli Acquiferi si utilizzano acque superficiali nei periodi di surplus idrico, facendole infiltrare nel sottosuolo, andando così a rimpinguare le risorse idriche sotterranee naturali, in modo da poterle poi utilizzare nelle fasi siccitose, evitando il sovrasfruttamento delle falde. Come vantaggio ulteriore rispetto a bacini di ritenuta superficiale, questa tecnica garantisce la protezione della risorsa dall'evaporazione e evita l'interrimento dei bacini di superficie.

La realizzazione di pozzi alimentati da pannelli fotovoltaici invece supera l'ostacolo maggiore all'utilizzo delle acque di falda, costituito dai costi di pompaggio uniti alla necessità di avere la rete di alimentazione nei pressi del punto di prelievo. **Rendersi indipendenti dall'approvvigionamento**

energetico avrebbe quindi la doppia funzione di limitare le spese e di utilizzare l'acqua direttamente dove serve, fattore che nel caso di utilizzo agricolo diventa particolarmente rilevante.

In attesa di interventi a medio termine come quelli sopra indicati, il contributo delle acque sotterranee per contrastare la siccità in atto sarebbe immediatamente applicabile tramite un piano straordinario di perforazioni con prelievo controllato di risorse idriche sotterranee, da attuarsi in tempi brevissimi nelle aree riconosciute in emergenza, sulla base delle conoscenze idrogeologiche già esistenti che necessiterebbero soltanto di un riordinamento dei dati facilmente eseguibile.

Per tutto quanto sopra esposto, si raccomanda di voler considerare tra gli strumenti già individuati per la lotta alla siccità l'impiego della risorsa idrica sotterranea, la cui abbondanza e qualità rappresentano a scala nazionale un inestimabile patrimonio avente valore non soltanto ambientale e territoriale, ma anche economico.

BIBLIOGRAFIA

- Closas A, Rap E (2017) Solar-based groundwater pumping for irrigation: sustainability, policies and limitations. *Energy Policy* 104:33–37. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.035>
- ISTAT (2019) Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia. ISBN: 978-88-458-1976-6, <https://www.istat.it/it/archivio/234904>
- Petitta, M., Kreamer, D., Davey, I. et al. Topical Collection: International Year of Groundwater-managing future societal and environmental challenges. *Hydrogeol J* 31, 1–6 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10040-022-02587-1>
- Senato della Repubblica (2023), Audizioni e documenti acquisiti. 8ª Commissione permanente (Ambiente, transizione ecologica, energia, lavori pubblici, comunicazioni, innovazione tecnologica). XIX Legislatura <https://www.senato.it/3665>
- Zheng, Y., Vanderzalm, J., Hartog, N. et al. The 21st century water quality challenges for managed aquifer recharge: towards a risk-based regulatory approach. *Hydrogeol J* 31, 31–34 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10040-022-02543-z>