

La Bioregione Pontina: esperienze, problemi, linee di ricerca per scenari di futuro

a cura di

Alberto Budoni, Maria Martone e Sergio Zerunian



RST

RICERCHE E STUDI TERRITORIALISTI

COLLANA DIRETTA DA

Filippo Schilleci

La Collana *Ricerche e Studi Territorialisti*, pubblicata dalla SdT Edizioni, nasce da una precisa volontà della Società dei territorialisti e delle territorialiste. Le ragioni che hanno portato a questa scelta sono molteplici.

In primo luogo poter pubblicizzare, attraverso una corretta diffusione, i lavori della SdT. Anche se di recente costituzione, la Società ha già avviato molti studi e prodotto materiali che nella maggioranza dei casi non hanno avuto, ancora, una adeguata divulgazione nonostante gli incontri, locali e nazionali, abbiano richiamato studiosi che, con le loro testimonianze, hanno dato un valido contributo al dibattito scientifico.

Un secondo punto è strettamente legato alla struttura stessa della SdT che ha un'anima composta da studiosi di molte discipline che lavorano congiuntamente per sviluppare un sistema complesso e integrato di scienze del territorio (urbanisti, architetti, designer, ecologi, geografi, antropologi, sociologi, storici, economisti, scienziati della terra, geofilosofi, agronomi, archeologi). Questo aspetto, come è chiaramente espresso nel Manifesto della Società, è un punto di forza su cui puntare per dare valore ai lavori che si portano avanti.

La collana non vuole essere una collana di settore, non vuole rappresentare il mezzo di espressione di un pensiero monodisciplinare. Al contrario, riprendendo un altro dei principi della Società, pone le sue basi sui molteplici approcci presenti nelle scienze del territorio, considerando il territorio stesso come bene comune nella sua identità storica, culturale, sociale, ambientale, produttiva.

I prodotti della collana saranno espressione, quindi, del progetto territorialista che, come più volte testimoniato, si occupa, in una società contemporanea fortemente de-territorializzante, di produrre valore aggiunto territoriale, attraverso forme di governo sociale per la produzione di territorio con la finalità di aumentare il benessere individuale e sociale di coloro che lo abitano, vi lavorano o lo percorrono. I contributi saranno, inoltre, testimonianza dei diversi ambiti di ricerca-azione che attraversano il vasto campo delle arti e delle scienze del territorio.

La collana, anche attraverso la composizione del suo Comitato Scientifico, farà dell'internazionalizzazione un altro dei suoi punti di forza. Ciò, non solo per dare respiro internazionale alla collana, ma anche per poter contare su apporti che non si limitino ad esperienze e a punti di vista nazionali - come del resto sta già avvenendo per la rivista - così da incrementare il dibattito transdisciplinare e transnazionale.

La collana, inoltre, utilizza una procedura di referaggio in double blind peer review avvalendosi di revisori scelti in base a specifiche competenze.

Ricerche e Studi Territorialisti_2

© copyright SdT edizioni
Aprile 2018

email: collanarst.sdt@gmail.com
http: /www.societadeiterritorialisti.it/
ISBN 978-88-940261-5-3 (print)
ISBN 978-88-940261-3-9 (online)

COLLANA RICERCHE E STUDI TERRITORIALISTI

diretta da Filippo Schilleci

Comitato Scientifico

Giuseppe Barbera (Università di Palermo)
Alberto Budoni (Università di Roma “La Sapienza”)
Carlo Cellamare (Università di Roma “La Sapienza”)
Anna Maria Colavitti (Università di Cagliari)
Pierre Donadieu (École nationale supérieure de paysage di Versailles-Marsiglia)
Alberto Magnaghi (Università di Firenze)
Ottavio Marzocca (Università di Bari)
Alberto Matarán (Universidad de Granada)
Daniela Poli (Università di Firenze)
Saverio Russo (Università di Foggia)
Ola Söderström (Université de Neuchâtel)

Comitato Editoriale

Annalisa Giampino
Francesca Lotta
Marco Picone
Vincenzo Todaro

In copertina

La media Valle dell'Amaseno, parte della Bioregione Pontina, dalla Loggia dei Mercanti di Maenza.

Autore: *Sergio Zerunian*

La Bioregione Pontina: esperienze, problemi, linee di ricerca per scenari di futuro

a cura di

Alberto Budoni, Maria Martone,
Sergio Zerunian

SdT
Edizioni

INDICE

Introduzione	7
<i>Alberto Budoni, Maria Martone, Sergio Zerunian</i>	
La bioregione urbana. Da modello interpretativo a categoria progettuale	11
<i>Filippo Schilleci</i>	
Caratteri del territorio e linee di azione per scenari di futuro della Bioregione Pontina	19
<i>Alberto Budoni</i>	
I SEZIONE: STUDI SU AMBIENTE E SISTEMA INSEDIATIVO	
La gestione della risorsa idrica sotterranea quale strategia di sviluppo sostenibile	49
<i>Claudio Alimonti</i>	
Gli eventi alluvionali nel territorio del Comune di Latina: caratteristiche idrologiche, aree critiche e linee di intervento	63
<i>Francesco Cioffi, Federico Conticello, Vincenzo Scotti</i>	
Biodiversità ed Aree naturali protette	75
<i>Sergio Zerunian</i>	
Il patrimonio dei centri storici del versante tirrenico dei Monti Lepini: per una documentazione iconografica fra memoria storica e futuro	91
<i>Maria Martone</i>	
Il tram-treno 'ligne de vie' della Bioregione Pontina	111
<i>Valerio Mazzeschi</i>	

II SEZIONE: STUDI SU TECNOLOGIE PER LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

- Big data nei sistemi complessi: analisi dell'efficienza energetica nei sistemi idrici integrati** 125
Alessandro Corsini, Sara Feudo, Fabrizio Bonacina, Chiara Alfiero, Ennio Cima
- Sostenibilità economica e ambientale degli impianti per la produzione di biogas da reflui zootecnici: un caso di studio nel Comune di Pontinia** 139
Andrea Cappelli, Silvano Simoni, Marco Centra
- Tecniche innovative di consolidamento dei terreni per la mitigazione dei geo-rischi della realtà pontina** 157
Ignazio Paolo Marzano, Giuseppe Iorio, Giuseppe Panetta
- Il riciclo meccanico dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche: una sfida tecnologica** 171
Giuseppe Bonifazi, Riccardo Gasbarrone, Silvia Serranti
- Tecnologie innovative per il recupero e il controllo degli aggregati riciclati** 187
Giuseppe Bonifazi, Roberta Palmieri, Silvia Serranti

La gestione della risorsa idrica sotterranea quale strategia di sviluppo sostenibile

Claudio Alimonti

Abstract

THE MANAGEMENT OF THE UNDERGROUND WATER RESOURCE AS A SUSTAINABLE DEVELOPMENT STRATEGY. In the past and even today the management has been considered limited to the anthropic component or rather to be more precise human. This approach maintains a linear dimension and needs to be expanded. In fact it is only a small part of the water system. In the Pontina bioregion the analysis of the human interventions to snatch a territory to its natural destiny are the starting point for outlining and highlighting how the sustainability of development requires a management plan. A management plan which must be integrated in the hydrological cycle and that requires for a circular economy in order to guarantee the prospects for sustainability.

KEY WORDS: sustainability, water resource, groundwater, development.

1. Risorsa idrica, società, cambiamenti climatici

Dallo sbiancamento dei coralli alla siccità, dallo scioglimento dei ghiacciai all'erosione costiera, i cambiamenti climatici costituiscono una delle maggiori sfide che deve essere affrontata. Al di là delle azioni volte alla mitigazione delle cause, ciò comporta un'azione che deve consentire di aumentare la resilienza dei sistemi antropici e naturali.

Da un paio di decenni si assiste ad una lenta alterazione, in senso negativo, dei cicli idrologici, e si vanno sviluppando autorevoli ipotesi sulla riduzione delle disponibilità idriche, rendendo ancora più prezioso il bene acqua. Questo ci dovrebbe spingere a ricercare la risorsa idrica tra la realtà e l'apparenza del suo essere. Lo strumento principe è il bilancio idrico che andrebbe applicato ad ogni settore, così come anche nella propria abitazione. Solo conoscendo le quantità necessarie (fabbisogni) e le quantità disponibili (riserve) è possibile perseguire degli obiettivi di gestione.

Nel passato ed ancor oggi quando si pensa alla gestione si vede solo la

componente antropica senza tener conto delle altre componenti ambientali, in riferimento a ciò che l'uomo ha fatto per poter produrre e distribuire la risorsa idrica. Ma la gestione in questi termini mantiene una dimensione lineare e va ampliata. Infatti essa costituisce solo una piccola parte del sistema "acqua". Allargando il campo visivo si giunge a coinvolgere, prima, le attività che utilizzano la risorsa e, poi, il sistema naturale che la raccoglie, la ospita e di cui si nutre. Siamo passati ad una visione circolare che conosciamo bene e chiamiamo 'ciclo dell'acqua'. Il ciclo è molto complesso e le attività antropiche devono tendere ad integrarsi al suo interno riuscendo così a gestire gli aspetti che consentono di aumentare la resilienza e l'adattività dei sistemi umani. Su questi elementi nascono le azioni di gestione della risorsa idrica sotterranea che nella Bioregione Pontina è storicamente protagonista. L'analisi degli interventi di bonifica e regolamentazione delle acque, operati dall'uomo per strappare un territorio al suo destino naturale, sono il punto di partenza per delineare e mettere in evidenza come la sostenibilità dello sviluppo in tale regione necessita di un piano di gestione. Un piano di gestione che dovrà essere integrato nel ciclo idrologico e che chiede un'economia circolare per poter garantire le prospettive di sostenibilità.

Se guardiamo la Terra, essa è un sistema chiuso dove ogni elemento presente su di essa è in una quantità definita, anzi, per meglio dire, finita. La risorsa idrica è anch'essa finita ma inserita nel processo circolare del ciclo dell'acqua. Quest'ultimo è strettamente legato ai processi meteorologici ed all'impatto antropico e lo testimonia la sua esauribilità e di conseguenza rinnovabilità. È la percezione che abbiamo della risorsa che ci conduce a discernere tra carenza e abbondanza. Questo aspetto percettivo è fortemente indicativo di come poi sia l'uomo a guidare i processi di approvvigionamento e molte volte a prendere decisioni unicamente indirizzate al benessere civile/sociale.

Non basta. È necessario guardare al futuro essendo radicati nel presente. Le relazioni tra le azioni antropiche ed il ciclo dell'acqua sono complesse ma noi ne siamo la radice. Sono sempre più frequenti le conferenze su acqua e clima nelle quali si fanno considerazioni in merito agli effetti indotti dal comportamento dell'uomo sia per l'alterazione dell'ambiente che per le politiche energetiche (Fig. 1). È certo che per poter affrontare ciò che la percezione della risorsa idrica produce in noi è necessario passare attraverso dei processi di gestione sia della risorsa ma anche di quei fattori che influenzano il clima. Per comprendere le dinamiche che modificano le relazioni tra gli elementi che sono alla base dei processi di gestione è bene entrare nella definizione dei singoli termini.

Partiamo dalla definizione del termine 'gestione'. La definizione fornita dal

vocabolario on line della Treccani (2017) è la seguente:

gestione s. f. [dal lat. *gestio* -onis, der. di *gerere* «condurre, amministrare», part. pass. *gestus*].

Come si evince, il termine indica la conduzione o l'amministrazione di qualcosa. È chiaro come l'amministrazione di una risorsa sia quanto meno un aspetto fondamentale che richiede la definizione di strumenti. In particolare, le domande che sorgono sono: 'Quali strategie è necessario adottare per amministrare una risorsa? Cosa investono? A chi si rivolgono?' E qui diventa necessario entrare nella definizione di risorsa stessa.



Fig. 1 - Eventi nel 2016 sull'interazione tra risorsa idrica e cambiamenti climatici.

Ricorrendo nuovamente al vocabolario on line della Treccani (2017) la risposta si trova nella definizione del termine stesso:

risorsa s. f. [dal fr. *ressource*, der. del lat. *resurgere* «risorgere»]. – *Qualsiasi fonte o mezzo che valga a fornire aiuto, soccorso, appoggio, sostegno, spec. in situazioni di necessità: r. economiche, intellettuali; risorse dell'ingegno, della fantasia, dell'immaginazione, dell'esperienza, del mestiere; r. scarse, abbondanti, improvvise, inaspettate. In economia, r. naturali, le risorse fornite dalla natura, e r. non naturali, quelle che sono frutto del lavoro umano o dell'intervento dell'uomo sulle risorse naturali; particolare rilievo stanno assumendo i problemi legati alla disponibilità e allo sfruttamento controllato delle principali risorse naturali: r. alimentari, r. energetiche, r. idriche, r. minerarie, r. trofiche.*

Molto interessante è la presenza nella definizione del riferimento alla disponibilità ed allo sfruttamento di una risorsa. Siamo arrivati a confrontarci con il

termine che definisce il rapporto tra uso e disponibilità di una risorsa: la sostenibilità. Gli elementi di base che guidano la sostenibilità sono tre: efficienza economica, sostenibilità ambientale ed equità sociale. Per implementare un approccio di gestione integrata sono necessarie le seguenti azioni chiave:

1. Protezione dell'ambiente - comprende politica, legislazione e regolamentazione, struttura di finanziamento e incentivo.
2. Ruoli istituzionali - rapporto tra bacino acquifero e fluviale, relazione centrale-locale nell'amministrazione, definire l'equilibrio nel rapporto pubblico-privato.
3. Strumenti di gestione - tra cui la valutazione delle risorse, la gestione di informazioni e l'allocazione delle risorse e gli strumenti di tutela.

Partendo dagli elementi base della sostenibilità possiamo affermare che gli approcci pratici alla gestione delle acque sotterranee sono definiti come quelli che mirano a:

- mantenere un ragionevole bilancio tra costi e benefici delle attività ed interventi di gestione;
- prendere in considerazione la possibilità di degradazione del sistema idrogeologico ed i legittimi interessi degli utilizzatori dell'acqua, compresi gli ecosistemi e quelli che dipendono dal flusso di base;
- impostare i possibili interventi di gestione nel contesto di una normale evoluzione dello sviluppo territoriale.

È evidente come il processo di gestione se da una parte richiede la definizione dei fabbisogni dall'altra richieda una valutazione del bilancio idrico (Fig. 2). Il rapporto tra il volume estraibile o estratto da una falda acquifera e il volume totale di ricarica dell'acqua rappresenta l'indice adottato per valutare la pressione antropica sulla falda acquifera. Con riferimento al volume estraibile, tre diversi indicatori possono essere definiti con un crescente approccio alla sostenibilità:

- il *Safe yield*, in cui il prelievo è limitato dal volume di ricarica delle falde;
- il *Sustainable yield*, dove il prelievo è limitato dai sistemi di raccolta realizzabili;
- il *Sustainable groundwater development*, dove il prelievo è limitato dagli effetti idrologici, ambientali e socio-economici indotti sul sistema.

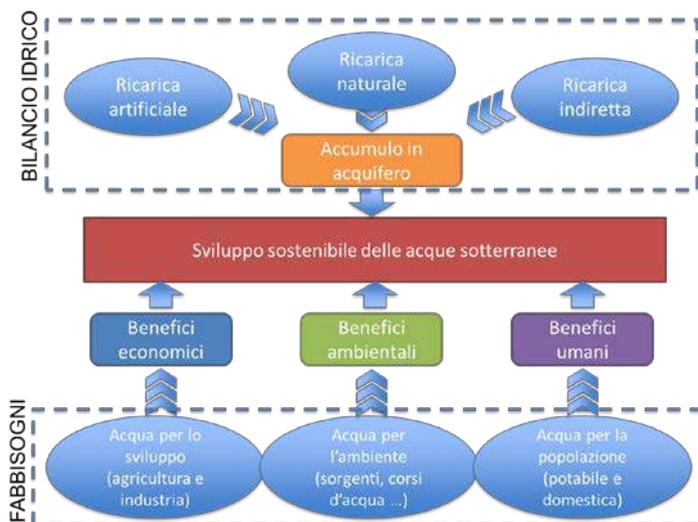


Fig. 2 - Sviluppo sostenibile delle acque sotterranee.

Definito il concetto di sostenibilità e selezionato l'indicatore di pressione antropica, deve essere valutata la compatibilità tra gli usi dell'acqua e quindi la gestione delle acque sotterranee potrà essere pianificata ed ottimizzata. Resta aperto solo un aspetto molto importante che nel passato è stato sempre trascurato: il processo di gestione deve essere dinamico al fine di rendere il sistema di approvvigionamento resiliente a tutte le possibili variazioni sul territorio.

2. Aree di studio nella Bioregione Pontina

La Bioregione Pontina include una serie di sistemi acquiferi molto particolari e di elevato interesse per lo studio dell'interazione con l'uomo. Nella bioregione sono state individuate due aree di particolare interesse che sono state oggetto di approfondimenti (Fig. 3). La prima area riguarda i Monti Lepini che insieme ai Monti Aurunci costituiscono la zona montuosa della bioregione. Entrambi i gruppi montuosi sono sede di falde acquifere importanti che sono la ragione della presenza delle zone acquitrinose nella pianura.

In contrapposizione, la seconda area è costituita dalla zona denominata 'Duna Antica' che ospita un acquifero con la caratteristica di essere isolato e di insistere in parte sull'area del Parco Nazionale del Circeo in un ambito quasi pianeggiante. Un acquifero che si presenta in comunicazione con il mare ed è soggetto ad intrusioni saline.

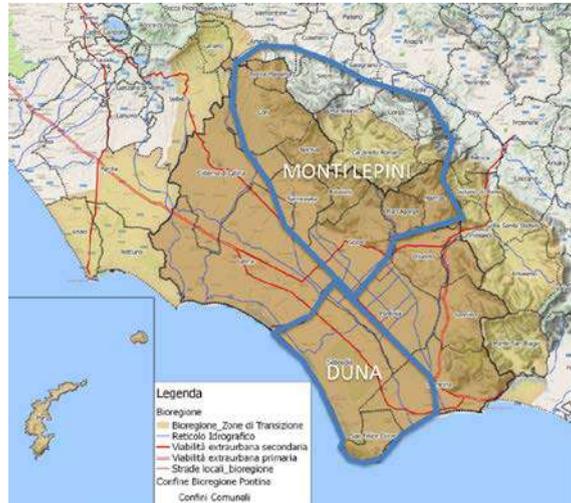


Fig. 3 - Le aree di studio nella Bioregione Pontina: I Monti Lepini e la Duna Antica.

3. I Monti Lepini

L'area di studio è stata oggetto di innumerevoli studi nel passato che hanno riguardato l'idrogeologia della dorsale lepina e della piana e che hanno indagato anche gli scambi di circolazione con le idrostrutture limitrofe (quella vulcanica dei Colli Albani e quella alluvionale della Valle Latina). Tale interessamento è legato anche al fatto che questa area di studio costituisce uno degli acquiferi carsici più importanti del Lazio e funge da fonte di approvvigionamento idrico per molti comuni della Provincia di Latina, di Roma e di Frosinone.

Sulla base degli studi svolti dal gruppo di Ingegneria (coordinato dall'autore di questo articolo) in occasione del progetto "Tutela dei Monti Lepini", finanziato dalla Regione Lazio¹, è stato redatto un bilancio idrico di tipo 'distribuito', ovvero effettuato sul dominio discretizzato in celle, che ha consentito nel periodo 2005 - 2010 di effettuare una valutazione dello stato del sistema acquifero dei Monti Lepini. Il risultato principale consiste nella determinazione di una condizione di sostanziale equilibrio tra volumi d'acqua di ricarica e di prelievo. Un aspetto però molto importante è il deflusso di base di questo sistema che rappresenta il 77% del volume complessivo in uscita. Pertanto le variazioni di ricarica producono effetti quasi immediati sulle portate

¹ Un progetto di ricerca idrogeologica sulla dorsale dei Monti Lepini a cui hanno partecipato l'Università di Roma Tre (Dipartimento Scienze Geologiche) e l'Università La Sapienza con i dipartimenti di Scienze della Terra e ICMA.

sorgive con implicazioni ambientali e sociali non trascurabili. Per questo motivo nel progetto, lo stesso gruppo di lavoro ha messo a punto dei modelli di gestione della risorsa sia in termini di concorrenzialità degli usi sia di accesso alla risorsa territorialmente distribuita.

3.1 Modello decisionale multi-criterio sull'uso della risorsa idrica

Le situazioni decisionali della risorsa idrica sono caratterizzate spesso da tantissime alternative, conseguenze incerte, interazioni complesse e partecipazione di molteplici *stakeholder* con interessi contrastanti. Nel passato, le soluzioni ai problemi decisionali della risorsa idrica sono state basate sull'obiettivo fondamentale di massimizzare il rapporto tra vantaggi e costi facendo uso dell'approccio dell'analisi costi benefici (BCA: *Benefit Cost Analysis*). L'analisi di decisione multi-obiettivo (MCDA: *Multi-Criteria Decision Analysis*) è un metodo alternativo utilizzato ampiamente, poiché facilita la partecipazione degli *stakeholder* alla decisione. Il processo decisionale di collaborazione non richiede l'assegnazione dei valori monetari ai criteri ambientali o sociali e permette di considerare i criteri multipli in unità incommensurabili (cioè combinazione dei criteri quantitativi e qualitativi).

Gli usi dell'acqua, che determinano la sua richiesta e quindi i prelievi, sono stati ripartiti nelle seguenti macro-categorie:

- uso civile,
- uso industriale,
- uso agricolo.

Si è considerato che le singole utenze possano utilizzare l'acqua approvvigionata con opere acquedottistiche (pozzi, sorgenti, ecc.), con pozzi privati, con acque superficiali e con acqua trattata, derivante da impianti di depurazione. L'uso delle fonti di approvvigionamento è considerato anche multiplo e contemporaneo (relazione *many-to-many*).

Gli obiettivi e i vincoli sono funzione dei diversi usi della risorsa idrica e si basano su risultati ottenuti nel corso dello studio dei fabbisogni e del bilancio idrico distribuito sul sistema lepino (AA.VV., 2011).

Riassumendo, dalla figura 4 emerge che il comparto industriale, attraverso un impiego maggiore di acqua proveniente dai corsi di superficie (Scenario n. 4), consente di avere una maggiore disponibilità di acqua di falda per gli altri comparti, mentre il settore civile può sviluppare una politica di riduzione delle perdite di rete graduale che dall'attuale tasso del 60% scenda via via prima al 35% (Scenario n. 4) e poi al 20% (Scenario n. 3) comportando una riduzione dei prelievi di 22 Mm³/anno. In agricoltura il deficit colturale viene coperto per la parte pianeggiante a nord prevalentemente ricorrendo ai pozzi con circa 530

l/s (Scenario n. 4) che potrebbero anche aumentare nell'ipotesi di un cambio colturale a favore di specie vegetali più idroesigenti oppure di un anno siccitoso che richiede circa 850 l/s (Scenario n. 2). Il risparmio di risorsa in agricoltura si attua attraverso l'impiego di tecniche irrigue più efficienti e il ricorso ad un maggiore volume di acqua proveniente dagli impianti di depurazione civile (dai 200 l/s dello Scenario n. 4 ai 440 l/s dello Scenario n. 3).

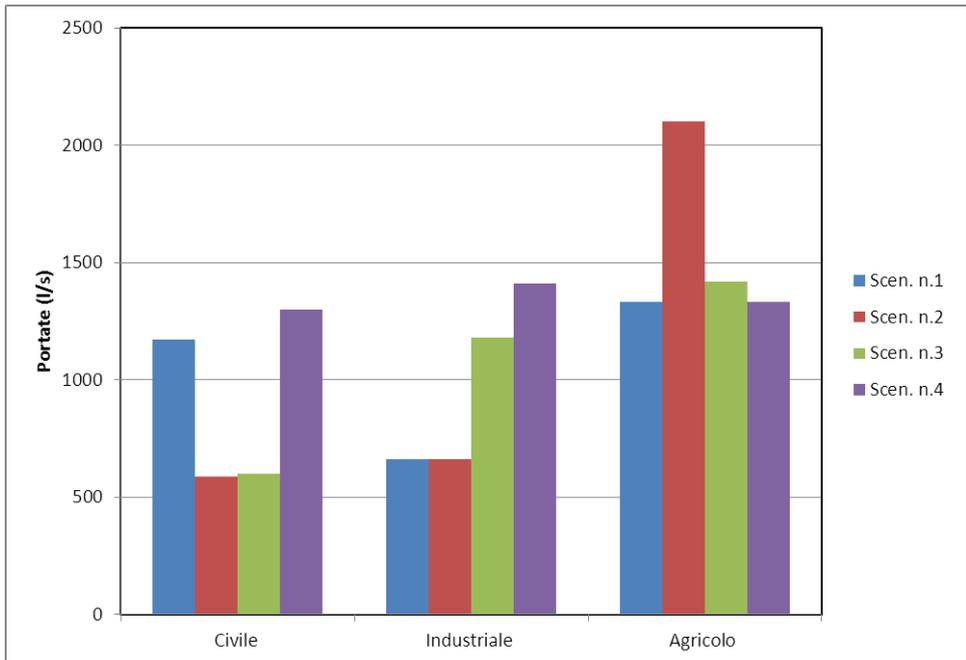


Fig. 4: Comparazione tra i diversi scenari, in termini di volume annuo (Mm³/anno).
Caso con priorità Civile.

Il prelievo sotterraneo totale passa dagli attuali 2115 l/s (Scenario n. 1) a complessivi 1550 l/s, per cui rimangono immagazzinati nell'idrostruttura lepina oltre 650 l/s. Sicuramente una parte di quest'acqua andrà ad alimentare una portata alle sorgenti maggiore e comunque andrà a beneficio del sistema ambientale. Inoltre, in caso di anno siccitoso tale quantità costituirà una notevole riserva a cui poter attingere.

In definitiva, l'ipotesi di gestione qui proposta prevede obiettivi intermedi più facilmente raggiungibili che tutti insieme concorrono a raggiungere gli obiettivi globali di gestione razionale, risparmio e sviluppo locale.

3.2 Un modello di gestione territoriale

La gestione non può prevedere solo la valutazione dei volumi a disposizione

e la loro attribuzione agli usi ma deve prevedere anche una serie di regole per la gestione del territorio che esercita una pressione sull'acquifero. A tal fine è stato messo a punto un indicatore per fornire un'informazione distribuita al fine di valutare le zone con pressione antropica eccessiva e le zone dove è minore. Obiettivo ultimo è quello di fornire uno strumento per operare una regolamentazione territoriale dell'accesso alla risorsa idrica sotterranea.

Si è pensato di utilizzare un indicatore I che si ottiene dalla combinazione lineare di una serie di indici C_i e pesi λ_i :

$$I = \sum_{i=1}^n C_i \lambda_i$$

Sono stati individuati 11 indici corrispondenti a elementi e parametri che hanno un'influenza diretta sulla risorsa idrica. I criteri sono stati articolati in funzione della loro tipologia in: quantitativi, qualitativi e rispetto all'uso della risorsa. Alcuni criteri sono di tipo booleano ossia vero/falso, altri sono di tipo variabile con distribuzione secondo un sistema di classi. Ogni indice varia da 0 a 2 in forma discreta. Il valore massimo corrisponde al massimo impatto. Gli indici utilizzati sono: la presenza di un ente gestore della risorsa, la presenza della rete irrigua del Consorzio di Bonifica Pontina, la densità dei pozzi, le grandi concessioni a fini potabili, l'uso domestico tra pozzo e acquedotto, l'acqua potenzialmente traboccante, la drenanza dal carbonatico, la profondità del tetto dei carbonati, la miscelazione di origini diverse, il rapporto prelievo/ricarica e lo stress sul terrigeno. La scelta dei pesi nella combinazione lineare dei criteri può fornire risultati in funzione di quelli che sono i desideri degli *stakeholder*. Sono state effettuate due scelte dei pesi: una che rappresenta una visione degli *stakeholder* 'indifferente' rispetto ai criteri adottati, ed un'altra che dà maggiore importanza agli impatti 'diretti' sulla risorsa idrica sotterranea. A tal fine sono stati raddoppiati i pesi corrispondenti ai criteri riconducibili a tali impatti, mentre tutti gli altri pesi sono stati mantenuti invariati (Fig. 5).

3.3 *Visione degli stakeholder 'indifferente'*

Il risultato, ottenuto dalla combinazione di 14 livelli, è stato espresso in percentuale sul valore massimo ottenibile pari a 28. Ricordando che il valore di impatto maggiore è stato riservato al valore 2 ed il minimo a 0 è evidente che i valori inferiori al 50% rappresentano un impatto sul sistema basso, mentre valori superiori impatto elevato. Il settore della parte pianeggiante a nord risulta avere un elevato impatto (60 - 70%) mentre i settori del massiccio denotano un impatto basso in media del 30 - 40%.

3.4 Maggiore importanza agli impatti 'diretti' sulla risorsa idrica sotterranea

Sulla base delle ipotesi assunte e precedentemente formulate si può concludere che il modello fornisca dei risultati che evidenzino lo stato di criticità delle aree della pianura rispetto alla situazione del massiccio lepino. Sono stati classificati come rilevanti ai fini di un impatto diretto sulla risorsa i criteri:

- densità dei pozzi a fini irrigui, domestici, industriali;
- approvvigionamento idrico da pozzo ed acquedotto;
- drenanza dal carbonatico;
- rapporto prelievo/ricarica, da pozzi e sorgenti;
- stress sul terrigeno.

Tali criteri sono stati maggiorati con un peso pari a 2, mentre gli altri sono rimasti invariati.

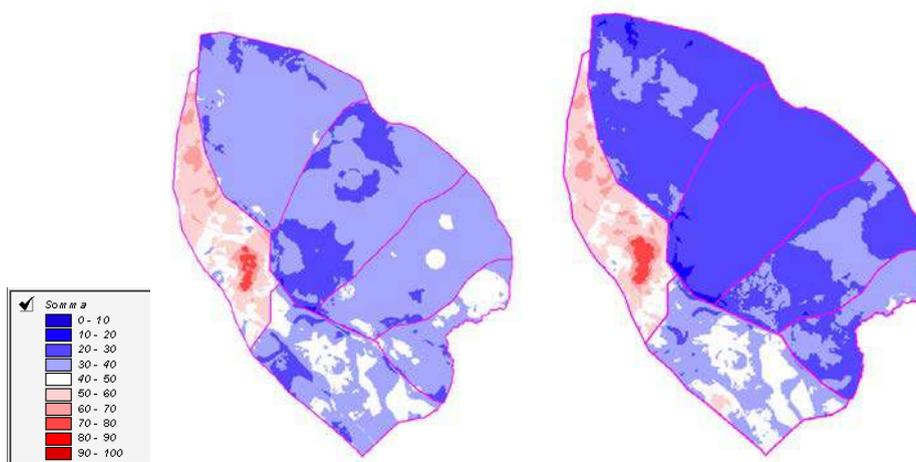


Fig. 5 - Indicatore della pressione antropica sulla risorsa idrica sotterranea.

Al fine di poter confrontare i due scenari il risultato è stato espresso ancora una volta in percentuale sul valore massimo ottenibile, nel caso in esame pari a 44 ($8 \times 4 + 6 \times 2$).

Come rappresentato nella cartografia, rispetto alla precedente configurazione il settore della parte pianeggiante a nord mantiene sostanzialmente i medesimi livelli di impatto (60-70%), mentre anche nella parte pianeggiante a sud cominciano a vedersi zone con impatti superiori al 50% (verso il limite sud occidentale), in un contesto che presenta complessivamente impatti mai inferiori al 40%.

I settori del massiccio, di contro, presentano impatti minori rispetto alla pre-

cedente configurazione, con valori ovunque inferiori al 40%, nel sottobacino di ricarica dei Laghi del Vescovo, e addirittura sempre inferiori al 30% nel sottobacino della sorgente Cavata.

4. La Duna Antica

L'area di studio denominata Duna Antica appartiene al 'Sistema Acquifero Costiero' (come definito dalla Provincia di Latina) della Piana Pontina. Il territorio corrisponde ad una pianura in gran parte alluvionale delimitata ad ovest e sud dal Mar Tirreno, a est dai primi rilievi appenninici dei Monti Lepini ed Ausoni, a nord dal Fiume Astura e dai primi rilievi dei Colli Albani.

Il comprensorio di studio è stato ristretto all'areale compreso tra gli assi fluviali di Rio Martino a nord-ovest e il Fiume Sisto a nord-est, mentre a sud è bagnato dal Mar Tirreno. Si tratta di una zona con una prevalente vocazione agricola in cui è presente una vasta area protetta corrispondente al Parco Nazionale del Circeo.

Lo studio di quest'area è stato portato avanti negli ultimi anni con la partecipazione degli studenti del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Ambiente per lo Sviluppo Sostenibile attraverso lavori di gruppo. Finalità principale, oltre alla modellazione del sistema naturale, è stata la valutazione della pressione antropica su tale sistema.

Non tenendo conto della rispondenza del modello alla realtà sono stati valutati tre differenti scenari:

1. sistema in condizioni naturali, senza pressione antropica, considerando la ricarica sulla base dei dati dal 2003 al 2014;
2. sistema con pressione antropica sul territorio con particolare interesse al settore industriale e agricolo (ricarica 2003 - 2014);
3. sistema con condizioni meteorologiche antecedenti al periodo temporale oggetto di studio (1990/2000).

L'analisi effettuata sui dati ottenuti dalle simulazioni sono sintetizzati nella tabella che segue. Come si può constatare confrontando i primi due scenari si desume che la pressione antropica esercitata attraverso i pozzi di prelievo ha un forte peso, poco più del 41% dei volumi in uscita dall'acquifero (Tab. 1).

Le conseguenze di questi prelievi consistono nella riduzione dei volumi uscenti verso la costa e nei deflussi nei corsi idrici superficiali. Le ricadute che si possono avere sono una maggiore esposizione al fenomeno di intrusione salina e una riduzione del deflusso di base dei corsi d'acqua. Entrambi i fenomeni sono stati osservati dagli studi condotti sul territorio.

Tab. 1 - Bilancio idrico del sistema acquifero della Duna Antica.

<i>Volumi</i>	<i>Fiumi</i>	<i>Ricarica</i>	<i>Carichi costanti</i>	<i>Dreni</i>	<i>Pozzi</i>
Scenario 1					
IN	40%	57%	3%	-	-
OUT	53%	-	33%	14%	-
Scenario 2					
IN	48%	50%	2%	-	-
OUT	33,5%	-	14,5%	10,5%	41,5%
Scenario 3					
IN	23%	75%	2%	-	-
OUT	36%	-	24%	11%	29%

Se si confronta la situazione del decennio precedente si constata che la riduzione degli apporti meteorici nel periodo 2003-2014 (Fig. 6 grafico a sinistra) ha prodotto una sensibile riduzione della ricarica dell'acquifero con un'amplificazione degli effetti già indicati. Pertanto emerge, seppur qualitativamente, che il sistema acquifero è particolarmente soggetto all'influenza dei cambiamenti climatici, diminuzione delle precipitazioni ed aumento delle temperature medie annuali (Fig. 6 grafico a destra), che hanno prodotto una riduzione di circa il 47% degli apporti di ricarica.

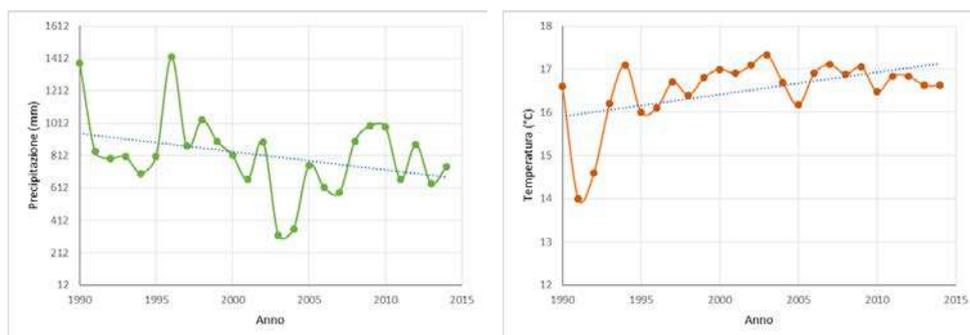


Fig. 6 – Grafico a sinistra andamento delle precipitazioni annuali nel periodo 1990-2015; grafico a destra andamento delle temperature medie annuali nel periodo 1990-2015.

5. Conclusioni

Le risorse idriche nel territorio della Bioregione Pontina hanno evidenziato la loro frammentazione nell'uso e la criticità indotta da una visione parzializzante. Questo risulta particolarmente evidente dai risultati ottenuti

negli studi sui Monti Lepini dove l'approvvigionamento idrico risulta esercitare una pressione non trascurabile sulla riserva idrica. A seguito dei caratteri specifici del sistema sorgivo associato, le portate che defluiscono variano in funzione delle precipitazioni con tempi di risposta molto brevi, dell'ordine di tre-quattro mesi. Tali tempi di risposta pongono in evidenza le criticità ambientali che ne derivano dal momento della riduzione del flusso idrico.

È pertanto fondamentale, in un territorio particolarmente critico, pianificare l'uso della risorsa con strumenti avanzati ed approcci innovativi che tengano presente non solo dell'evoluzione socio-economica ma anche e soprattutto del cambiamento climatico. Alcuni strumenti sono stati sviluppati e hanno messo in evidenza il loro ruolo. Ma tutto ciò non basta se non si realizzano quelle azioni che abbiamo evidenziato in precedenza. In particolare, le azioni che devono essere messe in campo riguardano i ruoli istituzionali. Si tratta di attivare dei tavoli di lavoro dove si possa confrontare l'interesse pubblico e quello privato cercando equilibri e non equilibrismi. Altro punto importante è avere un quadro chiaro dei rapporti tra amministrazioni centrali e locali. In un momento dove le provincie sembrano dover sparire viene a mancare l'attore locale che può mettere in atto gli strumenti di gestione sviluppati ed esercitare un ruolo di controllo nell'impiego della risorsa.

Riferimenti bibliografici

AA.VV. (2011), *Progetto Monti Lepini. Studi idrogeologici per la tutela e la gestione della risorsa idrica*, Gangemi editore, Roma.

VOCABOLARIO TRECCANI, <http://www.treccani.it/vocabolario/> (ultima visita: gennaio 2017).