

La presente copia viene fornita all'autore non per scopi commerciali, ma solo per scopi didattici o scientifici senza fini di lucro.

Non deve essere riprodotta o distribuita dall'autore

Provided for non-commercial research and education use.

Not for reproduction, distribution or commercial use



L'articolo è stato pubblicato sulla rivista *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater* edita dall'Associazione Acque Sotterranee. L'articolo può essere usato dall'autore per la didattica o per condividerlo con i colleghi. Non può essere riprodotto o inserito in siti web dell'autore o di terze parti nella forma pdf impaginata dalla Casa Editrice. Può altresì essere inserito in formato txt o Word nel sito dell'autore citando la rivista in cui è stato pubblicato e il DOI ad esso collegato

This article appeared in Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater published by Associazione Acque Sotterranee. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues. Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

Authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository, but it be cited appropriately: the publisher, the name of journal, ISSN and DOI.

Il futuro della ricarica delle falde in condizioni controllate in Italia: il progetto europeo FPVII MARSOL e la EIP on Water MAR to MARKET

The future of Managed Aquifer Recharge in Italy: the European FPVII MARSOL Project and the European Innovation Partnership on Water Mar to Market

Rudy Rossetto, Enrico Bonari

Riassunto: La scarsità della risorsa idrica, soprattutto nel bacino del Mediterraneo, pone la pressante questione non solo del risparmio idrico nelle attività antropiche, ma anche quella di reperire nuove fonti di approvvigionamento utili per il mantenimento degli agro-ecosistemi. La ricarica delle falde in condizioni controllate (in inglese Managed Aquifer Recharge, MAR) costituisce una promettente soluzione al problema. In questa nota si intende presentare lo stato dell'applicazione delle tecniche MAR in Italia in relazione ad alcuni progetti co-finanziati dall'Unione Europea e offrire spunti di riflessione per l'applicazione su scala di queste tecniche per l'utilizzo di acque non-convenzionali

Abstract: *Water scarcity, especially in the Mediterranean rim, poses the relevant issue of water saving in human activities and of finding new sources of water, also for agro-ecosystem maintenance. Managed Aquifer Recharge (MAR) techniques constitute a promising solution to the above-mentioned issue. In this contribution, we discuss the state of MAR application in Italy also in relation to some projects co-funded by the European Union. Some ideas for the large scale application of these techniques for non-conventional water use are presented.*

Parole chiave: ricarica delle falde in condizioni controllate, gestione della risorsa idrica, MARSOL, MAR to MARKET

Keywords: *Managed Aquifer Recharge, water management, MARSOL, MAR to MARKET*

Rudy ROSSETTO 
 Enrico BONARI
 Scuola Superiore Sant'Anna - Pisa
 r.rossetto@sssup.it

Ricevuto: 25 agosto 2014 / Accettato: 09 settembre 2014
 Pubblicato online: 30 settembre 2014

© Associazione Acque Sotterranee 2014

Introduzione

Nelle aree costiere del bacino Mediterraneo le acque di falda costituiscono la principale fonte di approvvigionamento sia per le attività umane che per gli ecosistemi. Negli ultimi decenni, la forte crescita della pressione antropica ha creato impatti negativi sulla disponibilità di risorsa idrica, aumentando la produzione di ruscellamento superficiale, diminuendo la ricarica naturale delle falde, producendo i presupposti per l'intrusione del cuneo salino ed in generale causando il peggioramento qualitativo delle acque e degli ecosistemi delle zone umide più che in ogni altro ambiente (Plan Bleu, 2014). In particolare, le aree costiere del bacino del Mediterraneo stanno vivendo le maggiori variazioni negli usi della risorsa idrica (incluse ampie variazioni interannuali) e forti conflitti per l'allocazione e la gestione, soprattutto tra gli usi agricoli e turistici. I fenomeni citati comportano non solo la perdita di risorse idropotabili, ma hanno anche effetti sulla salinizzazione dei suoli agricoli. In Regione Toscana, ad es., sono oramai rari i casi di acquiferi costieri non soggetti a sovrasfruttamento e/o a problemi di salinizzazione (e.g. Pranzini, 2008).

Le problematiche relative alla gestione della risorsa idrica hanno generato lo sviluppo di alternative che sollevano sempre questioni molto dibattute tra la popolazione sulla loro "supposta" vs. "reale" efficacia e allo stesso tempo sostenibilità ambientale (WSSTP, 2010). La realizzazione di dighe/invasi è, ad esempio, un processo che richiede tempi molto lunghi (anche per l'accettabilità sociale delle idee progettuali), occupando e stravolgendo ampie porzioni di territorio, oltre a costi di costruzione quantificabili in decine di milioni di euro. Inoltre, non offre una soluzione adeguata al problema dell'approvvigionamento, poiché la potenziale mancanza delle precipitazioni nel periodo autunnale-primaverile mette in crisi il sistema invaso.

Se l'opzione legata allo sfruttamento di ulteriori livelli acquiferi è anch'essa poco praticabile, gli impianti di desalinizzazione presentano ancora oggi questioni legate alla produzione delle salamoie ed agli elevati costi di realizzazione, gestione e manutenzione (soprattutto per quanto riguarda i costi collegati ai consumi energetici). Il riuso dei reflui urbani, opportunamente depurati, è una opzione la cui percezione è spesso collegata a ragioni di salute pubblica e protezione dell'ambiente, per la cui accettabilità sociale ci sarà bisogno di ancora qualche anno e numerosi siti dimostrativi. Un reale incremento della disponibilità della risorsa idrica può venire, oltre che dalla riduzione delle perdite degli acquedotti

(e.g. CISPEL, 2008) dalla possibilità di accumulare acqua nel sottosuolo nei periodi di ricarica meteorica. Con questa nota si intende presentare lo stato dell'applicazione in Italia delle tecniche di ricarica delle falde in condizioni controllate (in inglese *Managed Aquifer Recharge*, MAR; <http://recharge.iah.org/recharge/>) in relazione ad alcuni progetti co-finanziati dall'Unione Europea e offrire spunti di riflessione per la loro applicazione su scala.

Che cosa è la ricarica delle falde in condizioni controllate

La ricarica delle falde in condizioni controllate è una tecnica utilizzata in pochi casi in Italia e sotto-utilizzata nell'arco mediterraneo. La ricarica intenzionale e controllata di un acquifero è un processo per cui il volume di acqua ordinariamente immagazzinato nel sottosuolo è incrementato ad un tasso superiore alla ricarica naturale (Dillon, 2005; Australian Government, 2009). Gli impianti MAR sono quindi interventi di geoingegneria ambientale in cui si ricaricano gli acquiferi con aliquote di acqua provenienti da corsi d'acqua, invasi – o acque non convenzionali, con rilevante diffusione in USA, Australia, Israele. Un elenco esaustivo delle tipologie di impianti MAR (riportate in Fig. 1) può essere trovato in Australian Government (2009).

Potenziati utilizzi delle acque ricaricate consistono: i) nell'incremento delle riserve di acqua per utilizzo in periodi di criticità per scopi idropotabili, irrigui, industriali; ii) nel contrastare deficit di bilancio causati da elevati consumi antropici; iii) nel controllare fenomeni di subsidenza; iv) nel contenere fenomeni di intrusione salina; v) nella conservazione della biodiversità degli agro-ecosistemi e delle zone umide.

Rispetto a invasi dell'ordine di grandezza da 1 a 5 Mm³ di accumulo, gli impianti MAR presentano notevoli vantaggi, quali:

- bassi costi di investimento, sono la più economica tra le tecnologie per fornire acqua (costi di messa in opera spesso inferiori a circa 1 €/m³ per acqua accumulata contro un minimo di 5/6 €/m³ di costo di costruzione per gli invasi);
- essendo gli acquiferi serbatoi normalmente di grande estensione, possono immagazzinare ingenti volumi di acqua, anche nei periodi in cui gli invasi sarebbero colmi;
- sfruttando la capacità di trasporto negli acquiferi, abbattano i costi di trasferimento delle acque;
- richiedono per la messa in opera limitate aree, e quindi implicano minima perdita di territorio;
- richiedendo aree limitate, esiste una maggiore facilità di identificazione siti idonei;
- possono essere messi in opera su acquiferi salinizzati per la loro riqualificazione;
- non si hanno fenomeni evaporativi, formazione di alghe o proliferazione di insetti;
- producono nella messa in opera e gestione minori immissioni di gas clima-alteranti in atmosfera.

Ovviamente, la messa in opera di impianti MAR non può

prescindere dall'esecuzione di un adeguato piano di indagini e caratterizzazione di tipo idrogeologico ed idrogeochimico, atto a verificare la potenziale funzionalità dell'impianto ed i rischi di alterazione dello stato qualitativo delle acque sotterranee, come pure le condizioni di fattibilità e sostenibilità economica dei progetti.

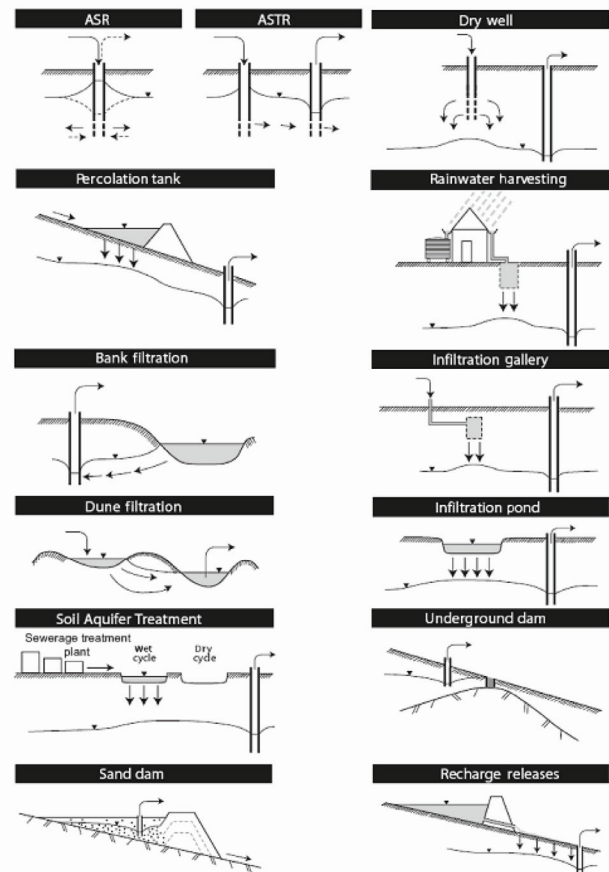


Fig. 1 - Tipologie di impianti MAR (da Australian Government, 2009). ASR = aquifer storage and recovery; ASTR = aquifer storage, transport and recovery.

Fig. 1 - Types of MAR (from Australian Government, 2009).

ASR = aquifer storage and recovery; ASTR = aquifer storage, transport and recovery.

Managed Aquifer Recharge o Artificial Recharge?

Negli ultimi quindici anni tecnici e ricercatori nella *International Association of Hydrogeologists* (IAH) hanno cercato di evitare la terminologia di *Artificial Recharge*, (AR, “ricarica artificiale”) a favore di *Managed Aquifer Recharge* (MAR, “ricarica delle falde in condizioni controllate”). Questo in quanto il termine “artificiale”, in una società dove la partecipazione di diversi attori, anche non tecnici, nella gestione della risorsa idrica si fa sempre più massiccia, offre implicazioni negative sui processi cui l'acqua è sottoposta, tanto da dargli una connotazione in qualche modo non naturale; è da far rilevare che allo stesso modo nessuno utilizza “artificiale” per i prelievi da pozzo (“*well artificial discharge*” in contrasto a “*natural discharge*”). Con il concetto “ricarica delle falde in condizioni controllate” si vuole quindi porre in evidenza che l'attività di

ricarica è intenzionale e posta in essere (per futuri utilizzi o per il mantenimento degli agro-ecosistemi) seguendo misure atte ad assicurare un'adeguata protezione della salute umana e dell'ambiente. Questo anche per porre in contrasto i sistemi MAR con interventi di ricarica di tipo non intenzionale degli acquiferi, legati a molteplici attività umane (irrigazione in eccesso, perdite da reti fognarie, etc.).

Il termine MAR fu ufficialmente sostituito a quello di AR per la prima volta nel Novembre 2000 all'interno della IAH in una riunione dell'allora gruppo sulla ricarica artificiale delle falde, diretto da Ivan Jhonson (Fernández Escalante, 2005), in occasione della celebrazione del 30° anniversario della IAH. La terminologia MAR è oramai condivisa a livello internazionale, andando ad unire termini in abbandono come *enhanced recharge*, *water banking*, *sustainable underground storage*, AR, a partire dagli Stati Uniti, dove la terminologia AR mosse i primi passi.

MAR in Italia

In Italia la ricarica delle falde è stata spesso applicata non intenzionalmente determinando incremento dell'infiltrazione attraverso i letti fluviali, mettendo in opera traverse in alveo ed a monte di queste sistemi di captazione lungo i rilevati arginali (e.g. Borsi et al., 2014). Un certo interesse per questa tecnica si è avuto in particolare tra la fine degli anni '70 e degli anni '80 (Consorzio Villorosi, 1978; Civita, M. comunicazione personale). In Civita (2005) sono citate esperienze di ricarica delle falde in Italia effettuate in Toscana, Veneto e Friuli Venezia Giulia. Negli ultimi anni sono stati co-finanziati in Italia alcuni progetti LIFE sul tema della ricarica, che utilizzano ancora la terminologia AR, quali:

- TRUST (*Tool for regional - scale assessment of groundwater storage improvement in adaptation to climate change*, LIFE07 ENV/IT/000475; Marsala 2014);
- AQUOR (*Implementation of a water saving and artificial recharging participated strategy for the quantitative groundwater layer rebalance of the upper Vicenza's plain* - LIFE 2010 ENV/IT/380; Mezzalana et al., 2014);
- WARBO (*Water re-born - artificial recharge: innovative technologies for the sustainable management of water resources*, LIFE10 ENV/IT/000394; 2014).

Il progetto TRUST affronta la ricarica in termini generali ed è il precursore dei successivi due, centrati essenzialmente su impianti di ricarica dimostrativi. Più recentemente, nel 2014, la Regione Emilia Romagna ha avviato un intervento sperimentale di ricarica dell'acquifero della conoide della Val Marecchia utilizzando un bacino di ricarica (Severi et al., 2014).

Di particolare interesse per il contesto italiano, è la possibilità di permettere a consorzi di agricoltori/consorzi irrigui di svolgere il ruolo di "produttori di acqua", destinando limitate aree (pochi ettari) delle zone rurali a impianti MAR, creando anche le premesse per la nascita di un nuovo settore industriale di supporto a tale attività. Oltre alla conservazione di acqua, in tali impianti può essere associata la produzione di

biomassa legnosa per legno da lavoro o ligno-cellulosica per la produzione di energia, senza peraltro dimenticare che la buona riuscita di molte colture dipende dalla disponibilità di acqua di buona qualità. Esperienze in tal senso sono già state condotte da Veneto Agricoltura (2012) che ha inserito nel Piano di Sviluppo Rurale la Misura 221, Azione 5, dedicata alle aree forestali di infiltrazione promuovendo la disponibilità a retribuire i servizi di infiltrazione da parte dei soggetti interessati a ricaricare le falde. In tal senso, in Spagna, l'ente di stato *Empresa de Transformación Agraria S.A.* ha condotto esperienze di successo che hanno spinto il settore agricolo ad essere il principale attore nella richiesta di realizzazione di impianti di ricarica (si veda il progetto DINA-MAR, 2014).

Il progetto europeo FPVII MARSOL e la EIP on Water MAR to MARKET.

L'Unione Europea (EU) ha recentemente sostenuto la diffusione di tale tecnica co-finanziando un progetto dimostrativo di innovazione di dimensione continentale: il progetto FPVII MARSOL (2014, www.marsol.eu) *Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought*, nel contesto del quadro per la ricerca FPVII-ENV-2013. L'obiettivo del progetto MARSOL è di dimostrare che le tecniche MAR costituiscono una strategia sicura e sostenibile, e quindi un valido approccio per affrontare le criticità legate alla scarsità della risorsa idrica, che può essere applicata su vasta scala. A questo scopo sono stati selezionati otto siti dimostrativi (Fig. 2) dove verrà dimostrata l'applicabilità di diverse tecniche MAR utilizzando diverse tipologie di acque, da acque reflue trattate a desalinizzate. Il fine ultimo dell'utilizzo di queste tecniche nel bacino del Mediterraneo è quello di alleviare l'effetto dei cambiamenti climatici, mitigare i periodi di siccità, bilanciare lo sfasamento temporale nella disponibilità di risorsa idrica, sostenere le forniture di acqua per l'agricoltura e lo sviluppo delle aree rurali e limitare l'intrusione salina negli acquiferi costieri. In Italia le attività dimostrative riguardano la messa in opera di aree forestali di infiltrazione (*forested infiltration areas*) nel bacino del Fiume Brenta e la realizzazione di un sistema di monitoraggio e di supporto alle decisioni dedicato alla gestione di impianti MAR per induzione di ricarica di subalveo (*riverbank filtration*) lungo l'asta del Fiume Serchio (Borsi et al., 2014). Il progetto è iniziato nel Dicembre 2013 ed avrà la durata di tre anni; fanno parte del Consorzio MARSOL tipologie di *expertise* che comprendono istituti di ricerca, *water utility*, enti pubblici e società di consulenza geo-ambientale.

I risultati derivanti dai siti dimostrativi verranno utilizzati per sviluppare linee guida per la selezione di siti idonei alla messa in opera di impianti MAR, per i sistemi di monitoraggio e approcci per la modellazione, ed inoltre offrire ai portatori di interesse un insieme di strumenti per la realizzazione degli impianti MAR. Verranno allo stesso tempo trattati gli aspetti di natura economica, anche al fine di favorire la penetrazione sul mercato di queste tecniche, come pure quelli di natura legale. Questi ultimi offriranno una visione del contesto normativo all'interno della EU ed in alcuni paesi quali

USA, Australia ed Israele, fino ad arrivare ad una bozza per un regolamento per l'applicazione degli schemi MAR in Europa.

Attraverso il Gruppo di Azione MAR to MARKET (2014), approvato nel contesto dei partenariati europei per l'innovazione (*European Innovation Partnership on Water* - <http://ec.europa.eu/environment/water/innovationpartnership/>), la Commissione supporta la diffusione di questa tecniche coinvolgendo i principali attori e le imprese al fine di favorire la penetrazione delle tecniche MAR nel mercato e la creazione di innovative opportunità di lavoro. Le tecniche MAR possono quindi fornire un approccio valido per la gestione della risorsa idrica e supportare lo sviluppo di un nuovo settore dell'economia collegato all'acqua producendo al contempo effetti per la mitigazione degli eventi climatici estremi.

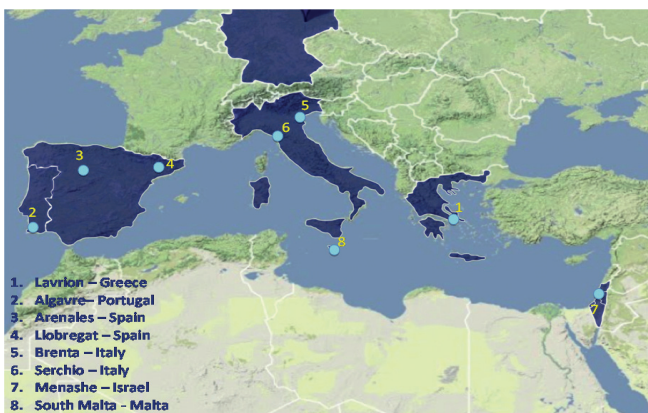


Fig. 2 - Test site nel progetto MARSOL.

Fig. 2 -Test sites included in the MARSOL project.

Conclusioni

Nonostante le esperienze pregresse e le iniziative in corso, restano comunque molti interrogativi aperti. Se con la L. 06.08.2013, n. 97, in vigore dal 04.09.2013, si è provveduto a sanare un vuoto nella legislazione italiana rispetto a quanto riportato nella *Water Framework Directive* (2000/60/EC), autorizzando all'art. 104 - comma 4bis del D. Lgs. 152/2006 "il ravvenamento o l'accrescimento artificiale dei corpi sotterranei", ancora non esiste il decreto di attuazione del Ministero dell'Ambiente. A tale proposito è da suggerire che il Ministero, nella stesura del documento, faccia tesoro di tutte le esperienze pregresse ed in essere sul tema della ricarica, attraverso il coinvolgimento attivo degli attori interessati. In tale decreto, oltre ai rilevanti aspetti di carattere tecnico, a nostro giudizio, dovrà inoltre essere chiarito chi saranno i soggetti autorizzabili alla messa in opera di tali impianti. Ed infine, è da definire attraverso quali strumenti questi servizi ecosistemici collegati all'acqua possano essere remunerati, si da garantirne non solo la messa in opera, ma il funzionamento in condizioni di sicurezza e continua operatività aprendo perciò un nuovo potenziale mercato nel settore idrico.

Ringraziamenti: Le attività descritte in questo contributo sono co-finanziate dal progetto EU FPVII MARSOL (Grant Agreement n. 619120 FP7-ENV-2013-WATER-INNO-DEMO). Desideriamo inoltre ringraziare due revisori anonimi per aver contribuito a migliorare questo testo.

BIBLIOGRAFIA

- Australian Government (2009). Document 24: Australian guidelines for water recycling: Managing health and environmental risks - Managed aquifer recharge <http://www.environment.gov.au/water/publications/#agriculture> [ultimo accesso 8 agosto 2014]
- Borsi, I., Mazzanti, G., Barbagli, A., Rossetto, R., 2014. L'impianto di ricarica riverbank filtration di S. Alessio (Lucca): attività di monitoraggio e modellistica nel progetto EU FP7 MARSOL. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, Vol. 3, n. 3/137
- CISPTEL (2008). Una strategia per l'approvvigionamento idrico in Toscana. http://www.cispeltoscana.net/pagebase.asp?s=8&s2=12&pag_down=3 [ultimo accesso 8 agosto 2014]
- Civita, M. (2005). *Idrogeologia applicata ed ambientale*. Casa Editrice Ambrosiana.
- Consorzio Villoresi (1978). Artificial Recharge in the Milan Area. Int. Comm. On Irrigation and Drainage. Symp. Athens R8, Atene.
- Dillon, P. (2005). Future management of aquifer recharge. *Hydrogeology Journal* 13: 313-316
- DINA-MAR (2014). Gestion de la recarga de acuíferos. <http://www.dina-mar.es/> [ultimo accesso 8 agosto 2014]
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy.
- D. Lgs. 3 Aprile 2006 n. 152. Norme in materia ambientale
- Fernández Escalante, E. (2005) Recarga artificial de acuíferos en cuencas fluviales aspectos cualitativos y medioambientales : criterios técnicos derivados de la experiencia en la cubeta de Santiuste (Segovia). PhD Thesis.
- Marsala, V. (2014). Progetto LIFE+ TRUST: uno strumento di supporto all'implementazione della Direttiva Europea 2000/60/CE, metodologia e risultati. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, Vol. 3, n. 3/137
- MARSOL (2014). Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought www.marsol.eu [ultimo accesso 8 agosto 2014]
- MAR to MARKET Action Group (2014). <http://www.eip-water.eu/working-groups/mar-solutions-managed-aquifer-recharge-strategies-and-actions-ag128> [ultimo accesso 8 agosto 2014]
- Mezzalana, G., Niceforo, U., Gusmaroli, G. (2014). Aree forestali di infiltrazione (AFI): principi, esperienze, prospettive. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, Vol. 3, n. 3/137
- Plan Bleu (2014). Mediterranean Strategy for Sustainable Development. <http://planbleu.org/en/le-plan-bleu/qui-sommes-nous> [ultimo accesso 8 agosto 2014]
- Pranzini, G. (2008). Nota per il convegno CISPTEL 20 Giugno 2008 Governare la risorsa idrica. http://www.cispeltoscana.net/pagebase.asp?s=8&s2=12&pag_down=3
- Severi, P., Bonzi, L., Ferrari, V., Pellegrino, I. (2014). Ricarica in condizioni controllate della conoide del Fiume Marecchia (Rimini), avvio della sperimentazione e primi risultati. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, Vol. 3, n. 3/137
- Veneto Agricoltura (2012). Le Aree Forestali di Infiltrazione (AFI) <http://www.venetoagricoltura.org/basic.php?ID=3895>
- WARBO, 2014. WATER RE-BORN - Artificial Recharge. Innovative Technologies for the Sustainable Management of Water Resources. <http://www.warbo-life.eu/> [ultimo accesso 8 agosto 2014]
- WSSTP (2010). Managed Aquifer Recharge. <http://wsstp.eu/files/2013/11/ExS-Aquifer.pdf> [ultimo accesso 8 agosto 2014]