



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



Valutazione tecnico-economica delle potenzialità di riutilizzo irriguo dei reflui depurati: il caso della Valpadana

Zucaro R.¹, Rago C.² and Vollaro M.³

^{1,2,3} INEA/Ambito di ricerca “Gestione risorse idriche”, Roma, Italia
zucaro@inea.it

Paper prepared for presentation at the 1st AIEAA Conference
‘Towards a Sustainable Bio-economy: Economic Issues and Policy Challenges’

4-5 June, 2012
Trento, Italy

Summary

Gli effetti dei cambiamenti climatici (CC), sebbene soltanto vagamente ipotizzati qualche decennio fa, hanno cominciato a manifestarsi negli ultimi anni facendo emergere la vulnerabilità soprattutto del settore agricolo. Mentre le indicazioni politiche internazionali promuovono azioni congiunte di lungo periodo volte all'adozione di misure di mitigazione dei CC (riduzione dei gas serra), non sono ancora state chiaramente definite efficaci misure di adattamento di breve periodo, soprattutto per le problematiche connesse alla scarsità idrica. Questo lavoro contribuisce al dibattito in corso sulla politica di adattamento ai CC nel settore agricolo italiano nel contesto sia della pianificazione della Politica Agricola Comune nel periodo 2014-2020 sia dell'attuazione della Direttiva Quadro delle Acque 2000/60/CE, proponendo un'analisi di fattibilità tecnico-economica del riutilizzo irriguo delle acque reflue depurate (RI) in Val Padana associato all'adeguamento dei depuratori e delle reti idriche.

L'analisi tecnica è stata condotta utilizzando un sistema geografico di supporto alle decisioni di tipo multicriteriale implementato attraverso una scelta ponderata dei fattori che maggiormente influiscono sulla potenziale realizzazione della misura. Gli attributi sono stati scelti in base alla idrografia del territorio, la vulnerabilità ai nitrati, il clima previsto al 2050, il grado di urbanizzazione e le caratteristiche della rete irrigua. I vincoli definiti nel modello tengono conto della distanza dagli impianti di depurazione, il fabbisogno idrico e il sistema irriguo aziendale. I risultati suggeriscono che, sulla maggior parte dell'area, il RI è fattibile a condizione che i depuratori siano dotati di trattamento terziario e che siano in uso sistemi di microirrigazione. Nelle aree idonee, quindi, si è proceduto all'analisi costi-benefici tenendo in considerazione i costi di investimento per l'adattamento dei depuratori idonei e delle reti idriche associate e i benefici derivanti dal più alto valore d'uso alternativo della risorsa convenzionale risparmiata. L'analisi evidenzia benefici annuali nettamente superiore ai costi.

Keywords: cambiamento climatico, scarsità idrica, stabilità dei mercati agricoli, analisi multicriteriale, analisi costi-benefici

JEL Classification codes: Q15, Q18, Q25, Q34, Q38, Q51, R52

Valutazione tecnico-economica delle potenzialità di riutilizzo irriguo dei reflui depurati: il caso della Valpadana

Zucaro R.¹, Rago C.² and Vollaro M.³

^{1,2,3} INEA/Ambito di ricerca “Gestione risorse idriche”, Roma, Italia

1. INTRODUZIONE

Gli ultimi decenni sono stati caratterizzati da numerosi sconvolgimenti, di varia natura, che hanno attivato un serrato confronto a livello scientifico sulle possibili politiche da adottare per contrastare gli effetti degli eventi.

Nel 2003 Colin Victor James Mason, un giornalista australiano successivamente entrato a far parte del Senato australiano per i democratici, che si è occupato attivamente di ambiente ha pubblicato un libro per una casa editrice collegata al Wwf inglese, per segnalare i rischi di catastrofe globale, con particolare attenzione agli anni intorno al 2030, connessi a: l’impoverimento delle fonti energetiche; la crescita della popolazione e della povertà che ne consegue; il riscaldamento globale; la carenza di acqua e cibo; la mancanza di un governo globale e al terrorismo e alle armi di distruzione di massa.

Nel 2009 la previsione di Mason è stata convalidata dal capo dei consulenti scientifici del governo britannico John Beddington, che guida anche l’ufficio del governo di Londra per la scienza. Beddington prevede entro il 2030 una “tempesta perfetta”, cioè una crisi globale gravissima: “si prevede che entro il 2030 il mondo dovrà produrre circa il 50 per cento in più di cibo ed energia e il 30 per cento in più di acqua dolce, oltre a dover attenuare i cambiamenti climatici e a doverci adattare. Tutto questo minaccia di creare una tempesta perfetta di dimensioni globali...Non si verificherà un collasso totale ma se non affrontiamo questi problemi le cose cominceranno a mettersi davvero male.”

Secondo diversi autori che hanno analizzato questi studi non si tratterebbe nemmeno di una previsione allarmistica dal momento che l’autore non considera che prima di quella data si verifichino crisi mondiali tali da sconvolgere lo scenario geopolitico alle quali, stiamo invece assistendo.

Tuttavia, che si tratti di previsioni troppo allarmistiche oppure no, quello che è certo è che molte evidenze in merito a tali cambiamenti già le abbiamo. In merito ai cambiamenti climatici, ad esempio, è abbastanza evidente che alcune modifiche siano già in atto. Non è certo la prima volta che il clima cambia nella storia dell’umanità ma, come giustamente fanno notare alcuni scienziati, al mutamento del clima nel mondo moderno si affiancano importanti questioni demografiche, di sviluppo ed ambientali che non possono essere ignorate.

Molti Paesi si stanno preparando al *climate change* con la realizzazione di grandi opere e con adeguamenti delle politiche. Nonostante con Durban l’Europa abbia assunto una funzione di leadership nelle politiche ambientali, grazie all’impegno unilaterale a ridurre le emissioni entro il 2020, a livello generale le politiche di mitigazione sono partite in ritardo e, quindi, non riusciranno a ridurre l’aumento della temperatura, che sarà di almeno 2 gradi.

Risulta, quindi, necessario concentrarsi sulle politiche di adattamento che, rispetto a quelle di mitigazione hanno il vantaggio che non vanno decise a livello globale attraverso accordi internazionali, ma possono essere decise a livello nazionale e locale.

Quello dell’aumento della richiesta di acqua è senz’altro uno dei problemi principali connessi alle questioni demografiche, economiche e climatiche descritte. E in tutto il contesto descritto, il settore agricolo

gioca un ruolo di primo piano, sia in quanto produttore di beni alimentari necessari che in quanto utilizzatore di un risorsa tanto preziosa. Individuare, cercare di valutare e suggerire al decisore politico misure o azioni grazie alle quali il settore agricolo può contribuire al necessario adattamento ai cambiamenti climatici, risulta, quindi, un esercizio tutt'altro che accademico.

Il lavoro che segue, nello specifico, riporta i principali risultati di una linea di ricerca prevista nell'ambito del progetto di ricerca "Agrosceari", finanziato dal Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali con l'obiettivo di individuare tali azioni e concretizzarle nella fase di programmazione dei fondi comunitari che saranno previsti per la politica agricola nel ciclo 2014- 2020. La linea si riferisce all'analisi di misure atte a rispondere alle problematiche connesse alla modificata disponibilità idrica per l'agricoltura indotta dai cambiamenti del clima.

In questa ottica la misura analizzata è quella del riutilizzo irriguo dei reflui depurati, che rappresenta una valida soluzione capace di armonizzare le necessità tecniche, le esigenze gestionali e i vincoli economici ed ambientali, la cui validità come efficace strumento combinato di fonte idrica integrativa e di tutela qualitativa dei corpi idrici è testimoniata dall'impiego in diversi territori aridi e semi-aridi, come USA (gli Stati del Sud), Medio Oriente e Nord Africa, e anche in Paesi caratterizzati da elevata rivalità nell'uso dell'acqua, come Germania, Brasile, Cina. La pratica attuazione di questa misura a livello nazionale è stata fortemente scoraggiata negli ultimi anni a causa della mancanza di una legislazione in materia chiara e di problematiche di natura gestionale, attualmente irrisolte. Nonostante tali problemi ad oggi non abbiano trovato soluzione, questo lavoro tende a dimostrarne la fattibilità tecnica ed economica in quanto azione capace di dare risposta, nel contempo, a problemi di disponibilità idrica, di natura ambientale e di equità (redistribuzione della risorsa tra i diversi usi).

2. CAMBIAMENTI CLIMATICI E DISPONIBILITÀ IDRICA

L'aumento della richiesta di acqua necessario per consentire l'aumento della produzione di beni agricoli e industriali innesca un processo decisionale complesso, che coinvolge aspetti politici, amministrativi, infrastrutturali e ambientali, orientato al pieno soddisfacimento della domanda e finalizzato alla gestione ottimale della risorsa idrica. Alla luce dei cambiamenti climatici, le decisioni prese in passato possono risultare non idonee a soddisfare le esigenze attuali e non coerenti con la disponibilità futura di acqua. Negli ultimi anni, infatti, l'aumento del verificarsi di situazioni di carenza idrica ha messo in discussione la tenuta gestionale delle risorse e l'equilibrio preesistente tra domanda e disponibilità complessive. Come indicato dalla Commissione Europea in vari documenti di orientamento, in periodi critici caratterizzati da scarsità, la gestione della risorsa acqua dovrebbe essere indirizzata al risparmio idrico, alla ritenzione d'acqua e all'uso di fonti idriche alternative.

Già nel 1977, Schneider allertava la comunità mondiale circa le ricadute negative sul sistema agro-alimentare dell'intensificarsi dei periodi siccitosi e dell'aumento generalizzato delle temperature, invocando politiche di adattamento che consentissero il corretto funzionamento dei mercati agricoli, anche e soprattutto durante i periodi di scarsa produzione. In particolare, l'adattamento ai cambiamenti climatici prospettato da Schneider si basava essenzialmente sulla creazione di riserve di commodities e di beni di consumo intermedi da utilizzare in casi di necessità, al fine di mitigare gli effetti negativi della variabilità climatica sulla produzione dei beni agricoli e del relativo consumo. Una tale forma di gestione del rischio climatico, sebbene efficace nel breve periodo, procurerebbe, tuttavia, una continua crescita dei prezzi dei beni alimentari nel lungo periodo dovuta alla gestione controllata dell'offerta.

La consapevolezza politica dei potenziali effetti negativi dei cambiamenti climatici ha avuto concretezza con la creazione, nel 1988, dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) che, attraverso specifici studi e ricerche, formula periodicamente rapporti a supporto delle azioni politiche di mitigazione e adattamento. In merito alla gestione delle risorse idriche, l'IPCC ritiene fondamentale l'approfondimento a scala regionale (o locale) delle modifiche del clima al fine di determinare le strategie di risposta più appropriate in merito alla gestione degli ecosistemi, e della disponibilità idrica a livello territoriale (IPCC, 1990; 1995; 2001; 2007; 2008).

La linea d'azione proposta dall'IPCC, sebbene condivisa a livello europeo attraverso la Direttiva Quadro sulle Acque (DQA) 2000/60/CE e la Direttiva sulla Valutazione e Gestione dei rischi di alluvione 2007/60/CE, risulta suscettibile di miglioramenti in virtù delle peculiari caratteristiche dei territori agrari e rurali che, soprattutto in Italia, oltre a garantire la vitalità di importanti filiere di prodotti di qualità, presentano vincoli di tipo storico e naturalistico di rilievo internazionale.

I gruppi di ricerca CRA-CMA, CNR-IBIMET e ARPA-SIMC Emilia Romagna, responsabili della linea di attività avviata nell'ambito del citato progetto Agrosceari inerente la individuazione di scenari climatici relativi alle aree test previste dal progetto, in linea con quanto suggerito dall'IPCC, hanno sviluppato ed implementato, in base allo scenario climatico IPCC-A1B, modelli di regionalizzazione statistica previsionali della variabilità climatica per il periodo 2021-2050 su scala regionale (Tomozeiu et al, 2010). I risultati inerenti l'area test Valpadana indicano un aumento medio del 10% nelle precipitazioni primaverili ed autunnali, una riduzione media delle precipitazioni del 25% nel periodo estivo ed un aumento medio delle temperature di 2°C.

Questi risultati, sebbene presentino notevoli spostamenti delle medie delle variabili climatiche considerate, non prevedono variazioni considerevoli nelle dispersioni delle relative distribuzioni rispetto al periodo di riferimento 1961-1990, ad esclusione della temperatura massima estiva la cui variabilità è prevista in aumento (Tomozeiu et al, 2011). Tali scenari, quindi, prevedono condizioni climatiche estive caratterizzate da maggiore frequenza di periodi torridi, con la possibilità anche di eventi prolungati o estremi, come le ondate di calore, con conseguente riduzione della disponibilità di acqua e contingente aumento della richiesta, soprattutto da parte del settore agricolo, per il quale è previsto l'allungamento della stagione irrigua (anticipo a inizio maggio e ritardo a fine settembre).

In tale contesto, gli agricoltori saranno soggetti ad una maggiore incertezza decisionale e dovranno affrontare un processo di adattamento della conduzione aziendale in funzione della maggiore variabilità climatica e degli eventi estremi. Necessario sarà, quindi, potenziare gli strumenti decisionali e aziendali degli agricoltori al fine di migliorare la gestione del rischio climatico e ridurre gli impatti negativi dei cambiamenti climatici sulle produzioni e sui mercati.

Alla luce degli scenari di cambiamento climatico e in sintonia con quanto già previsto dalla programmazione in materia di acqua, gli obiettivi principali di lungo periodo per una politica sostenibile di adattamento nel settore agricolo possono essere individuati nel raggiungimento di un equilibrio dinamico tra disponibilità e domanda di acqua ad uso irriguo e miglioramento qualitativo dei corpi idrici.

Il riutilizzo delle acque reflue depurate rappresenta una misura in grado di rispondere a tali problematiche in quanto contribuisce ad aumentare la disponibilità idrica di un territorio, rappresentando un fonte alternativa, e incrementando le voci positive del bilancio idrico, inoltre, riducendo i prelievi di acqua convenzionale, contribuisce a migliorarne la qualità aumentando la diluizione degli elementi inquinanti.

A seconda dei livelli di trattamento, l'acqua depurata può essere resa disponibile per usi specifici che non comportino rischi per la salute umana e per gli animali. La tecnologia disponibile consente tre livelli di trattamento: primario, relativo alla sedimentazione; secondario, relativo alla ossidazione biologica e ad un basso livello di disinfezione; terziario o avanzato, relativo alla filtrazione e ad un alto livello di disinfezione. Più alto è il livello di trattamento, minore è il rischio per la salute umana. Secondo gli standard stabiliti dalla statunitense Environment Protection Agency (EPA), non ci sono usi consigliati per l'acqua depurata con il primo livello di trattamento, mentre il secondo livello permette usi superficiali come l'irrigazione per scorrimento di colture arboree e di colture non destinate al consumo umano e animale, la ricarica di falde non potabili e il mantenimento di habitat umidi e del deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua. Il terzo livello di trattamento consente anche gli usi a più elevata esposizione umana, quali irrigazione delle colture destinate al consumo, ricarica di corpi idrici balneabili (o ad uso ricreativo) e la ricarica delle falde potabili (UNEP, 2011). Dal rapporto di diretta proporzionalità tra livello di trattamento e potenziali usi dell'acqua depurata si evince l'intrinseca caratteristica di sostenibilità ambientale ed economica di una politica agricola di adattamento ai cambiamenti climatici indirizzata all'ottimizzazione dell'uso e della gestione delle risorse idriche e alla tutela ambientale dei corpi idrici.

I benefici derivanti dal riutilizzo irriguo delle acque reflue possono configurarsi, inoltre, in virtù dell'aumento delle garanzie di disponibilità idrica futura e dei danni evitati in casi di condizioni climatiche avverse o calamità (riduzione delle produzioni, aumento del prezzo delle commodity o ricorso a politiche di compensazione ex-post).

Il lavoro ha avuto come obiettivo quello di operare una valutazione tecnica ed economica delle possibili alternative, individuate come fattibili, di riutilizzo irriguo di reflui depurati in un'area specifica: la Valpadana. I capitoli che seguono riportano la metodologia e i risultati delle analisi effettuate.

3. LA VALUTAZIONE TECNICA DELLE ALTERNATIVE FATTIBILI

La valutazione tecnica delle possibili alternative di riutilizzo irriguo dei reflui depurati, con l'obiettivo di individuare quelle fattibili, è stata operata facendo ricorso alla Teoria della Decisione Multicriteriale (Multiple Criteria Decision Making - MCDM). Si tratta di un insieme di metodi che permettono di aggregare più criteri di valutazione, con lo scopo di selezionare una o più "azioni" (progetti, soluzioni o elementi di soluzione ad un problema).

Fase fondamentale della MCDM è l'individuazione dei criteri che si suddividono in fattori e vincoli. I primi sono le caratteristiche che possono influire direttamente sulla possibilità di implementazione di una determinata alternativa per l'attività oggetto di analisi; gli altri rappresentano un limite al livello massimo raggiungibile da ogni obiettivo. I vincoli possono essere rappresentati sia da fattori fisici sia tecnici, e possono essere di tipo istituzionale-giuridico, di disponibilità, ecc.

I decisori trovano un aiuto al loro lavoro nei Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS), ossia strumenti informatici che, attraverso l'integrazione di sistemi di gestione di database con modelli di ricerca analitica e operativa, visualizzazioni grafiche, capacità di fornire resoconti in forma tabulare, permettono la soluzione di specifici problemi (Fischer et al., 1996). I DSS che utilizzano come input informazioni di tipo spaziale e forniscono come output mappe sono detti Sistemi Spaziali di Supporto alle Decisioni (SDSS).

Per registrare, trattare e conservare le informazioni spaziali sono richiesti i G.I.S. (Geographical Information Systems); l'interfaccia grafica fornisce la possibilità di visualizzare le informazioni dei database e i risultati delle procedure delle analisi spaziali.

Per queste analisi si è usato come riferimento informativo il Sistema informativo nazionale per la gestione delle risorse idriche in agricoltura (SIGRIAN), messo a punto dall'INEA su richiesta del Ministero per le politiche agricole, alimentari e forestali, che rappresenta un importante strumento di supporto alle analisi di contesto, alla pianificazione dell'uso dell'acqua e alla programmazione per il settore irriguo.

Il SIGRIAN è un geodatabase, in cui tutte le informazioni sono associate a dati geografici, collegati tra di loro nei diversi campi, con funzione anche di banca dati storica utile ai fini di analisi dell'evoluzione dell'uso irriguo dell'acqua nelle diverse aree del Paese. I dati raccolti permettono di avere informazioni puntuali, riguardanti:

- l'organizzazione e l'assetto economico-gestionale degli Enti competenti in materia di irrigazione;
- le superfici interessate all'irrigazione;
- le destinazioni d'uso della risorsa irrigua (colture irrigate e volumi irrigui);
- gli schemi irrigui (fonti di approvvigionamento, sviluppo e caratteristiche delle reti irrigue).

L'utilità di questo strumento, che più di altri ben si associa alle finalità di analisi e monitoraggio a livello territoriale, consiste, infatti, nella possibilità di:

- sovrapporre più strati informativi su base geografica (ad esempio, bacini idrografici, uso del suolo, altri usi dell'acqua, aree a rischio, zone vulnerabili ai nitrati, aree protette, ecc.);
- elaborare i dati selezionando ed estraendo direttamente le informazioni associate, secondo criteri variabili in base al tipo di elaborazioni da effettuare (ad esempio, caratteristiche della rete e portate, volumi irrigui e uso del suolo, ecc.);
- produrre cartografie associate alle elaborazioni effettuate.

Attraverso l'analisi dei dati del SIGRIAN, infatti, è possibile analizzare nel dettaglio l'area oggetto di studio, soprattutto in riferimento alle caratteristiche agricole, territoriali e di uso della risorsa idrica.

3.1 Metodologia

Per la valutazione delle alternative fattibili di riutilizzo irriguo dei reflui depurati nella Valpadana è stato implementato un sistema di supporto alle decisioni che si avvale di un approccio di tipo multicriteriale. Il problema principale, incontrato durante la valutazione dell'utilizzabilità a scopo irriguo delle acque reflue depurate, ha riguardato la difficoltà di combinare le informazioni provenienti dai diversi criteri al fine di ottenere un unico indice, problema che è stato affrontato utilizzando una combinazione lineare dei pesi (Voogd, 1983).

Con una combinazione lineare dei pesi, i fattori sono combinati assegnando un peso ad ognuno e sommando questi ultimi si ottiene una funzione di suitability: $S = \sum w_i x_i$ dove S = suitability, w_i = peso del fattore i , x_i = punteggio del fattore i .

Poiché i criteri sono misurati con diverse scale, è necessario che i fattori siano standardizzati (normalizzati), prima della combinazione tramite la formula enunciata, e siano trasformati in modo che tutte le carte dei fattori siano correlate positivamente con la *suitability*. Per la standardizzazione dei fattori è stato utilizzato il range di standardizzazione (0÷1).

Per la valutazione dei pesi i criteri sono stati confrontati a coppie, considerando solo due criteri per volta, secondo la tecnica sviluppata da Saaty, a partire dal 1977, nel contesto del processo decisionale noto

come Analytical Hierarchy Process (AHP) che è, appunto, basata sulla costruzione di una “matrice di giudizi”, ottenuta confrontando a coppie i diversi criteri. Si è proceduto, quindi, alla comparazione ordinata di ciascun fattore decisionale con tutti gli altri considerati appartenenti allo stesso gruppo (o sottogruppo).

Nella formalizzazione dell’ AHP è stata impiegata una scala indicativa dell’intensità e dell’importanza tra due criteri (Fig 1), che varia tra un minimo di 1 (uguale importanza tra i due criteri) e un massimo di 9 (completa priorità di un criterio rispetto all’altro); i valori intermedi indicano gradi progressivamente crescenti di importanza da “debole” ad “assoluta”.

Figura 1. Classi di importanza dei fattori.

| | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------|----------------------|------------------|
| <i>1/9</i> | <i>1/7</i> | <i>1/5</i> | <i>1/3</i> | <i>1</i> | <i>3</i> | <i>5</i> | <i>7</i> | <i>9</i> |
| <i>extremely</i> | <i>very strongly</i> | <i>strongly</i> | <i>moderately</i> | <i>equally</i> | <i>moderately</i> | <i>strongly</i> | <i>very strongly</i> | <i>extremely</i> |
| <i>less important</i> | | | | | <i>more important</i> | | | |

Nella comparazione i giudizi sono stati espressi con un valore intero quando il primo elemento della coppia domina sull’altro e come reciproco nel caso contrario. Si è ottenuta, pertanto, una matrice quadrata di giudizi di priorità (Fig 2) nella quale è stato determinato il triangolo inferiore sinistro; una volta espressi i giudizi di preferenza gerarchica per questi, la restante parte viene determinata automaticamente calcolando i reciproci delle precedenti espressioni (Eastman., 2003).

Figura 2. Matrice quadrata di giudizi

| | | | |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Matrice esempio</i> | <i>Fattore 1</i> | <i>Fattore 2</i> | <i>Fattore 3</i> |
| <i>Fattore 1</i> | <i>1</i> | | |
| <i>Fattore 2</i> | <i>3</i> | <i>1</i> | |
| <i>Fattore 3</i> | <i>1/5</i> | <i>1/9</i> | <i>1</i> |

La generica matrice sarà:

$$A = (a_{ij}) = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

Il peso di ogni criterio è stato così calcolato: somma del punteggio ottenuto dallo specifico criterio in ogni confronto (somma dei valori di ogni riga), diviso la somma totale dei punteggi di tutti i fattori (somma dei valori di tutte le colonne), ne risulta, quindi, una frazione decimale. (Regione Emilia Romagna, 2005).

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i,j=1}^n a_{ij}} \quad X = \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{vmatrix}$$

Il risultato di questa operazione è il vettore (X) (best fit set) di pesi la cui sommatoria è uguale a uno, che non è altro che una sorta di autovettore¹ della matrice.

Per valutare la congruenza nell'espressione dei giudizi, Saaty (1980) propone l'uso di un indice, il cosiddetto "rapporto di consistenza" (Cr, Consistency Ratio), che indica la probabilità che le stime inserite nella matrice possano essere veritiere. La matrice deve essere rivalutata se l'indice è maggiore di 0,1. Questo indice è pari al rapporto tra l'indice di coerenza (IC) e l'indice random (IR):

$$CR = \frac{IC}{IR}$$

L'indice di coerenza misura la deviazione della coerenza nell'espressione dei giudizi e si calcola come:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1}$$

con λ_{\max} autovalore principale della matrice e N rango della matrice.

Per il calcolo dell'autovalore principale della matrice (λ_{\max}) si procede valutando:

il prodotto della matrice dei giudizi (A) per il vettore dei pesi ottenuti (X):

$$A \times X = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} = Y$$

dividendo le componenti del vettore Y per le omologhe del vettore X e calcolandone la media:

$$z_1 = \frac{y_1}{x_1}$$

$$z_2 = \frac{y_2}{x_2}$$

.....

$$z_n = \frac{y_n}{x_n}$$

$$\rightarrow \lambda_{\max} = \frac{z_1 + z_2 + \dots + z_n}{n}$$

L'indice random (Ir) è stato calcolato sperimentalmente; nella tabella seguente (Tab.1) si riportano i valori che esso assume al variare del rango della matrice, per n compreso tra 1 e 10.

¹ Se λ è un numero in K (un campo fissato, ad esempio, i numeri reali o complessi) e v è un vettore non nullo in K^n tali che $Av = \lambda v$ si dice che v è un autovettore di A e λ è l'autovalore ad esso associato.

Tabella 1. Indice random al variare del rango di una matrice per n compreso tra 1 e 10

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rango matrice (N) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Indice Random (IR) | 0 | 0 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Fonte: Modica G., 2008.

Una volta ottenuta la mappa dei criteri si è passati alla valutazione (o aggregazione) per combinare le informazioni provenienti dai vari fattori utilizzando la Weighted Linear Combination (WLC). Nel metodo WLC si è moltiplicata ogni carta di fattori standardizzati per il peso dei fattori e poi si sono sommati i risultati: la carta di suitability risultante ha lo stesso range di valori delle carte dei fattori standardizzati utilizzate.

Di fondamentale importanza nell'uso dell'analisi multicriteri sono i concetti di tradeoff e di rischio. I pesi sono applicati a specifici fattori ed indicano il relativo grado di importanza di ogni fattore nella determinazione della suitability per un obiettivo. Nel caso della WLC, il peso dato ad ogni fattore determina il tradeoff relativo di questo con gli altri fattori. Per esempio, un fattore con un alto peso può compensare un punteggio basso di un altro fattore, anche se il grado di suitability per il fattore con alto peso non è particolarmente buono. Al contrario, un fattore con un alto punteggio di suitability ma con un peso basso può compensare solo in maniera debole un basso punteggio di altri fattori. Il peso dei fattori determina come i fattori si compensano, ma solo l'ordine dei pesi dà il livello di tradeoff permesso.

Si può dire che la WLC produce una soluzione che non sarà né priva di rischi né rischiosa al massimo.

Successivamente si è passati ad individuare le variabili da inserire nel modello. A tal fine, dall'analisi normativa, da quella territoriale e dalle interviste con testimoni privilegiati, è emerso che le variabili da considerare come fattori nell'ambito del modello multicriteriale, per la valutazione di possibili alternative di impianti di depurazione di acque reflue per le produzioni di acqua per l'agricoltura, sono:

1. distanza dai corpi idrici
2. vulnerabilità degli acquiferi
3. indice di aridità di De Martonne
4. distanza dai centri urbani
5. tipologia della rete irrigua
6. distanza dagli impianti di trattamento delle acque reflue
7. fabbisogno irriguo
8. sistema di irrigazione

Una volta definiti i criteri, così come precedentemente descritto, si è passati ad applicare l'analisi multicriteri, di tipo AHP. Per prima cosa si è stabilita l'importanza degli 8 fattori e si è costruita la matrice del confronto a coppie (Tab. 2).

Tabella 2. Matrice quadrata di giudizi, applicazione

| Fattori | Distanza corpi idrici | Vulnerabilità | Indice di De Martonne | Distanza centri urbani | Tipologia rete | Distanza impianti di trattamento | Fabbisogno irriguo | Sistema di irrigazione |
|----------------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|
| Distanza corpi idrici | 1 | | | | | | | |
| Vulnerabilità | 3 | 1 | | | | | | |
| Indice di De Martonne | 1/5 | 1/7 | 1 | | | | | |
| Distanza centri urbani | 1/9 | 1/9 | 1/3 | 1 | | | | |
| Tipologia rete | 1/3 | 1/5 | 3 | 5 | 1 | | | |
| Distanza impianti di trattamento | 1/7 | 1/9 | 1/3 | 1 | 1/5 | 1 | | |
| Fabbisogno irriguo | 1/3 | 1/5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | |
| Sistema di irrigazione | 1 | 1 | 5 | 5 | 3 | 7 | 5 | 1 |

Fonte: Elaborazione INEA

In seguito si è calcolato l'autovettore corrispondente alla matrice per ottenere la valutazione dei pesi per i singoli fattori (Tab. 3):

Tabella 3. Pesi ottenuti per i fattori

| Fattori | Pesi |
|----------------------------------|-------------|
| Distanza corpi idrici | 0,213148789 |
| Vulnerabilità | 0,290657439 |
| Indice De Martonne | 0,055778547 |
| Distanza centri urbani | 0,020023068 |
| Tipologia rete | 0,105605536 |
| Distanza impianti di trattamento | 0,020253749 |
| Fabbisogno irriguo | 0,091072664 |
| Sistema di irrigazione | 0,203460208 |

Fonte: Elaborazioni INEA

e l'indice di consistenza della matrice (Cr) pari a 0,058.

Si è passati a trasformare in formato raster, con cella 200m x 200m, gli shapefile a cui erano stati assegnati i punteggi precedentemente descritti, per poter procedere all'applicazione della WLC, attraverso l'estensione di ArcGis "Weighted Sum", che permette di sovrapporre diversi raster moltiplicando ognuno di essi per il peso assegnato.

Si sono ottenute così tre carte di utilizzabilità per scopi irrigui delle acque reflue depurate, relative ai diversi sistemi di irrigazione considerati, che in base ai punteggi ottenuti nei diversi pixel sono state riclassificate, assegnando quattro classi ai terreni considerati.

I terreni con valori dei punteggi più bassi sono stati classificati come “non adatti”, quelli con punteggi intermedi, suddivisi in 2 classi sono stati definiti come “marginalmente adatti” e “discretamente adatti” ed infine quelli con punteggi più alti sono stati catalogati come “adatti”.

Si è passati, poi, alla valutazione economica delle alternative fattibili.

4. LA VALUTAZIONE ECONOMICA DELLE ALTERNATIVE FATTIBILI

Benché le potenzialità tecniche del riutilizzo ai fini irrigui delle acque reflue depurate siano state riconosciute valide in termini qualitativi, la realizzabilità di tale azione necessita soprattutto di analisi, o quanto meno di considerazioni, di carattere quantitativo. Per il raggiungimento degli obiettivi di aumento della disponibilità idrica e di tutela ambientale dei corpi idrici a livello territoriale, la fattibilità di un progetto di riutilizzo irriguo di acque reflue depurate deve tener conto dei potenziali miglioramenti tecnico-economici ed ambientali opportunamente valutati in riferimento alle condizioni di status quo. In questa ottica, il processo decisionale non può prescindere dalla valutazione comparativa dei benefici e dei costi derivanti da tale azione sia in termini diretti, considerando i costi di realizzazione e gestione delle opere e la quantità di acqua risparmiata, sia in termini indiretti, valutando il bilancio delle ripercussioni sulle attività agricole e sulle condizioni ambientali.

I benefici ambientali che scaturiscono dal trattamento avanzato dei reflui possono configurarsi nel notevole miglioramento delle caratteristiche qualitative degli effluenti degli impianti di depurazione in virtù della riduzione di sostanze inquinanti e dal conseguente aumento della diluzione dei carichi inquinanti dei corpi idrici recettori. Inoltre, il beneficio ambientale dovuto al disinquinamento delle acque superficiali subisce un effetto moltiplicativo procurato dai grandi corpi idrici recettori, in quanto i lunghi tempi di ritenzione favoriscono la naturale degradazione degli agenti inquinanti. Il minore inquinamento dei corpi idrici implica anche una minore crescita algale lungo i corsi d'acqua, evitando in tal modo il rallentamento del flusso idrico e l'innalzamento del pelo libero che aumentano i rischi di esondazione. La riduzione della produzione algale contribuisce anche al deflusso dei solidi sospesi, come sabbie e argille, che accumulandosi sui fondali e negli alvei necessitano di essere asportati e trattati come rifiuti speciali a causa della presenza di agenti altamente inquinanti, come ad esempio i metalli pesanti, apportati dalle acque di prima pioggia. Tutti i benefici ambientali appena descritti possono essere raggiunti soltanto se la pratica del riutilizzo irriguo viene strutturalmente inserita in una gestione equilibrata del bilancio idrico che tenga opportunamente conto dei fabbisogni idrici degli ecosistemi acquatici (fluviali) locali, ovvero del rispetto del minimo deflusso vitale (d.lgs. 152/2006 “Norme in materia ambientale”, art. 56. ; R.D. 1775/1933 “testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici”, art. 12bis).

Il riutilizzo irriguo delle acque reflue depurate contribuisce alla salvaguardia delle risorse idriche sotterranee anche grazie all'azione autodepurante del suolo, ai meccanismi di disinquinamento che si innescano al momento dell'irrigazione, come la disinfezione naturale della radiazione solare e l'azione dei batteri umificanti, e alla maggiore diluzione delle sostanze percolate dovuta al minore emungimento dalle falde.

Una stima accurata, in termini monetari, dei benefici economici procurati dal trattamento avanzato delle acque reflue può essere realizzata attraverso l'analisi del valore economico totale² che i potenziali fruitori associano ai servizi o ai beni ambientali forniti dal miglioramento qualitativo delle acque (godimento del paesaggio, funzione ricreativa e sportiva) o, in alternativa, dall'analisi del costo d'uso e del costo-opportunità relativo agli usi potenziali della risorsa convenzionale risparmiata e della risorsa trattata aggiuntiva. I servizi e i beni ambientali hanno la caratteristica di non-escludibilità e di non-rivalità e quindi, non esistendo un mercato per la loro fruizione, non è possibile desumerne il valore economico attraverso un prezzo. Tuttavia, il miglioramento dello stato qualitativo di un bene ambientale e della relativa capacità di offrire diversi servizi, rappresentando un'esternalità positiva, può essere valutato in virtù dell'aumento (o variazione) di benessere dei fruitori attraverso metodi di stima diretti (chiamati anche metodi delle preferenze espresse), o indiretti.

In questo lavoro si è valutato più opportuno stimare i benefici con l'approccio del costo-opportunità. I benefici derivanti dall'attuazione del riutilizzo irriguo delle acque reflue possono configurarsi anche in virtù dell'aumento delle garanzie di disponibilità idrica futura per gli agricoltori e dei danni evitati in casi di condizioni climatiche avverse o calamità, come la riduzione delle produzioni, l'aumento del prezzo delle commodity o il mancato ricorso a politiche di compensazione ex-post. In tale contesto, per cui l'opzione del riutilizzo irriguo tende a contenere gli effetti futuri della variabilità climatica in agricoltura e quindi a mantenere lo status quo (stabilità) delle condizioni di funzionamento del mercato dei prodotti e dei fattori di produzione agricoli, tra cui l'acqua irrigua, la stima dei benefici apportati dal trattamento avanzato dei reflui e del relativo riutilizzo irriguo può essere effettuata utilizzando il metodo del costo-opportunità, associando il valore dell'acqua convenzionale risparmiata - il più alto tra gli usi alternativi – ai benefici ambientali.

Questo approccio facilita anche la determinazione della distribuzione dei benefici e degli oneri poiché, essendo l'uso della risorsa idrica gestito in condizioni di monopolio naturale, non si dovranno considerare costi di esclusione, perché già presenti, e non sarà necessario valutare condizioni di rivalità, perché non sono previste. In pratica, i benefici ambientali, in quanto esternalità positive, ricadranno in maniera diretta su tutta la collettività la quale, attraverso la tassazione generale dello Stato, finanzia gli investimenti; i benefici economici saranno in forma diretta a favore del settore agricolo, per mezzo della riduzione di variabilità delle produzioni, e in forma indiretta a favore dei consumatori (e quindi della collettività) per la conseguente stabilità dei mercati dei prodotti agricoli e dei relativi prezzi, per cui al settore agricolo spetteranno gli oneri dell'esercizio irriguo per coprire i costi di gestione del riutilizzo, mentre alla collettività gli oneri di depurazione.

E' bene tenere presente che il metodo del costo-opportunità può determinare una sottostima del valore economico totale del bene o servizio ambientale in quanto non può contemplare elementi o attributi che concorrono alla valutazione del valore di non-uso (a meno che questi non siano già inclusi apriori nei valori d'uso di riferimento).

Il valore annuale dei benefici, come descritto, è stato individuato nel valore unitario d'uso alternativo più elevato in base ai tariffari in vigore e il beneficio totale di lungo periodo è calcolato a prezzi correnti per la durata attesa delle opere (40 anni).

La stima dei costi necessari per adeguare gli impianti di trattamento e la rete irrigua per l'uso delle acque reflue depurate è stata condotta utilizzando dati rintracciati in letteratura e listini di ditte specializzate ed interviste a testimoni privilegiati. In particolare:

² Per un'esauritiva definizione del Valore Economico Totale (VET) di un bene ambientale si veda Hanley and Barbier (2009).

- per l'adeguamento degli impianti di depurazione sono stati considerati i costi attuali (da listino) di investimento riferiti alla portata da trattare con tecnologia di disinfezione a raggi UV;
- per le reti irrigue i costi considerati sono stati ricavati confrontando quelli ottenuti dalle formule relative agli acquedotti e riportate nel capitolo relativo alla “Valutazione tecnico patrimoniale” del Piano dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale (Ato) del Veneto Orientale e quelli valutati in base ai prezzari regionali della Basilicata e dell'Emilia Romagna;
- per gli impianti di sollevamento sono stati presi a riferimento i costi ottenuti dalle formule delle centrali di spinta riportate nel Piano dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale (Ato) del Veneto Orientale.

Per la valutazione dei costi degli investimenti è stato considerato come periodo di tempo indicativo della durata attesa delle opere infrastrutturali 40 anni e l'ammontare di capitale investito per la realizzazione di tali opere è stato ripartito per il suddetto arco temporale in annualità limitate (flusso annuale) secondo la

$$\text{formula } a = C \frac{r(1+r)^{40}}{(1+r)^{40} - 1},$$

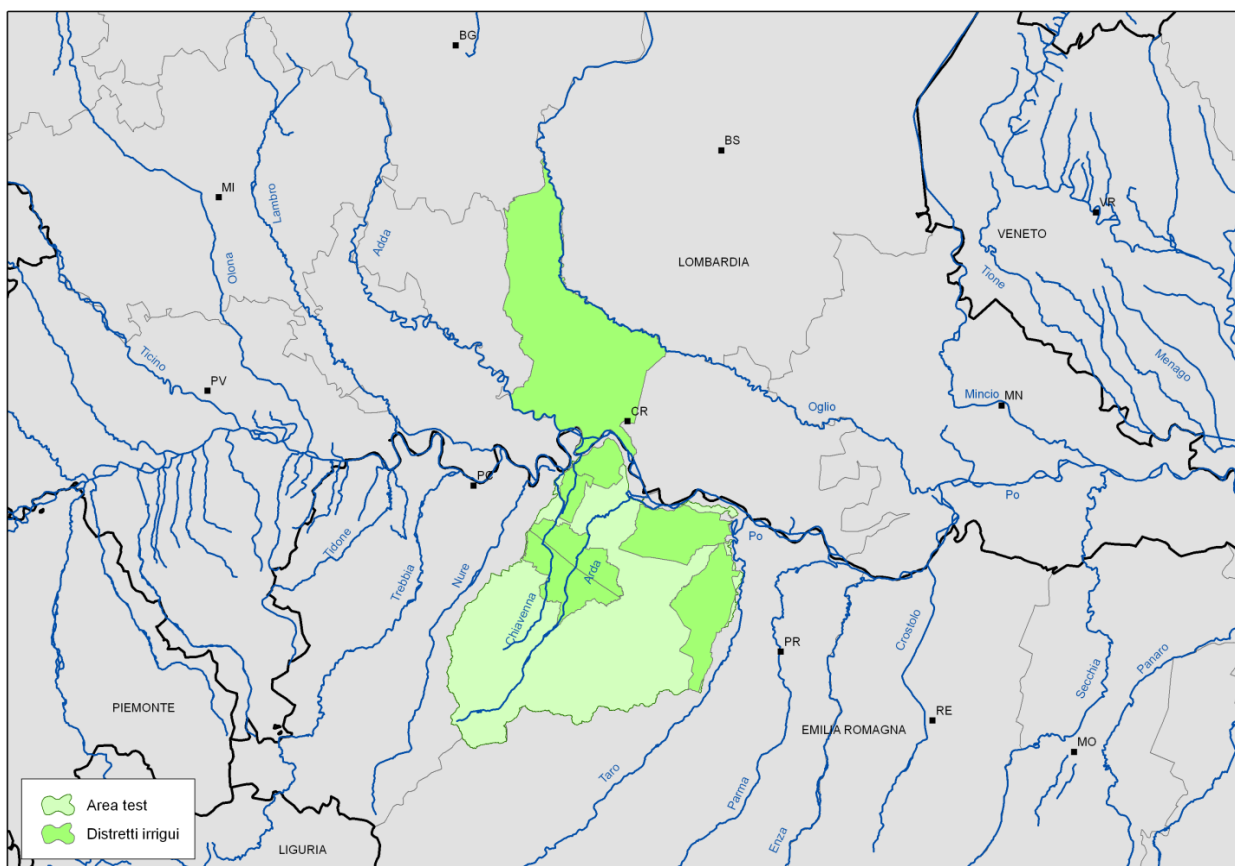
dove a rappresenta l'annualità, C il capitale e r il tasso di sconto stabilito nel 3,5%. Quest'ultimo valore è composto dalla somma del Tasso Ufficiale di Sconto (TUS) definito dalla Banca Centrale Europea (BCE) dal 2012 dell'1% e del vigente Tasso di sconto legale per le opere pubbliche del 2,5%. Le annualità così calcolate sono state rapportate ai quantitativi di acqua convenzionale che l'opera infrastrutturale consente di risparmiare, in modo da avere un'unità di costo annuale misurata in €/m³ comparabile con il più alto valore d'uso alternativo dell'acqua.

Nel calcolo delle annualità non sono stati considerati i costi di gestione delle opere oggetto di studio in quanto l'ipotesi adottata di adeguamento o sostituzione delle infrastrutture esistenti, non prevede oneri aggiuntivi rispetto all'attuale esercizio o, addirittura tali oneri possono ridursi.

Di seguito si riporta l'applicazione dell'analisi multicriteriale e dell'analisi costi –benefici applicata alle alternative possibili nella Valpadana.

5. IL CASO DELLA VALPADANA

Figura 3. Caratteristiche dell'area.



Fonte: Elaborazione INEA su dati SIGRIAN

L'area studio Valpadana si estende tra due Regioni, la Lombardia con la provincia di Cremona e solo marginalmente quella di Bergamo, e l'Emilia Romagna con le province di Parma e Piacenza. L'area ricade interamente nel distretto idrografico Padano e nella Pianura Padana che, con i suoi 46.000 km², è la maggiore pianura alluvionale dell'Europa continentale, e rappresenta il 13% della SAU nazionale.

Nello specifico l'area test comprende un numero complessivo di 77 Comuni di cui 35 ricadenti nella provincia di Cremona, 6 nella Provincia di Bergamo, 15 della Provincia di Parma e 21 Comuni della Provincia di Piacenza.

La posizione geografica dell'area Padana e le sue caratteristiche morfologiche ne determinano fondamentalmente il clima. Nella classificazione globale di Koppen³, il clima padano può essere descritto come un clima temperato di tipo "C" ed in particolare nella sua fascia di pianura e collina risulta identificabile con un "clima temperato continentale". In generale, dal punto di vista meteorologico, l'area oggetto di indagine presenta un regime climatico di tipo continentale, tipico della pianura padana, con precipitazioni di media entità, nebbie persistenti e forti escursioni termiche giornaliere ed annuali. Si tratta di un clima di transizione tra quello mediterraneo e quello europeo.

³ Il sistema di classificazione climatica proposto da Wladimir Koppen può essere considerato come il sistema che meglio risponde alle esigenze di comprensione delle varie climatologie presenti sulla Terra. Si tratta di un sistema quantitativo molto complesso in cui vengono attribuite formule climatiche ai singoli climi attraverso operazioni statistiche sulle caratteristiche specifiche facenti capo ai campi di temperatura, precipitazioni ed al regime annuo delle precipitazioni stesse.

Come accennato, dai dati elaborati dal CNR-IBIMET (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Biometeorologia) risulta che la tendenza per gli scenari di precipitazione e temperature futuri è di un aumento delle piogge nei mesi primaverili ed autunnali ed una diminuzione delle stesse nei mesi estivi. Se si considerano, invece, i dati relativi alle temperature, quest'ultime subiranno un aumento medio di circa 1,5°C.

L'intera area ricade nel bacino idrografico del fiume Po, dove conferiscono tutte le acque superficiali della zona. La rete idrica è molto complessa, trattandosi di una delle regioni più ricche d'acqua in Italia. Il Po divide l'area studio Valpadana, dalla confluenza del fiume Adda alla confluenza del torrente Enza, in due parti: a Nord l'area ricadente nella provincia di Cremona e a Sud le aree costituite dalle Provincie di Parma e Piacenza. In questo tratto, per circa 80 chilometri, il Po si caratterizza per la presenza di più canali che separano barre ed isole.

Con riferimento allo stato qualitativo (definito secondo i parametri imposti dalla Direttiva 2000/60/CE), la maggior parte dei corpi idrici superficiali, ricadenti nell'area test, presenta uno standard di qualità ambientale non troppo elevato, dal pessimo al moderato; pochi tratti fluviali raggiungono l'indicatore qualitativo "buono". Dal punto di vista degli "obiettivi ecologici" quasi tutti gli elementi della rete idrica superficiale ricadente nella Provincia di Cremona sono classificati come "buoni al 2021" e la maggior parte, soprattutto quelli ricadenti nelle Provincie di Parma e Piacenza, devono raggiungere lo standard di qualità "buono al 2027".

In relazione agli obiettivi ambientali richiamati, è importante evidenziare che il ricorso a fonti non convenzionali per uso irriguo, quali i reflui urbani depurati, considerate le condizioni non ottimali delle risorse idriche superficiali dell'area, permetterebbe una riduzione dello sversamento dei carichi inquinanti nel reticolo idrografico e quindi, di conseguenza, contribuirebbe a migliorare le condizioni qualitative dello stesso.

Con riferimento specifico alla gestione delle risorse idriche nell'area oggetto di studio operano 3 Consorzi di Bonifica:

- il Consorzio di bonifica Naviglio Vacchelli;
- il Consorzio di bonifica Parmense;
- il Consorzio di bonifica Bacini Piacentini di Levante.

In relazione alla superficie amministrata il Consorzio di bonifica Parmense è il più esteso, con 327.324 ettari (circa 65.500 dei quali ricadenti nell'area test), seguito dal Consorzio Bacini Piacentini di Levante con 120.565 ettari (circa 75.500 ettari nell'area test), e poi dal Consorzio di bonifica Naviglio Vacchelli, con 56.356 ettari, tutti ricadenti nell'area studio Valpadana.

Va segnalato che a seguito della L.R. 5/2009 alcuni Consorzi di bonifica si sono fusi:

- "Bacini Piacentini di Levante" e "Bacini Tidone Trebbia" si sono fusi in "Consorzio di bonifica di Piacenza";
- "Consorzio della bonifica Parmense" ha mantenuto gli stessi limiti amministrativi.

In tale contesto territoriale vi sono gli schemi irrigui tra i più complessi a livello nazionale, sia per provenienza delle acque che per estensione delle aree servite e lo sviluppo della rete. L'estensione complessiva dei canali che costituiscono la rete di distribuzione idrica all'interno dell'area oggetto di studio è di circa 730 chilometri. La fitta rete di canali presenta numerose interconnessioni con il reticolo idrografico,

sia naturale che artificiale, come testimoniato dai numerosi punti di restituzione, in particolare nella parte meridionale del territorio del Naviglio Vacchelli, dove la rete irrigua interseca molti colatori di bonifica.

Nell'area prevalgono 3 tipologie di irrigazione: aspersione (85%), localizzata (10%) e scorrimento. La rete irrigua è composta quasi completamente da canali a cielo aperto (92,5%), in terra che comportano, rispetto alle condotte in pressione, numerosi problemi quali ad esempio: maggiori manutenzione, possibilità di derivazioni abusive, maggiore evaporazione, difficoltà di adozione di metodi irrigui più efficienti.

Le acque destinate all'irrigazione, se si analizzano i volumi degli emungimenti, provengono circa per il 98% da corpi idrici superficiali e rispettivamente solo l'1,6% da sorgenti e circa lo 0,2% da falda sotterranea attraverso pozzi. La tipologia di opera presa prevalente è la traversa fissa con paratoie regolabili, mentre i prelievi avvengono in genere con modalità continuativa e talvolta stagionale.

L'area di studio Valpadana presenta un fabbisogno⁴ idrico medio pari a circa 3.100 m³/ettaro e, in particolare, il valore in questione aumenta nei distretti ricadenti nell'area nel Consorzio di bonifica Bacini Piacentini di Levante.

I territori dei due Consorzi di bonifica Piacentini di Levante e Parmense si caratterizzano per investimenti colturali differenti, in virtù dell'appartenenza ai distretti di produzione dei formaggi Dop Grana Padano (Piacentini di Levante) e Parmigiano Reggiano (Parmense). Le differenze colturali, dettate dai relativi disciplinari di produzione, e i livelli di fabbisogno idrico delle rispettive colture determinano la differenza di fabbisogno irriguo delle aree.

Nel territorio dell'Ente Bacini Piacentini di Levante la coltivazione di erbai occupa circa il 38% della superficie irrigata, nel territorio gestito dall'Ente Irriguo Parmense, invece, è diffusa la coltivazione di prati permanenti ed erba medica, che occupano congiuntamente circa il 37% della superficie irrigata per un fabbisogno irriguo di circa il 47% del totale.

Il mais coltivato nell'area di produzione del Grana Padano viene utilizzato in larga parte per la produzione di varietà foraggere, che richiedono maggiori quantitativi di acqua rispetto alle altre varietà. Per la produzione del Parmigiano Reggiano Dop, invece, gli insilati sono vietati ed il mais coltivato nella relativa area annovera soltanto varietà per la produzione di granella. Tale aspetto agronomico, importante fattore di distinzione tra i disciplinari di produzione, incide notevolmente sulla distribuzione dell'acqua tra le colture. Nel Parmense il mais (varietà da granella), sebbene occupi una quota notevole (23%) della superficie irrigua, impegna soltanto il 18,5% dell'acqua. Nel Bacini Piacentini di Levante, invece, in cui le varietà di mais sono destinate alla produzione di insilati, corrisponde un fabbisogno molto più elevato.

Dall'analisi dei dati RICA⁵ risulta che la pratica irrigua conferisce in media alle colture prevalenti dell'area test una resa maggiore del 21% rispetto alle colture in asciutto. In particolare, la resa delle foraggere in irriguo si attesta sui 122 qli/ha (+20%); quella del mais da foraggio raggiunge i 432 qli/ha (+9%); il mais da granella (dolce, ibrido e nostrano) presenta una produzione di 113 qli/ha (+41%); la resa media del pomodoro irrigato è di 560 qli/ha (+13%); infine la resa dei prati ed erbai, compresa l'erba medica, in media si attesta sui 110 qli/ha (+21%).

⁴ Il fabbisogno idrico delle colture è il volume d'acqua richiesto per soddisfare il consumo delle colture dovuto al tasso massimo di evapotraspirazione, corrispondente a condizioni ottimali di sviluppo, senza limitazioni per carenze idriche. La conoscenza dei fabbisogni idrici colturali è il presupposto per la valutazione del fabbisogno irriguo, ovvero dell'aliquota del fabbisogno idrico che deve essere fornita alle colture mediante apporti artificiali (Istituto nazionale di Economia Agraria, 2009).

⁵ Rete di Informazione Contabile Agricola, costituita nel 1965 con il Regolamento del Consiglio n. 79, che ne stabilisce principi ed organizzazione al fine di disporre di una serie di dati attendibili e uniformi riguardanti il funzionamento economico e le dinamiche economico-strutturali delle aziende operanti nel settore agricolo.

Questa analisi conferma quanto la pratica irrigua sia importante per le colture della Valpadana coinvolte nelle filiere dei formaggi DOP Grana Padano e Parmigiano Reggiano ed evidenzia la necessità di garantire un adeguato approvvigionamento irriguo al fine di soddisfare i fabbisogni idrici delle colture, soprattutto nel periodo estivo. In tale contesto, risulta importante prevedere delle azioni mirate a ridurre l'incertezza e a garantire una disponibilità idrica costante e di buona qualità.

Con questa finalità sono stati analizzati gli impianti di trattamento ricadenti nell'area test Valpadana per valutarne le potenzialità ai fini del riutilizzo irriguo, considerando quelli caratterizzati da carico superiore a 2.000 abitanti equivalenti (AE⁶), per un carico nominale complessivo di 322.875 AE.

In questo ambito sono stati considerati 10 impianti di trattamento, 5 dei quali ricadenti nella provincia di Parma, 1 nella Provincia di Piacenza, 3 nella Provincia di Cremona, 1 in quella di Bergamo. Di questi impianti, il 61% del carico entrante attiene alla Provincia di Cremona, il 28% a quella di Parma, il 7% a quella di Bergamo e solo il 4% alla provincia di Piacenza. Tutti questi impianti operano con un trattamento di tipo terziario.

5.1 *Analisi multicriteriale*

Per la valutazione delle diverse alternative di impianti da adeguare ai fini del riutilizzo irriguo, si è scelto di concentrare l'analisi alle aree ricadenti nei confini amministrativi dei Consorzi di bonifica, in quanto in questo modo è possibile prevedere l'eventuale allacciamento alla rete irrigua esistente e funzionante, già collocata nelle aree di interesse agricolo e anche per questioni di natura gestionale.

Come descritto nel paragrafo metodologico si è partiti dal calcolare la funzione di suitability associata ai fattori individuati, che indica l'attitudine all'irrigazione con acque reflue analizzata in relazione agli 8 fattori descritti: distanza dai corpi idrici; vulnerabilità degli acquiferi; indice di aridità di De Martonne; distanza dai centri urbani; tipologia della rete irrigua; distanza dagli impianti di trattamento delle acque reflue; fabbisogno irriguo; sistema di irrigazione.

A seguito delle analisi e dei calcoli effettuati in relazione ai fabbisogni irrigui dell'area e alla portata eventualmente disponibile dagli impianti si è valutato di considerare gli impianti di trattamento non inferiori ai 10.000 AE e ricadenti entro una corona dell'area test di 5 chilometri, mentre sono stati eliminati quelli più distanti in quanto l'uso di tali acque comporterebbe aggravii dal punto di vista economico. Gli impianti selezionati sono 10 e sono riportati di seguito (Tab.4 e Fig.4).

⁶ Abitante Equivalente: il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD5) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno.

Tabella 4. Impianti di trattamento acque reflue.

| Nome | Provincia | Comune | Ae |
|------------------------|-----------|-----------------------|---------|
| Collecchio | Parma | Collecchio | 17.071 |
| Salsomaggiore Terme | Parma | Salsomaggiore Terme | 24.872 |
| Fontevivo - Case Massi | Parma | Fontevivo | 14.296 |
| Fidenza | Parma | Fidenza | 35.551 |
| San Secondo Parmense | Parma | San Secondo Parmense | 44.940 |
| Fiorenzuola d'Arda | Piacenza | Fiorenzuola d'Arda | 13.392 |
| Cremona | Cremona | Cremona | 180.000 |
| Casalbuttano | Cremona | Casalbuttano ed Uniti | 15.898 |
| Soncino | Cremona | Soncino | 11.500 |
| Covo | Bergamo | Covo | 22.872 |

Fonte: Autorità di bacino del fiume Po

Figura 4. Distribuzione impianti di trattamento acque reflue.

Fonte: Elaborazione INEA su dati SIGRIAN e AdB Po

Per la valutazione dell'adattabilità dei territori all'uso delle acque reflue in relazione al fattore sistema di irrigazione sono stati considerati tre scenari:

1. nel primo scenario è stata estesa a tutto il territorio del distretto in esame la presenza del sistema di irrigazione prevalente;
2. nel secondo scenario si è ipotizzata la presenza su tutto il distretto dell'irrigazione localizzata se presente anche in minima parte nel distretto stesso e del sistema di irrigazione prevalente per i distretti in cui il sistema di irrigazione localizzata non è presente;
3. nel terzo scenario è stata ipotizzata la presenza dell'irrigazione localizzata in tutti i distretti.

Partendo dalle carte di adattabilità dei territori all'uso delle acque reflue valutate in relazione agli 8 fattori descritti, è stata applicata l'analisi multicriteriale all'area oggetto di indagine, considerando i 3 differenti scenari di tipologia di sistema irriguo presente precedentemente descritti. Come precedentemente accennato, dall'analisi si ottiene un modello di valori continui, in un range da 0 a 1. Effettuando una riclassificazione, tali valori sono stati suddivisi in 4 classi omogenee di attitudine:

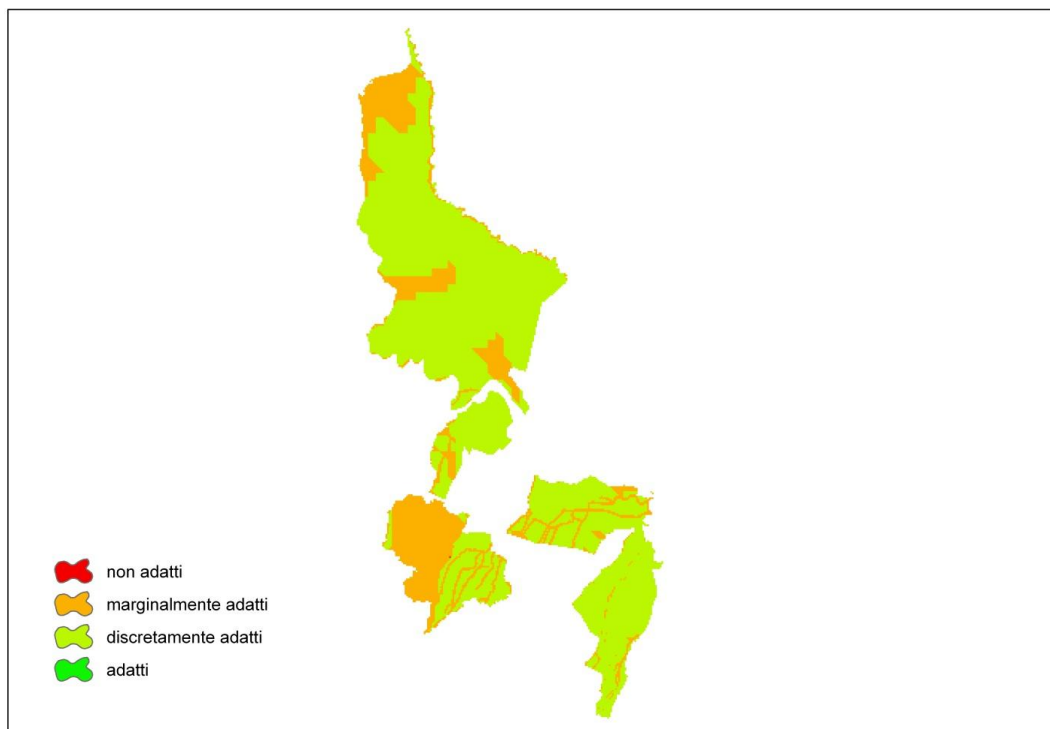
1. non adatti;
2. marginalmente adatti;
3. discretamente adatti;
4. adatti.

In particolare, i terreni con valori dei punteggi più bassi, compresi tra 0 e 0,25, sono stati raggruppati nella classe dei “non adatti” all'irrigazione con acque reflue depurate, quelli con punteggi intermedi tra 0,25 e 0,50, sono stati classificati come “marginalmente adatti”, mentre i terreni che hanno ottenuto punteggi compresi tra 0,50 e 0,75 sono stati catalogati nella classe dei “discretamente adatti” ed infine quelli con punteggi maggiori, ricadenti nel range 0,75÷1, sono stati definiti “adatti”.

Scenario 1

In relazione al primo scenario di riferimento, ossia quello che considera il sistema di irrigazione prevalente, dall'analisi (Fig.5) emerge che la gran parte dell'area di studio Valpadana (76%), corrispondente a circa 78.000 ettari, è caratterizzata da una discreta attitudine all'irrigazione con acque reflue depurate. Meno adeguate a questo tipo di pratica, e per questo definite marginalmente adatte, sono risultate le aree lungo i corsi di acqua e nelle estreme vicinanze di questi; In termini di estensione, le aree marginalmente adatte all'uso delle acque reflue depurate per l'irrigazione sono pari a circa 24.000 ettari.

Figura 5. Carta riclassificata della utilizzabilità delle acque reflue depurate a scopo irriguo (irrigazione prevalente).



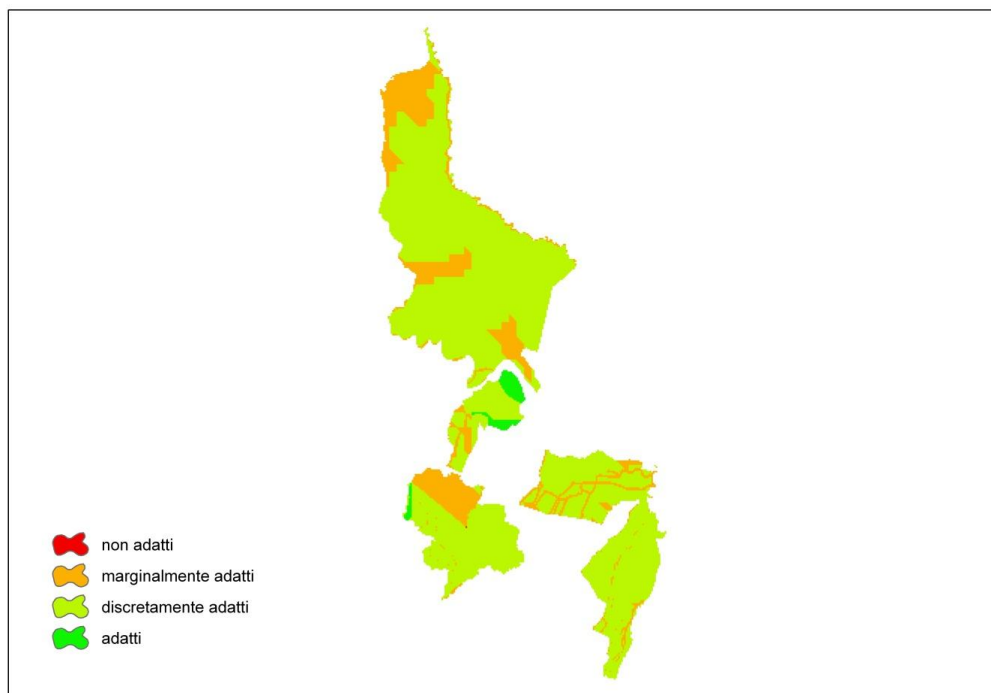
Fonte: Elaborazione INEA

Scenari 2 e 3

Le successive due analisi considerano gli altri due scenari di riferimento e di seguito si riportano le carte riclassificate in base alle ipotesi:

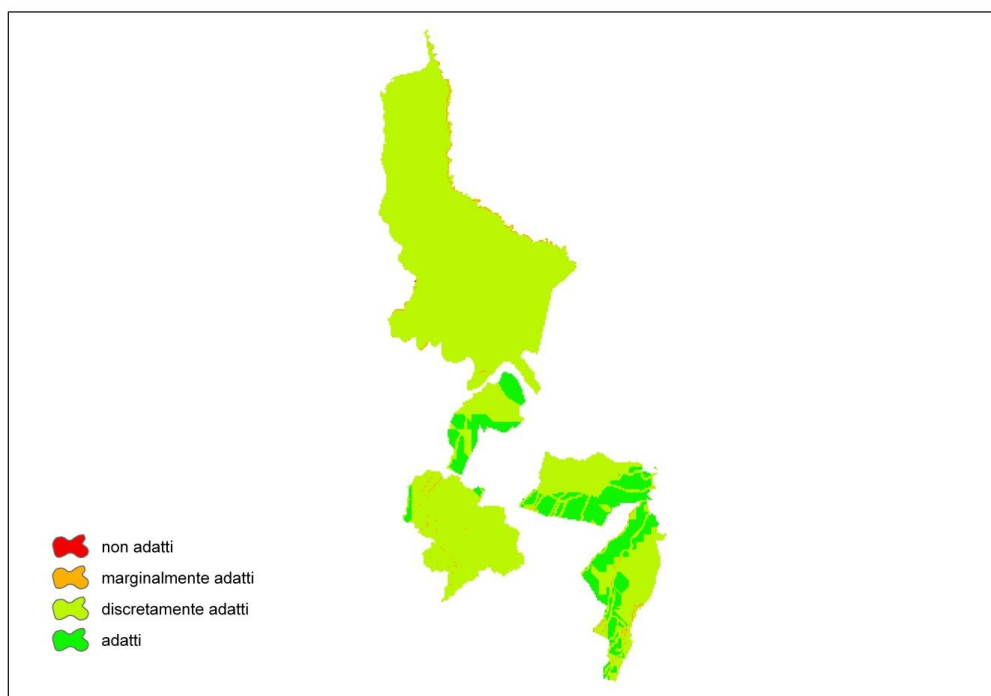
- di presenza su tutto il territorio del distretto dell'irrigazione localizzata, se presente anche in minima parte nel distretto stesso, e del sistema di irrigazione prevalente per i distretti in cui tale sistema di irrigazione non è presente (Fig. 6);
- di irrigazione localizzata in tutti i distretti dell'area test (Fig. 7).

Figura 6. Carta riclassificata della utilizzabilità delle acque reflue depurate a scopo irriguo (irrigazione localizzata se presente).



Fonte: Elaborazione INEA

Figura 7. Carta riclassificata della utilizzabilità delle acque reflue depurate a scopo irriguo (irrigazione localizzata).



Fonte: Elaborazione INEA

Chiaramente, la maggior diffusione del sistema di irrigazione localizzata, che garantisce il rispetto della normativa, evitando il contatto tra le parti edibili crude della coltura e le acque reflue depurate utilizzate

per l'irrigazione, implica un aumento dei territori discretamente adatti all'uso delle acque non convenzionali e comporta la presenza di aree definibili come adatte all'utilizzo delle acque reflue depurate.

In particolare, non considerando il sistema di irrigazione prevalente, bensì la presenza dell'irrigazione localizzata in tutti i Distretti (Fig. 7), ossia valutando lo scenario 3, i terreni marginalmente adatti diminuiscono di circa il 95%, limitandosi alle sole aree lungo i corsi di acqua e nelle estreme vicinanze di questi (circa 1.000 ettari).

Nel caso dello scenario 2 (irrigazione localizzata considerata presente solo nei Distretti in cui tale sistema è realmente utilizzato seppur in minima parte) i terreni marginalmente adatti diminuiscono del 26% rispetto al caso di irrigazione prevalente.

Tali diminuzioni delle aree marginalmente adatte chiaramente sono a vantaggio di aree definibili discretamente adatte che, nello scenario 2 (irrigazione localizzata solo nei Distretti in cui tale sistema è presente), aumentano del 6% circa, e nello scenario 3 (solo irrigazione localizzata) si incrementano di oltre il 13%, e di aree definibili come adatte all'irrigazione con acque reflue depurate.

Le aree definibili come adatte all'irrigazione con acque reflue depurate che nel caso dello scenario 2 (Fig. 6), in cui si considera l'irrigazione localizzata solo nei Distretti in cui è realmente presente, presentano un'estensione di 1.668 ettari, nello scenario 3 (Fig. 7), in cui si ipotizza la presenza del solo sistema di irrigazione localizzata in tutti i Distretti, si estendono per 12.708 ettari.

In particolare le aree che risultano adatte all'irrigazione con acque “non convenzionali” sono distribuite su quasi tutto il territorio del Distretto Basso Piacentino Monte, sulle aree Sud e Nord – Est del Distretto Basso Piacentino Valle, per quanto riguarda il Consorzio di bonifica Piacentini di Levante; mentre per il Consorzio di bonifica Parmense, il Distretto Ongina è caratterizzato da territori adatti alla pratica irrigua in esame per circa la metà della sua estensione, nella parte più a Sud, e il Distretto irriguo San Vitale – San Carlo – San Genesio, invece, nella parte occidentale.

5.2 *Alternative fattibili nella Valpadana e relativi costi*

In base ai risultati dell'analisi multicriteriale, i territori dell'area test Valpadana sui quali si potrebbe avanzare una proposta di riutilizzo delle acque reflue depurate, nell'ipotesi di conversione dei sistemi di irrigazione utilizzati in irrigazione localizzata, sono quelli gestiti del Consorzio di bonifica Parmense ed in particolare i Distretti Ongina e San Vitale - San Carlo - San Genesio. Di seguito sono riportate le varie ipotesi di riutilizzo e, successivamente, sono analizzati i relativi costi, esclusi gli oneri relativi alla modifica del sistema di irrigazione e benefici.

I territori del Distretto Ongina ritenuti adatti al riutilizzo irriguo delle acque reflue trattate si individuano in tutta la parte sud, mentre le aree ritenute discretamente adatte nella parte settentrionale. Questi territori potrebbero essere irrigati con le acque del depuratore della città di Cremona, che dista in linea d'aria dall'esistente impianto di sollevamento del Castelletto, attualmente utilizzato per sollevare le acque per l'irrigazione del Distretto, poco più di 14 km. L'impianto di depurazione di Cremona è tecnicamente definibile di tipo biologico a fanghi attivi, con trattamento anaerobico del fango e trattamenti terziari di affinamento del processo; esso è costituito da 3 linee di trattamento della capacità di 60.000 abitanti equivalenti ciascuna, per una potenzialità di trattamento di oltre 51.000 m³/giorno di reflui fognari. L'impianto riceve liquami provenienti per il 60% da scarichi civili e per il restante 40% da attività industriali, di origine prevalentemente agroalimentare. Il sistema fognario convoglia sia le acque reflue urbane sia quelle provenienti dai Comuni del circondario, per i quali è in corso il progressivo collettamento al sistema di depurazione centralizzato della città di Cremona. L'impianto comprende anche una sezione di trattamento chimico fisico di rifiuti liquidi non pericolosi conferiti da terzi, per una potenzialità di 240 tonnellate/giorno.

In particolare, i trattamenti terziari che affinano il processo depurativo permettono il rispetto dei limiti per il riutilizzo a fini irrigui dell'effluente depurato, oltre al riuso all'interno per scopi tecnici.

Il depuratore di Cremona, avendo una capacità di 180.000 AE, produce circa 51.000 m³/g (600 l/s) di acqua depurata (Guereschi e Fertonani, 2008; ARPA Lombardia, 2006) che, per i 150 giorni di durata prevista della stagione irrigua, sommano a 7.650.000 m³. Dato che il fabbisogno irriguo dell'Ongina è stimato nel periodo 2021-2050 in circa 1.000.000 m³/anno, il riutilizzo irriguo procurerebbe un risparmio del 100% dei prelievi dal fiume Po (opzione *Ongina 1*). Per riutilizzare le acque reflue provenienti dall'impianto di trattamento della città di Cremona sarebbe necessario il collegamento con l'esistente impianto di sollevamento del Castelletto e l'uso delle reti irrigue attualmente utilizzate per la distribuzione delle acque "convenzionali". In alternativa, si potrebbe prevedere che i tratti di rete esistenti possano essere affiancati da reti chiuse da utilizzare per le sole acque reflue. I costi sono stimabili intorno ai 20 M€, visto che si tratterebbe di installare una piccola stazione di sollevamento all'uscita dell'impianto di depurazione per un dislivello di pochi metri, il cui costo è del tutto trascurabile, rispetto a quello della rete, e, per una lunghezza di circa 80 km, una rete in pressione in PVC con diametro massimo di 200 mm, il cui costo al metro è stimato intorno ai 160 €. Poiché, però, le acque reflue trattate dall'impianto di depurazione della città di Cremona sono al momento utilizzate a fini irrigui dal Consorzio di Bonifica Dugali (Lombardia) bisognerebbe conoscere i quantitativi utilizzati e quindi l'eventuale possibilità di utilizzare il refluo depurato residuo.

Una seconda ipotesi, ottenuta dall'analisi degli impianti di trattamento presenti nel circondario del Distretto Ongina, è quella di utilizzare i reflui del depuratore di Fiorenzuola d'Arda che ha un carico entrante di 13.392 AE e che è anch'esso dotato di trattamenti di tipo terziario. Tale impianto di trattamento dista dall'esistente impianto di sollevamento del Castelletto all'incirca 15 km. I reflui depurati prodotti dal depuratore di Fiorenzuola ammontano, secondo dati di letteratura, a circa 300.000 m³ nella stagione irrigua, permettendo un risparmio di acqua "pulita" pari a 30% circa (opzione *Ongina 2*). I costi di adeguamento del sistema irriguo sarebbero relativi solo al collegamento tra l'impianto di trattamento e quello di sollevamento, ed essendo le condotte di diametro inferiore a 100 mm, sarebbero abbastanza contenuti e pari a circa 8 M€. Ipotizzare l'accumulo delle acque reflue depurate durante tutto l'anno, anche se comporterebbe un risparmio di acque convenzionali pari all'80%, significherebbe dover costruire un accumulo di volume pari a circa 400.000 m³, cioè una vasca che, se si ipotizza una profondità di 5 m, avrebbe un'estensione superficiale di 200 ettari, con costi notevoli.

Per le aree ricadenti nel Distretto San Vitale - San Carlo - San Genesio, definite anch'esse "adatte" o "discretamente adatte", si può ipotizzare il riutilizzo delle acque depurate dell'impianto di trattamento dei reflui civili della città di Fidenza (opzione SV-SC-SG 1). Poiché l'impianto di trattamento considerato è caratterizzato dalla presenza di trattamenti di tipo terziario, si prevede che ci siano già trattamenti di disinfezione sufficienti a raggiungere i limiti previsti dalla normativa vigente. L'impianto è ad un'altezza più bassa rispetto alla rete irrigua, per cui sarebbe necessaria la costruzione di un impianto di sollevamento. Il fabbisogno irriguo annuo del Distretto sarà pari a circa 1.340.000 m³ nel periodo 2021-2050 e l'utilizzo dei circa 560.000 m³ prodotti nella stagione irrigua dal depuratore di Fidenza, con i suoi 35.500 abitanti trattati, , permetterebbe dunque un risparmio del 50% di acque "convenzionali", provenienti per lo più da falda, visto che in quest'area sono molto diffusi i prelievi da pozzo. Ipotizzando l'utilizzo sia delle acque reflue dell'impianto di trattamento di Fidenza che di quelle del depuratore di Salsomaggiore Terme, il risparmio di acqua da poter destinare ad altri usi sarebbe addirittura pari al 100% (opzione SV-SC-SG 2). I costi nella prima ipotesi corrispondono a circa 100.000 € per la stazione di sollevamento necessaria per compensare il dislivello tra il depuratore di Fidenza e il punto più alto della rete del Distretto da irrigare, 2 M€ per la

condotta di trasporto delle acque e 10 M€ per la condotta di distribuzione nel Distretto pari a circa 100 km, per un totale di circa 12 M€. Nella seconda ipotesi a tali cifre vanno aggiunti i costi per la stazione di sollevamento delle acque in uscita dal depuratore di Salsomaggiore, pari a circa 80.000 €, perché il dislivello tra i due punti da raccordare è minore, e i costi della condotta di trasporto delle acque dall'impianto di depurazione al punto di partenza della rete irrigua del Distretto, pari a circa 2M€. L'incremento di circa 3 M€ può essere ritenuto conveniente rispetto ad un risparmio di acque "pulite" pari al doppio.

Un discorso diverso va fatto nelle aree del Consorzio di bonifica Naviglio Vacchelli che sono caratterizzate da una discreta attitudine all'utilizzo dei reflui depurati, ma presentano agglomerati urbani con popolazione inferiore ai 10.000 abitanti e quindi impianti di depurazione di piccole dimensioni. In questa area sarebbe preferibile pensare alla riconversione della rete piuttosto che al riutilizzo delle acque reflue. Le reti irrigue dell'area sono caratterizzate essenzialmente dalla presenza di canali a cielo aperto. Tali canali sono sicuramente il metodo di adduzione e distribuzione dell'acqua maggiormente soggetto a perdite, e quindi una riconversione ridurrebbe tale inconveniente. Tuttavia i canali rappresentano elementi del paesaggio tutelati dai Piani territoriali di Coordinamento delle Province, e, per questo, non possono essere riconvertiti o modificati. Anche la modalità di irrigazione maggiormente utilizzata, ossia lo scorrimento, non si concilia con un'eventuale ipotesi di riconversione dei canali che sono caratterizzati mediamente da portate abbastanza elevate, che si aggirano intorno ai 250 l/s. In questa zona, quindi, sarebbe auspicabile prevedere la costruzione di impianti di dimensioni maggiori i quali, rispetto ad impianti di trattamento di dimensioni limitate, garantiscono maggiori efficienze e scarichi più controllati con minori quantità di inquinanti. La competizione tra gli usi delle acque non sorge tra il settore civile e quello agricolo, in quanto per il primo si utilizzano solo acque di falda mentre per l'irrigazione ci si avvale delle acque prelevate dall'Oglio e dall'Adda e convogliate nei canali. In base alla disposizione degli impianti di depurazione si potrebbe prevedere la costruzione di 2 grossi impianti di trattamento delle acque reflue civili, uno posto nella zona più a Nord e uno nella zona centrale del Consorzio di Bonifica Vacchelli, aventi capacità pari a circa 50.000 AE ciascuno, i cui costi, in base a dati di mercato, si aggirano intorno ai 15 M€. Tuttavia, la mancanza di dati relativi alle esigenze irrigue e ai sistemi di irrigazione non consente di stabilire il quantitativo di risorsa risparmiata nell'ipotesi di riutilizzo. Per cui, non è possibile procedere al calcolo e al confronto tra i costi e i benefici.

6. CONCLUSIONI

L'analisi multicriteriale ci ha portato ad individuare 5 possibili alternative di riutilizzo irriguo dei reflui depurati in Valpadana, per le quali sono stati valutati i relativi costi per l'adeguamento e per la realizzazione di eventuali strutture a supporto della misura. E' bene ricordare che tali alternative, derivando dall'analisi multicriteriale, risultano tecnicamente possibili e le più idonee in base alle caratteristiche tecniche, climatiche e strutturali dell'area e in grado di tenere conto delle problematiche connesse all'uso dell'acqua e alla competizione tra gli usi.

L'analisi costi-benefici di queste alternative, operata con l'obiettivo di individuare l'alternativa economicamente più valida ha previsto la stima dei costi necessari all'adeguamento degli impianti di trattamento e della rete irrigua per il riutilizzo delle acque reflue depurate a partire dai dati di letteratura e dei listini di ditte specializzate per la realizzazione di questi interventi. Come descritto nel capitolo metodologico, nel calcolo delle annualità non sono stati considerati i costi di gestione delle opere oggetto di studio in quanto l'ipotesi adottata di adeguamento o sostituzione delle infrastrutture esistenti, non prevede oneri aggiuntivi rispetto all'attuale esercizio o, addirittura tali oneri possono ridursi.

Per la stima dei benefici connessi alla misura analizzata, il valore annuale dei benefici è stato individuato nel valore unitario d'uso alternativo più elevato in base ai tariffari in vigore e il beneficio totale di lungo periodo è calcolato a prezzi correnti per la durata attesa delle opere (40 anni).

Le tariffe utilizzate per la stima dei benefici sono state estrapolate dai tariffari in vigore nell'anno 2011. In particolare, per entrambe le aree test:

- la tariffa applicata all'opzione Ongina 1 è quella stabilita dall'ATO Provincia di Cremona ed esercitata per conto della A.E.M. Cremona s.r.l. per gli usi commerciali-artigianali, industriali ed agricoli;
- quella relativa all'opzione Ongina 2 deriva dal tariffario stabilito dall'ATO Piacenza ed esercitata per conto della Iren Emilia s.p.a. nel bacino tariffario 1 per gli usi non domestici;
- quella relativa all'opzione San Vitale – San Carlo – San Genesio 1 è determinata dall'ATO Parma ed esercitata da Emiliambiente s.p.a. su tutto il territorio di competenza per gli usi diversi, mentre la tariffa applicata all'opzione San Vitale – San Carlo – San Genesio 2 deriva al 50% da quella esercitata da Emiliambiente s.p.a. su tutto il territorio e al 50% da quella esercitata esclusivamente sul territorio di Salsomaggiore.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei costi e dei benefici stimati per le due aree oggetto di studio in relazione alle opzioni strutturali individuate.

Tabella 5. Risultati del calcolo dei costi e dei benefici.

| Opzione | Ongina 1 | Ongina 2 | SV-SC-SG 1 | SV-SC-SG 2 | Naviglio Vacchelli |
|--------------------------|------------|------------|------------|----------------|--------------------|
| Investimento(€) | 20.000.000 | 8.000.000 | 12.000.000 | 15.000.000 | 30.000.000 |
| Tasso di sconto | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 |
| Anni | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Costi | | | | | |
| Annualità (€) | 936.546 | 374.618 | 561.927 | 702.409 | 1.404.818 |
| Risorsa risparmiata (m3) | 1.000.000 | 300.000 | 670.000 | 1.340.000 | - |
| Costo annuo (€/m3) | 0,94 | 1,25 | 0,84 | 0,52 | - |
| Tariffa (€/m3) | 1,07 | 1,48 | 1,74 | 1,74* - 1,66** | 1,07 |
| Benefici | | | | | |
| Beneficio annuo (€) | 1.071.527 | 443.400 | 1.167.810 | 2.278.670 | - |
| Beneficio Totale (€) | 42.861.080 | 17.736.000 | 46.712.400 | 91.146.800 | - |

Fonte: Elaborazioni INEA

* Tariffa esercitata su tutto il territorio di competenza di Emiliambiente s.p.a. applicata al 50%.

** Tariffa esercitata da Emiliambiente s.p.a. sul territorio di Salsomaggiore applicata al 50%.

Dai risultati dell'analisi riportati nella tabella 5, confrontando i costi ed i benefici si evince che le opere volte all'adeguamento degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane ai fini di riutilizzo irriguo diretto nelle aree oggetto di studio procurerebbero benefici ambientali ed economici di lungo periodo tali da garantire la piena copertura dei costi, nonostante il metodo di stima applicato non tenga conto dei valori di non-uso relativi al miglioramento qualitativo dei corpi idrici e dell'apprezzamento futuro del valore d'uso della risorsa convenzionale disponibile.

Questa analisi conferma che una misura di questo tipo può essere utile per l'adattamento al mutamento del clima in tale area. Infatti, considerato che l'analisi dei dati agricoli e delle rese ha evidenziato che in quest'area la pratica irrigua risulta molto importante soprattutto per il fatto che le colture della Valpadana alimentano due filiere, quelle dei formaggi DOP Grana Padano e Parmigiano Reggiano, di grande rilevanza

per il comparto agroalimentare italiano e che contribuiscono fortemente a diffondere il “made in Italy” a livello internazionale. E’ evidente, pertanto, l’esigenza in tale area di garantire un adeguato approvvigionamento irriguo al fine di soddisfare i fabbisogni idrici delle colture, soprattutto nel periodo estivo, e di evitare che avverse condizioni meteorologiche, quali scarsità idrica e siccità, possano indurre variabilità nella produzione agricola.

Dallo studio dell’area dove si sviluppano le filiere dei formaggi DOP Grana Padano e Parmigiano Reggiano emerge che i fattori maggiormente influenti sulla redditività delle aziende zootecniche sono rappresentati dalla variabilità dei prezzi dei mangimi e dei prezzi di commercializzazione dei formaggi.

La dipendenza dal mercato per l’acquisto di mangimi rappresenta, in termini di costo, un peso notevole sulla produzione di latte, soprattutto quando le produzioni nazionali di cereali e leguminose da granella sono scarse. La riduzione delle rese di tali colture può dipendere in maniera notevole da condizioni agro-climatiche eccessive, quali forte diminuzione della disponibilità di risorsa irrigua, calo di precipitazioni e aumento delle temperature nel periodo estivo. Tuttavia, gli scenari medi di cambiamento climatico nell’area oggetto di studio, delineati dal progetto AgrosceNari per il periodo 2020-2051 (Tomei et al, 2010), non destano eccessiva preoccupazione a riguardo poiché, sebbene sia prevista, in media, una diminuzione di circa il 20% delle precipitazioni estive ed un’estensione della stagione irrigua, la riduzione della disponibilità idrica nel periodo estivo pare possa essere compensata dall’aumento delle precipitazioni autunnali e invernali, previste in aumento del 25%, che possono anche favorire la ricarica delle falde. Poco preoccupante si sente secondo gli scenari delineati l’aumento delle temperature, previsto in media intorno al 2°C durante tutto l’anno.

Il fattore che invece acquisisce una rilevanza importante per la redditività delle aziende agricole nello scenario futuro 2020-2051 è l’incertezza. L’incremento della variabilità agro-climatica associato all’aumento dell’esposizione ai mercati dei fattori e ai prezzi di commercializzazione amplifica considerevolmente la volatilità delle produzioni e dei redditi delle aziende zootecniche. Secondo gli scenari climatici futuri, infatti, l’andamento (la distribuzione) delle temperature presenta una variabilità molto maggiore con i valori minimi non inferiori alla media del periodo 1961-1990 e anomalie nei valori massimi che raggiungono i +5°C in estate; l’andamento delle precipitazioni sarà caratterizzato da maggiore variabilità per cui, in futuro, ci si dovrà attendere una maggiore precipitazione cumulata nei periodi autunnali ed invernali, un aumento di piogge di forte intensità nel periodo primaverile e, nel periodo estivo, una riduzione pluviometrica che può raggiungere il 40%.

Lo scenario agro-climatico così delineato potrà avere condizionamenti negativi per il settore lattiero-caseario in situazioni di permanenza di elevate temperature estive a causa delle riduzioni della produzione e del decadimento della qualità del latte, provocati dallo stress termico per gli animali. In tali condizioni, i bovini da latte tendono a modificare i propri regimi alimentari consumando più concentrati e meno foraggi per il ridotto calore metabolico di fermentazione. Inoltre, eventuali eventi di prolungata scarsità idrica potranno incidere in maniera crescente sulle riduzioni delle produzioni nazionali dei mangimi comportando per gli allevatori il pagamento di alti prezzi di mercato che, associato al maggior consumo, provocano notevoli aumenti di spesa per l’alimentazione delle bovine. La ridotta produzione e la scarsa qualità del latte potranno creare ripercussioni negative lungo la filiera, amplificando la riduzione stagionale di produzione di formaggio di qualità.

In tale contesto, quindi, le soluzioni prospettate, tecnicamente ed economicamente valide, possono contribuire fortemente a ridurre l’incertezza connessa ai cambiamenti del clima. Di pari passo con tali valutazioni positive vanno, tuttavia, evidenziate le problematiche connesse all’eventuale ricorso a tale fonte non convenzionale.

Uno dei principali problemi è legato alla mancanza attualmente di una normativa di riferimento che ne permetta la diffusione, infatti, i parametri qualitativi previsti dal D.M. 185 del 2003 “Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue” sono risultati, per gli operatori del settore, spesso fortemente limitanti. La norma, tuttavia, ha stabilito tali limiti rispondendo al requisito di salvaguardare la sicurezza per l’ambiente, evitando alterazioni agli ecosistemi, al suolo ed alle colture, nonché rischi igienico-sanitari per la popolazione. Sotto tale ipotesi, bisognerebbe avviare una campagna di comunicazione nei confronti dei consumatori per rassicurarli in termini di rispetto dei parametri di sicurezza igienico-sanitaria. Inoltre, considerato che il comparto agro-alimentare italiano è fortemente basato sulle produzioni a qualità regolamentata, tale misura potrebbe essere incentivata prevalentemente nelle aree agricole dedite alla produzione di commodities che non entrano a far parte di tali produzioni. Questo sia per una questione di immagine, anche nei confronti dei mercati esteri, sia in quanto molti disciplinari non contemplano o vietano l’uso di acque non convenzionali nei cicli di produzione.

A questo proposito vale la pena ricordare che, sempre più spesso, le organizzazioni private di mercato stabiliscono norme obbligatorie perentorie molto precise sulla gestione irrigua e la qualità delle acque, come previsto, ad esempio, dal protocollo Global GAP che definisce le buone pratiche agricole (G.A.P. Good Agricultural Practice) relative agli elementi essenziali per lo sviluppo della best practice (migliore tecnica) applicabili ad aziende agricole, coltivazioni e prodotti della terra, allevamenti. Al protocollo, che unisce alcune tra le più importanti catene commerciali europee, al fine di rispondere alle crescenti esigenze di sicurezza alimentare e di rispetto dell’ambiente, hanno aderito diversi soggetti coinvolti nella filiera agroalimentare: produttori (singoli o figure collettive); GDO Europea; membri associati (laboratori, enti di certificazione, società di consulenza, aziende produttrici di mezzi tecnici per l’agricoltura). Tra i vari punti⁷ il protocollo prevede la gestione di requisiti relativi anche alle tecniche di irrigazione e alla qualità dell’acqua irrigua. E sicuramente le acque non convenzionali hanno il pregio di possedere una qualità controllata e controllabile, rispetto alle acque convenzionali.

Infine, va segnalato che tale misura risponde anche alla problematica di competizione tra di diversi usi, in quanto riutilizzando le acque reflue il settore agricolo è in grado di rendere disponibili elevati volumi per gli altri usi, primo fra tutti quello civile utile soprattutto nei periodi estivi nelle zone turistiche. In quelle aree dove il settore agricolo si approvvigiona da acque sotterranee, si renderebbero disponibili elevati volumi di acque che, generalmente, presentano una elevata qualità rispetto alle acque superficiali.

BIBLIOGRAFIA

Amministrazione Provinciale di Piacenza - Area Programmazione, Infrastrutture, Ambiente (2007). *Piano Provinciale di Risanamento e Tutela della Qualità dell’Aria*.

ARPA Lombardia (2006). Relazione generale sugli impianti di depurazione e sul riuso idrico e dei fanghi, Tavolo Tecnico Interagenziale “Gestione Sostenibile delle Risorse Idriche”.

Baumol, W-J., Panzar, J.C. and Willig, R.D. (1982). *Contestable markets and the theory of industry structure*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.

Civita, M. (1990). La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento..In *Atti 1° Conv. Naz. Sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi, vol. 3.*.. Marano sul Panaro (Modena): G.N.D.C.I., C.N.R.

⁷ Aspetti ambientali (storia e gestione dei siti, gestione del terreno e dei rifiuti); prodotto (fitofarmaci impiegati, tecniche di irrigazione, protezione delle colture, modalità di raccolta e trattamenti post-raccolta) ; salute degli animali ; salute e sicurezza dei lavoratori e le loro condizioni di lavoro ; elementi relativi alla gestione aziendale.

- Civita, M. and De Maio, M. (2000). *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5*. Bologna: Pitagora Ed.
- Civita, M., De Maio, M., Farina, M., Zavatti, A. (2001). *Linee-guida per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento*. Manuali e linee-guida dell'Anpa, 4/2001.
- Collins, R., Kristensen, P., Thyssen, N. (2009). *Water Resources Across Europe – Confronting water scarcity and droughts*. Copenhagen: European Environmental Agency (EEA).
- Commissione Europea (2009). Le problematiche dell'adattamento dell'agricoltura e delle zone rurali europee ai cambiamenti climatici. In *L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro di azione europeo*. Bruxelles.
- Commissione Europea (2011). Affrontare il problema della carenza idrica e siccità nell'Unione europea. Terza relazione di follow-up sulla comunicazione, Bruxelles.
- CRPA (2003). *Opuscolo n°9. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- CRPA (2004). *Opuscolo n°10. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- CRPA (2005). *Opuscolo n°9. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- CRPA (2006). *Opuscolo n°8. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- CRPA (2007). *Opuscolo n°10. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- CRPA (2008). *Opuscolo n°8. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- CRPA (2009). *Opuscolo n°9. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- CRPA (2010). *Opuscolo n°7 Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia-Romagna*.
- Eastman, J.R. (2003). *IDRISI Kilimanjaro – Guide to GIS and Image Processing*, Worcester, Massachusetts: Clark University.
- Fischer, G., Markowski, M. and Antione, J. (1996). Multiple criteria land use analysis, Working Paper 96-006, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg: IIASA.
- Guereschi, A. and Fertoni, S. (2008), *L'impianto di Cremona*, A.E.M. Gestioni S.r.l.; www.aemcremona.it/index.aspx?m=97&f=3&idf=50
- Hanley, N., Barbier, B.E. (2009). *Pricing Nature. Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy*. Cheltenham UK and Northampton USA: Edward Elgar Publishing Limited.
- Istituto nazionale di Economia Agraria (INEA) (2009). *Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Emilia Romagna*. Roma: INEA.
- Istituto nazionale di Economia Agraria (INEA) (2009a). *Rapporto sullo stato dell'irrigazione in Lombardia*. Roma: INEA.
- IPCC (1990), *First Assessment Report*. IPCC.
- IPCC (1995), *Second Assessment Report: Climate Change 1995*. IPCC.
- IPCC (2001), *Third Assessment Report: Climate Change 2001*. IPCC.
- IPCC (2007), *Fourth Assessment Report: Climate change 2007*. IPCC.
- IPCC (2008), *Technical Paper VI, Climate Change and Water*. IPCC.
- Masotti, L. (1987). *Depurazione delle acque*. Calderini.
- Menghi, A. (2010). Latte, scendono i costi ma è difficile stare sul mercato. *Informatore Agrario* 37: 37-40.
- Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (2006). *Piano Strategico Nazionale 2007-2013 per lo Sviluppo Rurale (art. 11 Reg. Ce 1698/2005)*.
- Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (2011). *Libro Bianco. Sfide e opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici*.

- Modica G. (2008). Tecniche di normalizzazione dei dati per il loro utilizzo nell'ambito dei metodi multicriteriali in ambiente GIS. Dispense corso di laurea specialistica in Scienze Forestali ed Ambientali, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria.
- Montanari, C. (2009). Parmigiano-Reggiano: un nuovo sistema dei caseifici. *Agricoltura* 10: 42-44.
- Parlamento Europeo (2000). *Direttiva 2000/60/CE*.
- Regione Basilicata (2010). *Tariffa unificata di riferimento dei prezzi per l'esecuzione di opere pubbliche. BUR n. 12*.
- Regione Emilia Romagna (2005). *Piano di Tutela delle Acque - Valutazione della Sostenibilità Ambientale e Territoriale*.
- Regione Emilia Romagna (2010). *Elenco regionale dei prezzi per lavori e servizi di difesa del suolo, della costa e bonifica indagini geognostiche, rilievi topografici e sicurezza*.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: Mc Graw Hill International.
- Schneider, S.H. (1977). *La Strategia della Genesi*. Milano: Edizioni scientifiche e tecniche Mondadori
- Tomei, F. et al (2010). Analysis of precipitation in Emilia-Romagna (Italy) and impacts of climate change scenarios. International Workshop Advances in statistical hydrology (STAHY). Taormina, Italy.
- Tomozeiu, R., Agrillo, G., Villani, G., Tomei, F., Marletto, V., Botarelli, L. (2011). Scenari di cambiamento climatico di temperatura e precipitazioni in Italia per il periodo 2021-2050, ottenuti attraverso tecniche di regionalizzazione statistica e loro impatto sull'irrigazione. In *Atti del XIV Convegno Nazionale di Agrometeorologia - Rivista Italiana di Agrometeorologia*. Bologna: Patron Editore, 29-30.
- Tomozeiu R., Tomei F., Villani G., and Pasqui M, (2010). Climate change scenarios of temperature and precipitation over five Italian regions for the period 2021-2050 obtained by statistical downscaling models. EMS Annual Meeting. Zürich, Switzerland.
- Tsagarakis, T.K. (2005). Recycled water valuation as a corollary of the 2000/60/EC water framework directive. *Agricultural Water Management* 72(1):1-14.
- Tsagarakis, T.K. (2005). New direction in water economics, finance and statistics. *Water Science and Technology: Water Supply* 5(6):1-15.
- UNEP (2011). *Technologies for Climate Change Adaptation*.
- Voogd, H. (1983). *Multicriteria evaluation for urban and regional planning*. London: Pion
- www.adbpo.it/on-multi/ADBPO/Home/PianodiGestioneepartecipazionepubblica/PianodiGestionedelDistrettoidrograficodelfiumePo.html
- www.aato.venetoriental.it/documenti/pianoambito/index.html
- www.aemcremona.it/index.aspx?m=53&did=91
- www.anbi.it
- www.arpa.emr.it
- www.bonifica.pr.it
- www.bonificanaviglio.it
- www.clal.it/index.php?section=riepilogo#L
- www.clal.it/index.php?section=riepilogo#Z
- www.consorziobacinipiacentini.it
- www.crpa.it/media/documents/crpa_www/Progetti/sifpre/Monografie/Caseifici_93_08.pdf .
- www.crpa.it/media/documents/crpa_www/Progetti/sifpre/Monografie/Cambiamenti-strutturali-allevamenti-.pdf
- www.inea.it
- www.ismea.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/4173
- www.politicheagricole.it

www.provincia.bergamo.it

www.provincia.cremona.it

www.provincia.parma.it

www.provincia.piacenza.it

www.regione.emilia-romagna.it

www.regione.lombardia.it

Young, R.A. (2005). Economic Criteria for water allocation and valuation. In Brouwer, R. and Pearce, D., *Cost-Benefit analysis and Water Resources Management*. Cheltenham UK and Northampton USA: Edward Elgar Publishing Limited.