

# Le esternalità ambientali dovute all'irrigazione: un caso di studio riferito alla valutazione economica della salinizzazione delle acque di falda in ambienti mediterranei

De Meo E.<sup>1</sup>, Yoshida S.<sup>2</sup>, Valente N.<sup>3</sup>

1) Università degli Studi di Foggia, Dip. PrIme, Via Napoli 25, 71100 Italy

2) Universitade de Santiago de Compostela, Instituto Universitario de Estudios e Desenvolvimento de Galicia (Idega), Spain

3) Università degli Studi di Foggia, Dip. DiSACD, Via Napoli 25, 71100 Italy (Contatto: Dott. Nicola Valente, Università degli Studi di Foggia, Dip. DiSACD, Via Napoli 25, 71100 Foggia, Italy. Tel.: +39-0881-589.356; fax: +39-0881-589.349. E-mail: [n.valente@unifg.it](mailto:n.valente@unifg.it))

Classificazione JEL: Q25

Keywords: salinizzazione, irrigazione, esternalità, programmazione lineare

## Abstract

L'utilizzo delle risorse idriche per l'irrigazione delle colture comporta numerosi benefici diretti sia per gli agricoltori (aumento del reddito e riduzione del rischio) che per i consumatori (sicurezza negli approvvigionamenti, diversificazione delle produzioni agricole). Oltre ad avere conseguenze sui soggetti direttamente interessati, l'utilizzo dell'acqua irrigua determina esternalità sia positive che negative. L'obiettivo generale di questo lavoro consiste, pertanto, nello studio delle esternalità ambientali connesse all'utilizzo della risorsa idrica in agricoltura. Nello specifico, si intende concentrare l'attenzione sulla valutazione della perdita di benefici dovuti al sovra-utilizzo dell'acqua di falda in un'area mediterranea. L'analisi empirica, riferita ad una zona di interesse nella provincia di Foggia, nel sud Italia, consiste nello stimare il valore di tale esternalità, misurata in termini di differenza tra i margini lordi che si otterrebbero se la risorsa idrica venisse sfruttata in maniera sostenibile e quelli che si ricavano in condizioni di sovrasfruttamento. L'analisi è stata sviluppata con l'utilizzo di un decision support system (DSS) basato su di un modello di programmazione matematica.

## 1. Introduzione

Le risorse idriche sono considerate "beni pubblici" (Jacob et al 1997) e come tali sono soggette a *fallimento di mercato*, poiché questo non riesce a segnalarne il valore reale e, di conseguenza, ad *allocarle* in maniera efficiente. La maggiorparte dei fallimenti di mercato è relazionata all'esistenza di mercati incompleti, ovvero a mercati in cui vi è l'impossibilità da parte delle istituzioni a stabilire diritti di proprietà ben definiti.

Questo vale anche per l'acqua utilizzata in agricoltura, difatti, non avendo un prezzo di mercato e non essendo per essa ben definiti i diritti di proprietà viene, inevitabilmente, sfruttata, con ripercussioni sul benessere collettivo e sulle generazioni future. Per gestire al meglio un bene pubblico è importante considerare oltre ai benefici diretti che la sua fruizione comporta, anche le esternalità da esso prodotte, ovvero le variazioni di benessere positive o negative su individui o sulla produttività di imprese che non intervengono direttamente nella attività di consumo o produzione di quel bene.

Considerando l'acqua utilizzata per l'irrigazione, questa produce una serie di esternalità ambientali, sia positive che negative, e tali esternalità dipendono dalle caratteristiche pedo-climatiche dell'ambiente di coltivazione, dall'efficienza di sfruttamento delle risorse idriche e dalle preferenze di tutti coloro i quali ricevono benefici ricreativi, edonistici o evocativi, legati all'esistenza di particolari paesaggi caratterizzati da attività irrigue. Tra le esternalità negative causate dall'irrigazione, sono rilevanti i problemi connessi alla salinizzazione delle risorse idriche sotterranee. Con il progressivo aumento della richiesta idrica, infatti, in alcune aree in cui è scarsa la presenza di corpi superficiali, l'estrazione dell'acqua sotterranea viene spinta sempre più in profondità. Gli eccessivi emungimenti determinano un degrado qualitativo della risorsa, soprattutto lungo le fasce costiere, per ingressione di acqua marina. In agricoltura, l'uso di queste

acque a concentrazione salina maggiore determina una diminuzione delle rese ed una progressiva salinizzazione dei suoli irrigati, con conseguenze di fitotossicità, alterazioni della fisiologia delle colture e riduzione della produttività dei suoli. La salinizzazione è da ritenersi in molti casi irreversibile, dati i lunghi tempi necessari per il ripristino delle condizioni originarie.

La stima del valore di tale esternalità può essere utile alle istituzioni come supporto alle scelte gestionali di controllo, tassazione e sovvenzioni relative all'attività agricola. Tali decisioni assumono particolare rilevanza soprattutto alla luce della direttiva 2000/60/EC, che stabilisce l'introduzione del "full cost recovery" per l'acqua fornita in pressione. Dall'applicazione di tale direttiva, infatti, potrebbe derivare un aumento delle tariffe delle risorse idriche gestite dai consorzi di irrigazione e indurre, di conseguenza, gli agricoltori a ricorrere ad un maggiore sfruttamento delle risorse di falda, sulle quali diversamente delle prime è difficile effettuare controlli.

## **2. Esternalità ambientali dovute all'uso delle acque irrigue**

### 2.1 Esternalità positive

L'acqua usata in agricoltura produce una serie di benefici, quali l'incremento della produttività, la maggiore sicurezza alimentare e l'aumento dell'offerta di prodotti agricoli. Inoltre, il suo utilizzo comporta il verificarsi di esternalità positive che assicurano benefici sociali ed ambientali. Rispetto agli effetti positivi riguardanti l'ambiente, l'utilizzo dell'acqua in agricoltura:

#### *a) Previene la degradazione del suolo*

Il mantenimento delle aree irrigue previene l'infertilità strutturale del suolo soprattutto nelle zone aride, sub-aride e secche. Questo risulta possibile se la gestione della risorsa avviene in modo sostenibile ed se ben si adatta alle specifiche caratteristiche del territorio e del suolo<sup>1</sup>;

#### *b) Permette la caratterizzazione di paesaggi*

In particolare, il ricorso all'irrigazione consente la scelta di colture che possono fornire al paesaggio un particolare valore edonistico ed evocativo, aumentando così l'utilità di gruppi di persone che entrano in contatto con esso;

#### *c) Previene la deforestazione*

L'aumento della superficie destinata ad usi agricoli è una delle principali cause di deforestazione nei Paesi in via di sviluppo (Siamwalla, 1997). Nel caso in cui sia disponibile la risorsa idrica, la maggiore produttività delle colture riduce tale effetto.

#### *d) Difesa dalle inondazioni*

Alcuni studi mostrano che le dighe hanno effetti sul controllo delle inondazioni. Esiste, comunque, un problema di stima del valore di tali benefici poiché andrebbero considerati anche gli aspetti probabilistici. In altri termini, al momento della progettazione di una diga non è possibile prevedere in quali anni si verificheranno le inondazioni e quale sarà l'entità del danno che esse produrranno (Schoengold, Zilberman 2005).

---

<sup>1</sup> Napoli R. "la sostenibilità dei suoli all'irrigazione" 7 Febbraio 2006  
[http://www.inea.it/eventi/seminari/Sost\\_Napoli.pdf](http://www.inea.it/eventi/seminari/Sost_Napoli.pdf)

## 2.2 Esternalità negative

All'utilizzo dell'acqua irrigua sono associati anche numerosi aspetti negativi di tipo sociale e ambientale. Relativamente alle tematiche ambientali, l'irrigazione:

### *a) Può facilitare la diffusione di alcune malattie*

In primo luogo, vi è un problema di sviluppo di malattie che si diffondono nel mezzo acquoso. In particolare, l'acqua irrigua può essere veicolo per la diffusione di alcuni patogeni. Secondo uno studio effettuato in Pakistan, i principali vettori della malaria si trovano nelle aree di accumulo di acqua irrigua, collegate, di conseguenza, ai canali di distribuzione della risorsa (Mukhtar, 2002);

### *b) Favorisce la degradazione qualitativa del suolo e delle acque sotterranee*

L'irrigazione determina anche problemi di degradazione del suolo quali salinizzazione ed erosione. La salinizzazione dei suoli può essere la conseguenza di un utilizzo eccessivo o insufficiente di acqua irrigua. Durante le ultime decadi, in numerosi paesi sottosviluppati ed in via di sviluppo è stata introdotta l'irrigazione al fine di aumentare le rese colturali per rispondere alle esigenze alimentari della popolazione in crescita. L'utilizzo della risorsa idrica per scopi agricoli può causare un aumento del livello di salinità dei suoli: secondo la FAO la salinizzazione interessa più del 25% delle aree irrigate in Pakistan, circa il 25% in Tunisia, 17% in India, and quasi il 15% in Cina. Per quanto riguarda la salinizzazione delle acque di falda si rimanda al paragrafo successivo.

### *c) E' causa di inquinamento*

Esiste anche un problema di inquinamento legato all'irrigazione. È possibile osservare due situazioni in cui può sorgere il problema dell'inquinamento. La prima è legata all'utilizzo ai fini irrigui di acqua superficiale inquinata. Questo è ciò che accade principalmente nei paesi in via di sviluppo quando non esiste una regolamentazione definita. Nel secondo caso, nonostante la buona qualità dell'acqua utilizzata, può verificarsi inquinamento a causa della solubilizzazione e/o del trasporto di fertilizzanti e antiparassitari utilizzati in agricoltura.

## **3. Problematica e valutazione economica della salinizzazione in un'area mediterranea**

Affrontiamo in particolare il problema della salinizzazione in un'area mediterranea. Come già citato in precedenza l'irrigazione delle colture mediante l'utilizzo di acqua di falda riduce il livello di questa risorsa determinando un aumento della concentrazione salina e la conseguente riduzione delle rese colturali.

L'area oggetto di studio è il comprensorio irriguo di Capitanata. Questo si trova nella provincia di Foggia, nel nord della Puglia. La zona in considerazione è affetta da importanti problemi ambientali causati dall'instabilità idrogeologica del territorio e dall'uso non sostenibile delle risorse naturali, in generale, e dell'acqua e del suolo, in particolare (Inea, 2000).

La Capitanata è una delle zone italiane più esposte al rischio desertificazione come conseguenza dell'aridità del clima e dell'utilizzo non sostenibile della risorsa idrica sotterranea. Per quanto riguarda l'utilizzo dell'acqua di falda, indagini compiute sul territorio in questione hanno evidenziato che gli eccessivi emungimenti, soprattutto in concomitanza di periodi pluriennali della siccità, determinano, oltre al depauperamento irreversibile delle falde idriche, anche il loro degrado qualitativo. In particolare, è stato accertato l'aggravamento del fenomeno della contaminazione lungo la fascia costiera

salina per ingressione di acqua marina. L'utilizzo di queste acque in agricoltura sta determinando, inoltre, la salinizzazione dei suoli (Dipace, Baldassarre).

La scarsità di corpi idrici superficiali, nel territorio, conduce ad un immoderato utilizzo delle risorse idriche sotterranee spesso anche in modo illegale e abusivo. In condizioni naturali, la salinità delle acque sotterranee è funzione della concentrazione salina dell'acqua che ricarica la falda e dall'apporto di acqua marina. Tuttavia la salinità è profondamente influenzata dall'emungimento di acqua attraverso i pozzi. Lo sfruttamento di questa risorsa porta come conseguenza l'aumento della salinità dei suoli irrigati con effetti sulla fisiologia delle colture e sulla produttività dei terreni. E' importante sottolineare come la salinizzazione del suolo potrebbe essere irreversibile e occorrono tempi lunghissimi e alti costi per ripristinare le condizioni iniziali dopo aver rimosso le cause della degradazione dell'acqua sotterranea e del suolo (Inea, 2000).

La necessità di stimare le esternalità dovute all'utilizzo dell'acqua di falda risiede nel fatto che tale risorsa è a "accesso libero", ovvero i diritti di proprietà non sono ben specificati. Nel caso in cui la risorsa è libera e limitata, coloro che ne usufruiscono non considerano gli effetti del loro utilizzo rispetto alle generazioni future (Schoengold, Zilberman 2005). In questo caso la stima dell'esternalità può fornire alle istituzioni gli strumenti per risolvere il fallimento di mercato e permettere una migliore allocazione della risorsa o una compensazione per coloro che subiscono costi esterni dovuti ad un suo utilizzo non corretto.

## **4. Presupposti teorici e modello di stima**

### **4.1 Stima della salinizzazione dell'acqua di falda**

Il concetto di fondo da cui nasce il bisogno di una oculata gestione delle risorse naturali, e nel caso in questione dell'acqua di falda, è quello di sviluppo sostenibile.

La World Commission on Environment and Development definisce sostenibile quello *"Sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere la possibilità per le generazioni future di soddisfare i propri bisogni"* (WCED 1987). In altri termini lo sviluppo sociale ed economico deve essere attuato in modo tale da minimizzare gli effetti dell'attività economica se i costi devono essere sopportati dalle generazioni future.

La definizione proposta dalla Commissione Mondiale, esprimendo un parere ottimistico sulla separazione fra attività economica e impatto ambientale, si colloca su una posizione debole di sostenibilità considerando, di fatto, il trasferimento di uno stock di capitale alle generazioni future. Secondo il principio di sostenibilità forte, invece, alcune risorse naturali, non essendo sostituibili, rappresentano un capitale naturale critico e per questo devono essere conservate (Turner, Pearce and Bateman).

Il problema del sovra-sfruttamento della risorsa idrica di falda in agricoltura deriva dal fatto che, non esistendo né dei diritti di proprietà ben definiti, né norme di tutela per le generazioni future, gli imprenditori agricoli attingono un livello d'acqua superiore a quello sostenibile comportando, di fatto, un costo sociale esterno per coloro che opereranno nel settore, che il libero mercato non riesce a compensare.

Un modo semplice per stimare un'esternalità è considerare la perdita di benefici dovuti al verificarsi dell'esternalità negativa.

Nel caso oggetto di studio, si analizzano separatamente due scenari: il primo rappresenta la situazione attuale, in cui l'acqua sotterranea viene sfruttata in modo eccessivo e, di conseguenza, la concentrazione salina aumenta progressivamente nel tempo causando una riduzione delle rese colturali; nel secondo si ipotizza un utilizzo

sostenibile dell'acqua di falda e quindi, il mantenimento della qualità della risorsa. La differenza dei profitti ottenuti nel tempo rappresenterà la stima dello sfruttamento dell'acqua di falda (Fig. 1).

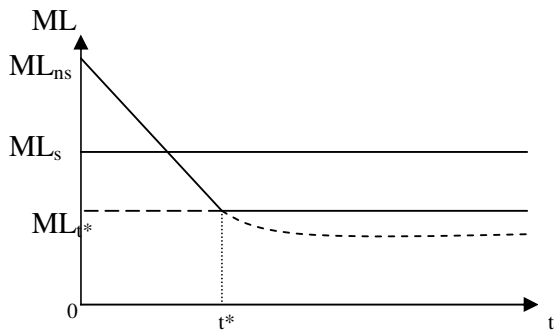


Fig.1 Modello teorico

Nel primo scenario si ipotizza che gli imprenditori agricoli di Capitanata agiscano in maniera tale da massimizzare i propri profitti senza considerare i costi esterni futuri. In questo caso sono possibili due situazioni differenti:

1. Gli imprenditori continueranno ad emungere acqua di falda fin quando (al tempo  $t^*$ ) i ricavi totali delle colture prodotte con tale risorsa eguaglieranno i ricavi totali delle colture non irrigue che possono sostituirle in campo.
2. La salinità delle acque di falda disponibili raggiungerà nel tempo un equilibrio dovuto alla differente concentrazione dell'acqua che la ricarica annualmente, degli emungimenti e dell'acqua salina che si infiltra dal mare. Quanto si raggiunge questo stadio gli imprenditori continueranno comunque ad emungere acqua ma coltiveranno colture maggiormente tolleranti alla salinità.

In altri termini, ad un dato anno, che chiameremo  $t^*$ , gli imprenditori avranno una produzione, e quindi un profitto, costante.

In pratica, l'esternalità è stata calcolata come differenza tra la somma dei valori attuali dei benefici netti ottenibili da 0 ad infinito nel caso di sfruttamento non sostenibile e sostenibile della risorsa. Nel primo caso (sfruttamento non sostenibile della risorsa), tale valore è stato ottenuto sommando due termini:

1) Somma dei benefici attuali calcolati al tempo  $t^*$  ottenibili da 0 ad infinito. La formula utilizzata per determinare questo valore è quella dell'accumulazione iniziale di annualità costanti posticipate e illimitate:

$$V_0 = \frac{a}{r}$$

A= annualità del margine lordo calcolato a tempo di equilibrio  $t^*$  ( $ML_{t^*}$ )

R= tasso di capitalizzazione (2%);

2) Somma delle differenze annuali tra il margine lordo che si ottiene utilizzando in maniera non sostenibile la risorsa idrica ( $ML_{ns}$ ) e il margine lordo calcolato a tempo di equilibrio  $t^*$  ( $ML_{t^*}$ ) nel periodo compreso tra 0 e  $t^*$ , anche in questo caso riportate all'attualità. Come suggerisce la letteratura, i singoli valori sono stati scontati utilizzando un tasso di interesse pari al 4%.

Nel secondo caso (sfruttamento sostenibile della risorsa), sono stati sommati i benefici attuali ottenibili da 0 ad infinito nel caso in cui l'acqua venga utilizzata in modo sostenibile (MLs). Anche in questo caso, è stata utilizzata la formula dell'accumulazione iniziale di annualità costanti posticipate e illimitate.

#### 4.2 Il modello di simulazione

Per simulare i due scenari proposti (quello in cui si sfrutta l'acqua di falda e quello in cui la risorsa viene utilizzata in modo sostenibile) si è utilizzato un modello territoriale di programmazione lineare, la cui risoluzione è stata realizzata attraverso il programma GAMS (Brookes et al., 1985). Per quanto riguarda l'applicazione del modello di PL, sono state seguite le seguenti fasi:

- a) Definizione della funzione obiettivo del modello di PL;
- b) Individuazione e rilevazione delle variabili del modello di partenza distinte in attività realizzabili (colture), disponibilità di risorse (terra, lavoro, disponibilità idriche) e vincoli strutturali (limitazioni dei livelli delle colture);
- c) Calibrazione del modello;
- d) Simulazioni;
- e) Iterazione dei risultati di emungimento annuali scaturiti dall'applicazione del modello con gli equilibri idrici di falda, per il calcolo delle concentrazioni saline al tempo  $t_{t+1}$  e modifica delle rese in base all'aumento della salinità.

Per quanto riguarda la prima fase l'obiettivo da massimizzare corrisponde al Margine Lordo, ovvero alla differenza tra la Produzione Lorda Vendibile ed i costi espliciti mediamente sostenuti per la realizzazione delle coltivazioni. Pertanto, il Margine Lordo è un aggregato eterogeneo dei compensi spettanti all'imprenditore concreto, al lordo delle imposte e degli ammortamenti delle strutture fisse.

$$\begin{aligned} \underset{x,v,wblock}{Max} \quad ML = & \sum_j (RCL_j * x_j) - \sum_j (x_j * \sum_i v_{i,j}) + \\ & - \sum_{wblock} pwatc_{wblock} * wtrcons_{wblock} - pwatp * wtrpozz \end{aligned}$$

dove:

**ML** è l'aggregazione dei margini lordi agricoli della Capitanata;

$x_j$  è una variabile e rappresenta gli ettari di coltura definita dal vettore  $j$  che indica le varie colture possibili

**RCL<sub>j</sub>** è un vettore definito per ogni coltura e rappresenta il reddito lordo colturale, che indica la differenza tra ricavi e costi variabili associati alla produzione, in euro per ettaro investito in quella determinata coltura;

$v_{i,j}$  voce di costo specifico  $i$  associata all'unità di attività  $j$ ;

**pwatc<sub>wblock</sub>** è la tariffa (euro/mc) associata ad ogni singolo blocco di acqua consortile richiesta, definita dal vettore  $wblock$  che specifica tali blocchi:

$$\mathbf{wblock} = \{low, mid, high\}.$$

**wtrcons<sub>wblock</sub>** è una variabile che indica la quantità di acqua (mc) di ogni singolo blocco richiesta dall'azienda al Consorzio;

**wtrpozz** è una variabile che rappresenta la quantità d'acqua (mc) emunta dalla falda, con un costo di estrazione di  $pwatp$  (euro/mc).

I vincoli considerati riguardano la disponibilità di terra, di acqua consortile e di falda e di lavoro. Inoltre si considerano dei vincoli tecnici quali le rotazioni. Tra le attività previste, sono incluse le coltivazioni maggiormente rilevanti ed incisive per l'economia della Capitanata. Le coltivazioni condotte in regime asciutto riguardano essenzialmente il grano, e la vite da vino e l'olivo gestiti in asciutto e si considera anche il maggese importante per le rotazioni colturali. Le colture irrigue, invece, comprendono la barbabietola da zucchero, il pomodoro, il broccolo, il carciofo, l'asparago, il pesce, la coltivazione da uva da tavola, e l'oliveto ed il vigneto gestiti in regime irriguo. Per quanto riguarda le risorse, si è fatto riferimento essenzialmente ai fattori più limitanti da cui dipendono le coltivazioni realizzate nell'area di studio, quali: superficie agricola utilizzata, superficie irrigabile, disponibilità di lavoro aziendale fisso ed avventizio, disponibilità idrica. Nel caso della disponibilità idrica, sono stati distinti i tre blocchi tariffari a cui sono soggetti i volumi idrici gestiti dal consorzio irriguo, e la disponibilità da acqua di falda. Per la fase di calibrazione e verifica del modello si è operato in modo empirico con un sistema di correzione dei margini lordi delle colture attivate in piano. Infine sono state condotte le simulazioni per calcolare i margini lordi utilizzando l'acqua di falda in maniera sostenibile e non sostenibile. Per quanto riguarda lo scenario non sostenibile, i risultati di emungimento sono stati utilizzati per il calcolo della variazione della concentrazione salina dell'acqua di falda considerando gli afflussi marini e la ricarica annuale di falda. La concentrazione al tempo successivo comporta una variazione di rese calcolate con il modello di Maas e Hoffman (1977). Successivamente alla variazione delle rese nel modello iniziale si procede nuovamente all'analisi fino all'individuazione di un punto di equilibrio al tempo  $t^*$  a partire dal quale i margini lordi risultano costanti.

## 4. Analisi Empirica

### 4.1 Raccolta dei dati

La raccolta delle informazioni e dei dati del modello di PL ha riguardato l'individuazione delle attività, delle risorse disponibili, e delle tecniche di coltivazione delle produzioni più rappresentative relative al territorio della Capitanata. Per quanto riguarda le superfici attuali occupate dalle principali colture, le rispettive produzioni, e la forza lavoro di tipo familiare, sono stati impiegati i dati statistici rilevati dalla Camera di Commercio della provincia di Foggia e quelli del Censimento Agricolo riferito all'anno 2000. Relativamente alle risorse, il modello considera innanzitutto il fattore di produzione "terra", il cui riferimento quantitativo è costituito dalla SAU su cui opera il Consorzio, pari a 441.500 ha, di cui 188.986 ha risultano effettivamente irrigabili. Inoltre, la manodopera familiare è stimata nell'ordine di circa 5.270 unità, da cui si prevede una dotazione di ore lavorative annua pari a 8.113.224 ore<sup>2</sup>. È anche prevista la possibilità di assumere lavoratori avventizi (al costo di 7,5 Euro/ora), la cui disponibilità non appare limitante, in quanto in gran parte proveniente da forza lavoro immigrata, la cui presenza nel territorio è consolidata e risulta abbondante. Per quanto riguarda le disponibilità di acqua irrigua, invece, il modello prevede dei volumi distinti per fonte di approvvigionamento (fornita dal Consorzio o proveniente da fonti di approvvigionamento private) e per scaglione tariffario. Per quanto riguarda l'approvvigionamento da acqua di falda, l'emungimento avviene dall'unità idrogeologica del Tavoliere, delimitata inferiormente del corso del fiume Ofanto, lateralmente dal Mare

---

2 E' stimato un carico per unità lavorativa pari a 220 giorni in anno, per un numero medio di 7 ore al giorno.

Adriatico e dall'arco collinare dell'Appennino Dauno, superiormente dal basso corso del fiume Saccione e dal corso del Torrente Candelaro. L'estensione dell'acquifero coincide pressappoco con l'area di studio considerata. Per il calcolo dei prelievi annui ad uso agricolo sono stati considerati i fabbisogni irrigui delle colture in campo come media tra gli anni 2004-2006 (dati Consorzio di Bonifica della Capitanata) a cui sono stati sottratti gli apporti idrici dell'acqua in pressione e gli emungimenti degli opifici della zona (dati Piano di tutela delle acque, regione Puglia, 2007). L'acqua di falda viene utilizzata in modo sostenibile se si preleva una quantità di risorsa pari alla ricarica annuale di falda; uno studio richiesto della Regione Puglia calcola questa quantità facendo ricorso alla tecnica del bilancio idrogeologico<sup>3</sup>. Per quanto riguarda il volume di acqua gestito dal Consorzio, si distinguono tre intervalli volumetrici, a cui corrispondono altrettante tariffe crescenti:

- 100.017.350 mc: alla tariffa di 0,09 Euro/mc;
- 506.010.00 mc: alla tariffa di 0.18 Euro/mc;
- 10.000.000 mc: alla tariffa di 0.24 Euro/mc.

I dati relativi a tecniche colturali, rese medie, prezzi di mercato delle produzioni, costi espliciti ed impliciti per l'acquisto dei mezzi di produzione, sono stati adattati quelli pubblicati da Noviello e Nardella (2006), in cui si fa riferimento a tecniche di produzione ormai praticamente standardizzate, tenendo conto di strutture agricole, dotazioni di fattori della produzione e di capacità imprenditoriale mediamente presenti nel territorio oggetto di studio.

#### 4.2 Risultati

I risultati empirici della ricerca forniscono un'indicazione importante sia per analisi sulle colture messe in campo nei diversi scenari, sia per la stima dell'esternalità dovuta al sovrautilizzo dell'acqua di falda per l'irrigazione.

Per quanto riguarda le produzioni (Tab.1), è da osservare che gli ordinamenti colturali non risultano eccessivamente differenti in quanto, nella zona, si utilizza prevalentemente acqua in pressione fornita dal consorzio.

Tab.1 Risultati delle produzioni

	Piano iniziale (ha)	Scenario sostenibile (% rispetto agli ha del piano iniziale)	Piano Finale al tempo t*(% rispetto agli ha del piano iniziale)
Grano	317420	101	104
Maggese	72205	101	107
Pomodoro	28000	100	100
Bietola irrigua	8400	100	80
Carciofo	8000	80	66
Vite irrigua	9862	100	0
Uva da tavola	4615	0	0
Olivo irriguo	-	-	(21000 ha)
Olivo non irriguo	21000	100	0

Tuttavia all'aumentare della salinità dell'acqua di falda si nota un maggiore investimento della terra con colture non irrigue e , inoltre, si favoriscono coltivazioni maggiormente tolleranti quali bietola da zucchero, carciofo e ulivo. Nel piano complessivo non rientra ad alti livelli di salinità un'altra specie tollerante quale l'asparago, probabilmente per

<sup>3</sup> Piano di tutela delle acque: [www.regione.puglia.it](http://www.regione.puglia.it)

alcune esemplificazioni del modello; tuttavia è da sottolineare che la produzione di questa ortiva potrebbe divenire interessante in aree specifiche.

La stima dell'esternalità dovuta al sovrautilizzo dell'acqua di falda è pari a 3.274.698.620 € corrispondente a 48.435 €/ha. Questo valore fornisce un'importante indicazione circa la rilevanza economica della problematica. Da questo risultato è possibile valutare l'importo medio annuo di un'eventuale tassa ambientale finalizzata all'internalizzazione dell'esternalità negativa: nel nostro caso questo corrisponde a 968 €/ha ogni anno.

## **5. Riflessioni conclusive**

Come è stato mostrato dallo studio, esistono diverse esternalità ambientali sia positive che negative legate all'utilizzo dell'acqua per usi irrigui. È importante sottolineare che, siccome queste esternalità dipendono dalle specifiche caratteristiche del suolo e del territorio, per gestire al meglio le risorse idriche occorre considerare le peculiarità del contesto di riferimento.

La scelta di analizzare le problematiche connesse all'eccessiva concentrazione salina nelle acque di falda è scaturita da un'accurata analisi preliminare dell'area oggetto di studio. Come si evince dalla letteratura, infatti, l'attività agricola in alcune aree del mediterraneo è fortemente condizionata dall'eccessiva salinità delle acque sotterranee.

Dall'analisi si evince che, visto il notevole costo dell'esternalità, per una gestione più efficiente della risorsa idrica sotterranea occorre istituire chiaramente diritti di proprietà sui prelievi ed effettuare controlli al fine di assicurare un'emungimento sostenibile dalla falda. Le indagini sulle coltivazioni e le attuali metodologie GIS delle aree considerate potrebbero essere uno strumento efficace per assicurare la vigilanza circa l'uso corretto della risorsa.

La stima effettuata mostra evidentemente la rilevanza economica dell'esternalità considerata. Uno studio successivo potrebbe analizzare il problema dell'eccessivo emungimento di acqua sotterranea in specifiche sottoaree, omogenee rispetto a peculiarità pedo-climatiche e a problemi di sensibilità alla salinizzazione, considerando, inoltre, le tematiche riguardanti il rischio dell'imprenditore e i cambiamenti climatici che possono influenzare la quantità e qualità sia delle risorse idriche di falda che di quelle distribuite dal consorzio.

## **Bibliografia essenziale**

EEA, 1999, "Sostenibile use of water", european environmental agency, Copenagen.

FAO water report, 2004 "Economics valuation of water resource in agriculture" from a sectorial to a functional perspective of natural resource management, Rome.

INEA, 2002, Stato dell'irrigazione in Puglia.

INEA, 2000, Annuario all'agricoltura italiana – Volume LIII, 1999, Roma;

ISTAT, 1991, Statistiche delle acque, Roma.

Jacobs, C.; de Jong, J.; Mollinga, P.P. and Bastiaanssen, W.G.M. (1997) Constraints and opportunities for improving irrigation management in a water scarce but waterlogged area in Haryana, India. In de Jager, J. M., Vermes, L and Ragab, R. (eds) Sustainable Irrigation in Areas of Water Scarcity and Drought, Oxford: International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)

Mukhtar M, Herrel N, Felix P, Amarasinghe, Ensink J, Van der Hoek W, Konradsen F., 2002, "Malaria vectors in relation to Irrigation in an area of the South Punjab, Pakistan." in "Malaria in Irrigated Agriculture", Boelee E, Konradsen F, van derHoek W. Papers and abstracts special seminar at the ICID 18<sup>th</sup> International Congress on Irrigation and Drainage, Montreal, 23 July 2002.

Murray-Rust, Hammond, Iskandar Abdullaev, Mehmood ul Hassa, and Vila Horinkova, 2003, "Water Productivity in the Syr-Darya River basin". Colombo, Sri Lanka: International Water management Institute(IWMI), Research Report #67

Paris Q., 2001, "Symmetric positive equilibrium problem: a framework for rationalizing economic behaviour with limited information". American Journal of Agricultural Economics 83 (4)

Parlamento Europeo e Consiglio Europeo, 2000, Direttiva 2000/60/CE del 23 Ottobre

Rosegrant M., X .Cai, S. Cline, 2002, "World Water and Food to 2025, Dealing with Scarcity" International Food Policy Research Institute, International Water Management Institute

Siamwalla, Ammar, 1997, 'The Relationship between Trade and Environment, With Special Reference to Agriculture.' In S.A. Vosti and T. Reardon (eds.) Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Turner R.K., Dubourg W.R., 1993, Water Resources Scarcity: an Economic Perspective, CSERGE Working Paper 93-06, University of East Anglia, Norwich, GB.

World Bank, 1993, Water Resources Management: a world bank policy paper.

Zilberman D, K Schoengold – 2005, Canadian Water Resources Journal, "The Use of Pricing and Markets for Water Allocation"