



DOTTORATO DI RICERCA IN ECONOMIA E TERRITORIO - XXII CICLO

Raggruppamento Scientifico/Disciplinare AGR/01

***I costi operativi per la distribuzione dell'acqua a scopo irriguo.
Un'analisi empirica con una forma funzionale flessibile.***

Coordinatore

Prof. Alessandro Sorrentino

Tutor

Prof. Gabriele Dono

Dottorando

Dott. Luca Giraldo

A.A. 2008/2009

Sommario

1. Introduzione.....	4
2. Antecedenti e Obiettivi	5
2.1 Antecedenti	5
2.2 Obiettivi della tesi	10
3. Area di studio.....	12
3.1 Area di studio: il Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano	12
3.2 Cenni storici	13
3.3 Attività del Consorzio di Bonifica.....	16
3.4 Irrigazione	16
4. Fondamenti teorici	23
Parte I. La produzione	24
4.1.1 Attività produttiva	24
4.1.2 La funzione di costo	25
4.1.3 Proprietà della funzione di costo	26
Parte II. La tariffazione dell'acqua irrigua	31
4.2.1 La domanda derivata per l'acqua irrigua	31
4.2.2 Fornitura dell'acqua irrigua.....	36
4.2.3 Domanda ed Offerta: Tariffazione efficiente dell'acqua	39
4.2.4 Una panoramica dei sistemi di tariffazione e loro implementazione.....	42
4.2.5 Recupero dei costi ed equità.....	48
4.2.6 Qualità dell'acqua e considerazioni intertemporali.	50
4.2.7 Principali criteri per la tariffazione.....	51
Parte III. La concorrenza nelle aziende pubbliche	53
4.3.1 Massimizzazione del profitto	54
4.3.2 Massimizzazione della dimensione	55
4.3.3 Massimizzazione dello spreco	55
4.3.4 Il Servizio Irriguo	58
4.4 Conclusioni.....	60
5. Metodologia	62
5.1 La letteratura economica sulle tariffe e i costi della distribuzione idrica	62
5.2 Funzioni flessibili.....	63
5.3 Caratteristiche principali della funzione <i>translog</i>	67
5.4 Modello econometrico.....	70
5.5 Elasticità e ritorni di scala	71

6. Modelli e risultati	74
6.1 Struttura dei modelli.....	74
6.2 Modello 1: Tutto il sistema di distribuzione.....	77
6.3 Modello 2: Distinzione del sistema di distribuzione	82
6.4 Modello 3: Distinzione delle Tecnologie di distribuzione.....	88
7. Discussione dei risultati	93
8. Conclusioni	99

Capitolo 1

Introduzione

La consapevolezza della scarsità delle risorse idriche è in continuo aumento: l'interesse verso questa problematica si manifesta anche attraverso le riforme legislative del settore idrico al livello locale, nazionale ed internazionale. In agricoltura l'acqua è spesso un fattore produttivo limitante e soggetto a frequenti ed importanti periodi di scarsità, che incentiva una forte competizione per il suo impiego anche tra diversi settori, sia industriali che urbani. Avvalendosi del principio che l'uso familiare dell'acqua debba prevalere su quello produttivo, le Pubbliche Amministrazioni tendono a razionalizzarne l'utilizzo agricolo, attraverso consorzi per la gestione delle fonti d'acqua. Tuttavia, esiste ancora una forte necessità di calibrare la gestione delle risorse idriche a scopo irriguo, per perseguire obiettivi di natura economica e politica che riguardano la riduzione degli sprechi e l'allocazione efficiente. A fianco all'efficienza, poi, dovrebbe correre parallelamente anche il concetto di equità redistributiva, ambito che l'analisi economica non affronta concretamente perché richiede delle valutazioni di natura soggettiva e di cui la politica dovrebbe invece interessarsi. Il problema della gestione della risorsa idrica è reso ancora più rilevante e attuale dalle recenti osservazioni e teorie sul cambio climatico globale. Si prospettano scenari futuri con scarsità dell'acqua in aumento, aggravati da un deterioramento della sua qualità, dovuto alla crescente concentrazione salina e ad un preoccupante livello di contaminazione. In questo contesto, la struttura aziendale del settore agricolo italiano è per lo più composta da aziende piccole o piccolissime, realtà che necessita di uno specifico sviluppo della gestione delle risorse, non propriamente in linea con i criteri dei Paesi che invece possiedono settori agricoli meno frammentati e con economie di scala di ben diversa entità.

Una prima e importante difficoltà nasce dall'uso normativo del concetto di efficienza, in un'ottica di recupero dei costi. E' quindi d'interesse lo studio dei costi legati all'uso della risorsa idrica in agricoltura, per comprendere meglio in che direzione sarebbe opportuno spingere le politiche di gestione dell'acqua per il raggiungimento degli obiettivi comunitari e, più in generale, di traguardi di efficienza economica più sostenibili.

L'analisi dei temi economici riguardanti l'uso dell'acqua in agricoltura può anche fornire risultati utili per l'affinamento degli obiettivi e delle leggi. Ad esempio, è importante specificare che l'implementazione del recupero costo pieno non determini che in varie circostanze, gli agricoltori si trovino a pagare le inefficienze dei sistemi che gestiscono i servizi idrici.

Lo studio esistente in letteratura sulla gestione dell'acqua irrigua riguarda prevalentemente il consumo idrico da parte delle aziende agricole, focalizzandosi quindi sulla domanda di acqua irrigua. Tuttavia, per una corretta e consapevole gestione delle risorse idriche, è necessaria anche un'analisi degli aspetti economici legati alla fornitura del servizio irriguo. Infatti, la conoscenza delle caratteristiche sia della domanda che dell'offerta del servizio irriguo permette di comprendere gli effetti che determinati interventi avranno sui benefici netti associati a tale servizio. E' sulla comprensione di questi aspetti della distribuzione dell'acqua a scopo irriguo che si incentra il lavoro di questa tesi. Per realizzare questo studio, è stata presa in esame l'area servita da un consorzio di bonifica e irrigazione in Sardegna. Tale scelta è da ritenersi interessante, giacché i sistemi di distribuzione dell'acqua irrigua e i metodi di tariffazione adottati da questo consorzio sono tra i più praticati in Italia e nell'area del Mediterraneo. Pertanto, le caratteristiche di questa area permettono di estendere le conclusioni del lavoro per considerazioni più generali. Attraverso un'approfondita ricostruzione delle tecnologie distributive e dei dati economici e tecnici, sono stati prodotti i dati per poter costruire un modello dei costi operativi della distribuzione irrigua. Il lavoro di raccolta dati ha permesso di comprendere come la realtà dei consorzi irrigui sia molto variegata e diversificata. A tal proposito, infatti, non va trascurato che nel corso degli anni le strutture consortili hanno operato delle ristrutturazioni, sia dal punto di vista organizzativo che tecnico. E' quindi auspicabile comprendere come queste ristrutturazioni hanno modificato le economie e le efficienze dei consorzi irrigui e quanto spazio può ancora sussistere per un ulteriore miglioramento di queste condizioni. All'interno dello stesso comprensorio, difatti, coesistono strutture molto diverse per la distribuzione dell'acqua irrigua che sono il risultato del processo di ammodernamento differenziato e disomogeneo dei vari distretti irrigui. L'approccio metodologico utilizzato è quello basato sulla funzione di costo logaritmica trascendente (*translog*), già ampiamente utilizzato in altre aree di studio dell'economia applicata, soprattutto nell'analisi dell'efficienza e nella valutazione del progresso tecnologico. Le forme funzionali flessibili, tra le quali appunto la *translog*, sono da molti anni le più impiegate per le analisi

parametriche empiriche della produzione e, con ogni probabilità, tra le più adeguate. In questo lavoro sono stati sviluppati 7 modelli econometrici con 3 diversi gradi di dettaglio nella specificazione della tecnologia. Questa differenziazione è stata utile per comprendere come alcuni aspetti peculiari dei diversi sistemi di distribuzione dell'acqua possano essere presi in considerazione nelle politiche di tariffazione dell'acqua irrigua. I risultati ottenuti dalle stime delle funzioni *translog* sono molto interessanti per lo sviluppo di una discussione che riguarda i criteri di tariffazione dell'acqua irrigua e su quali aspetti deve focalizzarsi la misurazione del servizio irriguo fornito dai consorzi. Possono esistere delle discrepanze tra i criteri sui quali si basano i pagamenti degli agricoltori per l'acqua irrigua e gli elementi che determinano i costi di distribuzione dell'acqua: ciò può portare a problemi di bilancio dei consorzi e ad un impiego sub-ottimale delle strutture per la distribuzione dell'acqua, oltre che ad un uso inefficiente delle risorse idriche.

Il Capitolo 2 darà informazioni sul quadro legislativo che riguarda il settore idrico, considerando come riferimento la Direttiva Quadro sulle Acque. Anche se gli obiettivi della Direttiva sono principalmente di natura ambientale e sulla qualità dell'acqua, essa individua i criteri economici da applicare nell'uso delle risorse idriche e gli strumenti da adottare per ottenere una loro allocazione efficiente. Saranno quindi presentati gli obiettivi di questa tesi, incentrati sulla conoscenza dei costi operativi della distribuzione dell'acqua a scopo irriguo, come mezzo per la comprensione della tecnologia produttiva del servizio irriguo. Si cerca di capire come possa essere definito e misurato il servizio d'irrigazione che i Consorzi forniscono alle aziende agricole. Lo studio della funzione di costo fornisce anche utili informazioni sulle elasticità dei costi agli output e permette di fare delle considerazioni sui ritorni di scala di breve periodo delle strutture consortili per la distribuzione dell'acqua irrigua.

Il Capitolo 3 presenta l'area di studio, che verte sul Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano, in Sardegna. Oltre ad una prima descrizione strutturale e una ricostruzione della storia che ha portato alla nascita della configurazione attuale del Consorzio, si fornisce una descrizione del funzionamento e delle attività che questo Ente Pubblico svolge sul territorio.

Seguono, nel Capitolo 4, le basi teoriche sulle quali si fonda l'analisi. Questo capitolo è diviso in tre parti: la prima parte è un'introduzione alla teoria della produzione, dove si evidenzia l'utilità dello studio della funzione di costo per la comprensione delle

tecnologie produttive; la seconda parte riguarda invece la teoria economica sulla gestione delle risorse idriche per l'agricoltura, nella sua versione più ampiamente accettata e completa; infine la parte terza puntualizza alcune differenze teoriche tra il comportamento delle imprese private e delle aziende pubbliche e fornisce le motivazioni sulla plausibilità delle assunzioni fatte, per la validità dell'analisi economica realizzata.

Il Capitolo 5 riprende lo studio delle funzioni di costo, scendendo nel dettaglio delle funzioni flessibili. Dopo una prima discussione teorica, ci si concentra sulla funzione *translogaritmica trascendente*, utilizzata nello sviluppo dei modelli econometrici su cui si fonda l'analisi. Sono stati sviluppati 7 modelli che affrontano la problematica con diversi livelli di dettaglio, partendo da un modello generale che rappresenta la struttura dei costi operativi di breve periodo di tutto il Consorzio, per poi scendere nel dettaglio delle diverse tecnologie di fornitura dell'acqua, attraverso un'analisi specifica delle reti di distribuzione.

La descrizione dettagliata dei modelli e dei risultati ottenuti si trova nel Capitolo 6, che contiene anche molte riflessioni sul significato economico di quanto è emerso. Il servizio idrico è un output complesso che i Consorzi forniscono agli agricoltori e misurarlo soltanto attraverso i volumi d'acqua erogati è chiaramente insufficiente. Esistono anche altri aspetti associati alla fornitura dell'acqua irrigua, come le perdite di rete, che stimolano una discussione per l'attribuzione dei costi relativi a questa quota “non utilizzata” della risorsa idrica. I risultati rivelano poi che le strutture dei consorzi destinate alla distribuzione dell'acqua irrigua non sono dimensionate propriamente e potrebbero esserci dei guadagni di efficienza nella gestione di breve periodo attraverso la pianificazione delle attività agricole.

Infine, il Capitolo 7 è un riepilogo di tutti i risultati conseguiti durante lo studio e delle considerazioni fatte nei successivi momenti dell'indagine. Si conclude, nel Capitolo 8, con indicazioni di natura politica come apporto conoscitivo per i futuri dibattiti sulla legislazione in materia di gestione delle acque a scopo irriguo.

Capitolo 2

Antecedenti e obiettivi

Gli obiettivi fondamentali della gestione delle risorse idriche sono dettati dalla WFD. E' quindi opportuno iniziare l'analisi dei problemi del settore esaminando le indicazioni basilari di questa norma. In particolare, anche se gli obiettivi della Direttiva sono principalmente di natura ambientale e sulla qualità dell'acqua, essa individua i criteri economici da applicare nell'uso delle risorse idriche e gli strumenti da adottare per ottenere una loro allocazione efficiente.

La discussione di questi obiettivi della WFD, con il richiamo importante al recupero dei costi e all'uso efficiente della risorsa idrica, permette di delineare meglio anche gli obiettivi di questa tesi. In particolare, in questo capitolo si mostra che un primo obiettivo è una stima di una funzione di costo operativo della distribuzione dell'acqua irrigua che permetta di definire e misurare il servizio d'irrigazione che i Consorzi forniscono alle aziende agricole. Lo studio della funzione di costo fornisce anche utili informazioni sulle elasticità dei costi agli output e permette di valutare la condizione generale di efficienza economica in cui opera il sistema e i ritorni di scala di breve periodo che si possono guadagnare modificando il livello di attività delle strutture consortili.

2.1 Antecedenti

In molte aree agricole italiane, la risorsa idrica è un fattore produttivo limitante e soggetto a frequenti ed importanti periodi di scarsità, che incentiva una forte competizione per l'uso dell'acqua anche tra diversi settori industriali e urbani: questo fenomeno induce le Pubbliche Amministrazioni a razionalizzarne l'utilizzo agricolo, attraverso consorzi per la gestione delle fonti d'acqua. La crescente consapevolezza dell'aumento della scarsità delle risorse idriche ha reso necessario un processo di riforma legislativa del settore idrico. Il processo di riforma in Italia è iniziato con la Legge Galli (36/1994), ma non ha ancora trovato delle adeguate norme di applicazione. In seguito, poco dopo l'emanazione del Decreto Legislativo 152/99, riguardante in particolare la tutela della qualità delle acque, la Direttiva Quadro Europea sulle Acque (2000/60/EC) ha identificato come principali obiettivi della gestione pubblica delle risorse idriche, la tutela della loro qualità ambientale

e il loro utilizzo efficiente. A proposito di quest'ultimo obiettivo, la Direttiva esprime delle indicazioni in merito alla tariffazione dell'acqua, che dovrebbe essere legata direttamente al volume consumato dall'utilizzatore della risorsa: tale criterio di pagamento stimolerebbe, infatti, un uso efficiente della risorsa idrica. Riguardo al livello di prezzo al quale l'acqua dovrebbe essere pagata dagli utilizzatori, si richiama il concetto di recupero del costo pieno. La Direttiva richiede di inserire nel calcolo del costo pieno, oltre che i costi totali della distribuzione dell'acqua (gestione + costi fissi), anche i costi delle risorse e vari costi esterni, come quelli sociali e ambientali. In questo quadro, i Consorzi d'irrigazione e bonifica, che gestiscono gran parte della distribuzione irrigua del nostro Paese, si trovano spesso in una situazione non chiara sulla scelta degli schemi di pagamento e sulle tariffe da applicare. La situazione diviene più complessa nel caso in cui alcuni di essi distribuiscano acqua prelevata da impianti per usi plurimi e non solo agricoli.

La Direttiva (WFD) ha lo scopo di istituire un quadro condiviso a livello europeo per l'attuazione di una politica, sostenibile a lungo termine, di uso e di protezione per tutte le acque interne, per le acque di transizione e per le acque marino costiere. Ha introdotto l'idea fondamentale che l'acqua è al tempo stesso un bene sociale ed anche economico ed affronta il problema della gestione delle risorse idriche in modo ampio e variegato. Infatti, pone questioni sul recupero dei costi associati all'uso dell'acqua, come anche aspetti ambientali, e si occupa di stimolare la crescita dei meccanismi che possono rendere l'uso della risorsa più efficiente. La gestione e i programmi di protezione delle risorse idriche sono riferiti all'unità territoriale costituita dal bacino idrografico o dal distretto di bacini, nel caso di bacini idrici di modeste dimensioni. Sono definiti gli obiettivi ambientali per ogni tipologia di corpo idrico, che costituiscono gli obiettivi dei piani di bacino, da conseguire a scadenze prestabilite: tutti i corpi idrici significativi devono raggiungere un buono stato ambientale entro il 2016. A tal fine è stato inserito il principio del recupero dei costi dei servizi idrici, già introdotto in Italia con la Legge Galli 36/94, attivando l'analisi economica degli usi della risorsa idrica e riprendendo il principio "chi inquina paga". Entro il 2010 le politiche dei prezzi dell'acqua devono:

- ... incentivare l'utilizzatore delle risorse idriche ad attivare misure di risparmio e di riuso e contribuire così alla realizzazione degli obiettivi ambientali;
- ... adeguare il recupero dei costi dei servizi idrici a carico dei vari settori di impiego dell'acqua, suddivisi almeno in industria, famiglie e agricoltura, tenendo conto del principio "chi inquina paga" (art. 9).

Gli Stati membri sono tenuti a riferire alla Comunità circa le azioni previste per il recupero dei costi ed eventualmente delle motivazioni che non lo hanno determinato.

L’emanazione della WFD ha suscitato non poche reazioni dal mondo politico, scientifico e tecnico, tanto che si è resa necessaria la realizzazione di una serie di documenti che chiarissero molti dei principi introdotti dalla Direttiva stessa. I principali rapporti sulle linee guida per gli aspetti economici dell’implementazione della WFD sono stati redatti dal gruppo WATECO.

L’articolo 9 paragrafo 1 della WFD dice: *Gli Stati membri tengono conto del principio del recupero dei costi dei servizi idrici, compresi i costi ambientali e relativi alle risorse, prendendo in considerazione l'analisi economica effettuata in base all'allegato III e, in particolare, secondo il principio «chi inquina paga».* L’allegato III, citato, dice: *L'analisi economica riporta informazioni sufficienti e adeguatamente dettagliate (tenuto conto dei costi connessi alla raccolta dei dati pertinenti) al fine di:*

- a) effettuare i pertinenti calcoli necessari per prendere in considerazione il principio del recupero dei costi dei servizi idrici, di cui all'articolo 9, tenuto conto delle previsioni a lungo termine riguardo all'offerta e alla domanda di acqua nel distretto idrografico in questione e, se necessario:*
 - stime del volume, dei prezzi e dei costi connessi ai servizi idrici,*
 - stime dell'investimento corrispondente, con le relative previsioni;*
- b) formarsi un'opinione circa la combinazione delle misure più redditizie, relativamente agli utilizzi idrici, da includere nel programma di misure di cui all'articolo 11 in base ad una stima dei potenziali costi di dette misure.*

L’ampiezza delle definizioni e la generalità degli obiettivi di quanto riportato hanno generato molto dibattito circa quali costi dovesse coprire il prezzo dell’acqua. In documenti successivi si spiega che il prezzo dell’acqua deve coprire tutti i costi che sono associati al suo uso, e che ogni utilizzatore deve pagare in base a quanta acqua effettivamente utilizza (WATECO, 2003).

Basandosi sul lavoro svolto dal gruppo WATECO e su quello di altri autori si possono classificare i costi associati ai servizi idrici come in Figura 2.1 (Assimacopoulos, 2002) (Massarutto, 2002).

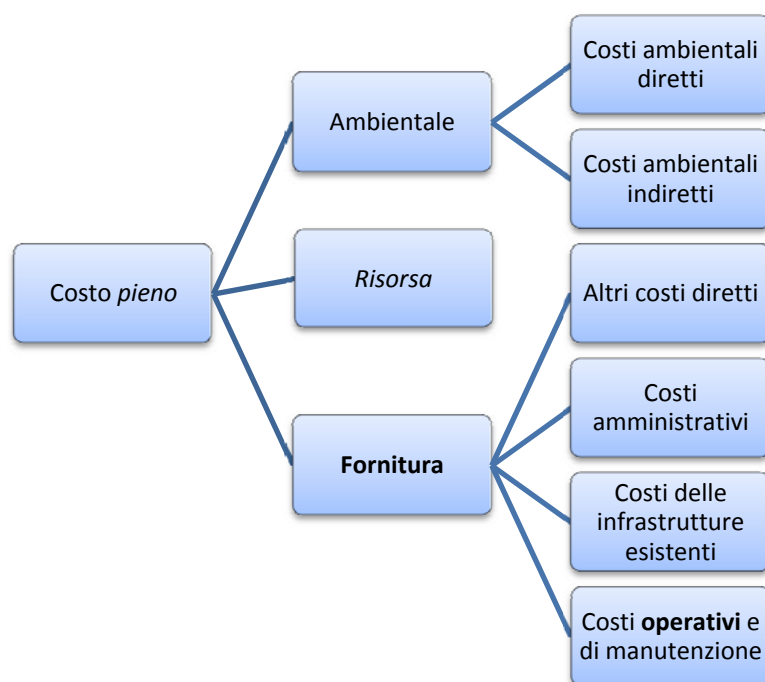


Figura 2.1. Struttura dei costi associati all'uso dell'acqua

La WFD e i documenti che la seguono, suggeriscono di strutturare il recupero dei costi con tariffe esplicitamente legate alla tipologia di servizio di cui si stanno recuperando i costi. In questo modo, l'utilizzatore dell'acqua ha la consapevolezza che la tariffa che paga serve per coprire determinati costi associati al suo uso della risorsa. Perciò, ogni classe di costo dovrebbe essere specificata sulla base di un'analisi economica, che definisca il più appropriato metodo di tariffazione che ne permette la copertura.

In molti casi questo compito non è banale. Infatti, spesso l'utilizzatore delle risorse idriche non è immediatamente identificabile, sia per motivi legati all'inquinamento non puntuale, sia perché i benefici derivanti dall'uso delle risorse idriche in ambiti produttivi ricadono su aree non perfettamente delimitate e ponderate. E' evidente che la comprensione, ancor prima della valutazione, dei costi associati ai servizi idrici è molto complessa e altrettanto indefinita in alcuni aspetti. La WFD chiede anche il recupero dei costi "associati alla risorsa", ma non è molto chiaro se debbano intendersi come costi opportunità dell'uso della risorsa o se invece si riferiscano al fatto che il deterioramento della sua qualità trasforma l'acqua in una risorsa non rinnovabile e che quindi si tratta di uno stock che si sta esaurendo. Questo punto pone delle questioni profonde ed etiche sul significato dell'acqua e sui principi che riguardano anche l'equità. Molti ritengono che

questa componente di costo non abbia di fatto alcun riscontro tangibile per poter essere valutata.

Quando ci si riferisce al settore agricolo, spesso si considera che il metodo di tariffazione da adottare dovrebbe essere concepito in modo da legare i pagamenti ai volumi di acqua consumati. Si ritiene che in questo modo ci sia uno stimolo economico all'uso efficiente delle risorse idriche. Tuttavia, in agricoltura questo sistema non è molto adottato, principalmente perché comporta degli elevati costi d'implementazione, relativi all'installazione dei contatori d'acqua. Inoltre, molte tipologie di rete di distribuzione rendono complessa l'introduzione dei contatori nelle esistenti strutture. L'applicazione di questo metodo, poi, lascia comunque dubbi su come gestire la tariffazione delle risorse sotterranee che, spessissimo, sono prelevate attraverso pozzi privati. Recenti lavori mostrano che in queste condizioni la tariffazione volumetrica dell'acqua fornita dalle strutture collettive dei consorzi di bonifica, possa determinare degli inconvenienti rispetto agli obiettivi stessi della WFD. In particolare, un aumento dei prezzi quest'ultima risorsa, giustificato dalla necessità di recuperare i costi del Consorzio, può spingere gli agricoltori ad accentuare l'uso dell'acqua di falda, determinandone quello sfruttamento eccessivo che la stessa WFD vorrebbe impedire (Dono, Giraldo, & Severini, 2010).

Naturalmente la WFD non determina degli obblighi assoluti sugli strumenti da adottare per raggiungere i suoi obiettivi. Infatti, nonostante sia stato adottato un documento per una strategia comune per l'attuazione della WFD, intitolato "A common strategy on the implementation of the WFD" (2001), la responsabilità e la competenza per la sua attuazione spettano pur sempre ai singoli Stati membri, secondo il principio generale stabilito dall'art. 249 comma 3 del Trattato CE. In altre parole la Direttiva vincola lo Stato membro sul risultato da raggiungere, ma resta salva la competenza degli organi nazionali in merito alla forma e ai mezzi.

Il recepimento della WFD in Italia è avvenuto con il D. L. 152/06, e le successive modifiche e integrazioni, ma solo con le recenti disposizioni di legge si stanno ponendo le basi per dare risposta alle richieste dell'Unione Europea per il settore delle acque, a partire dai recenti Piani di Gestione di Distretto.

2.2 Obiettivi della tesi

In un tale quadro normativo, è necessaria un'analisi dettagliata della struttura dei costi e questo lavoro si focalizza sulla componente di costi di fornitura *operativi* dell'acqua a scopo irriguo e cerca di comprenderne la struttura e le dinamiche.

L'obiettivo è di giungere ad una stima delle funzioni di costo totale, medio e marginale con cui opera il sistema e valutare, così, se esso sta operando con le dimensioni che ne minimizzano gli oneri da attribuire agli agricoltori. In altre parole, si vuole capire se il sistema opera in condizioni di efficienza economica oppure se, per problemi di carenza della risorsa idrica, di sovra dimensionamento degli impianti o di riduzione della domanda agricola, non stia funzionando con assetti economici inefficienti. In tale caso, una politica di recupero dei costi deve porsi il problema se sia equo attribuire agli agricoltori anche oneri che sono generati da condizioni di inefficienza che non dipendono dalle loro scelte, ma piuttosto da quelle di infrastrutturazione, gestione e pianificazione territoriale dell'acqua.

Un primo esempio di questo problema riguarda le scelte relative ai sistemi di distribuzione, per cui non sono certo gli agricoltori di un territorio a decidere se il sistema debba essere basato su una tecnologia a canalette, a bassa pressione o ad alta pressione. Eppure, se varia il livello della fornitura idrica, questi sistemi si allontanano in misura diversa dal minimo dei costi medi e quindi, se si tenta di recuperare a pieno il costo della distribuzione, generano aggravi di inefficienza economica di entità diversa. Un altro esempio riguarda le scelte di allocazione di una risorsa idrica comune tra settori diversi. E' evidente che in momenti di scarsità idrica, l'acqua di dighe ad uso plurimo venga preferibilmente impiegata a favore dell'uso idro-potabile, o possa essere spostata in altri territori che soffrono maggiormente la condizione di scarsità. La minore disponibilità idrica comporta la riduzione dei volumi forniti attraverso il sistema distributivo che lo allontana dalle condizioni di utilizzo efficiente della struttura che ne minimizzano i costi medi. Ancora un esempio dello stesso problema riguarda gli effetti dei cambiamenti climatici che, con l'aumento dell'instabilità delle precipitazioni e la loro riduzione assoluta, riducono l'entità degli accumuli idrici nelle dighe e quindi anche la disponibilità d'acqua per l'agricoltura. Di nuovo, questo può allontanare il sistema dalle condizioni di utilizzo efficiente delle strutture distributive e accresce gli oneri a carico degli agricoltori associati ad una politica di recupero del costo pieno.

In sostanza, per un servizio della distribuzione idrica che assume la caratteristica di monopolio naturale, ci si chiede se gli agricoltori, che devono pagare i servizi irrigui in base all'acqua che consumano, debbano anche farsi carico di eventuali inefficienze economiche della gestione e pianificazione delle risorse idriche. Per rispondere a questo quesito appare utile avere una misura delle entità di queste eventuali inefficienze che può essere fornita da una stima accurata delle funzioni di costo della distribuzione idrica.

Il lavoro di questa tesi è svolto limitandosi all'analisi dei costi operativi della distribuzione, nella consapevolezza che la stessa Direttiva identifica tipologie diverse di costo di cui tener conto. Tuttavia, molte sono le difficoltà nella valutazione di questi altri costi, al punto che sorgono dei dubbi sulla praticabilità delle indicazioni della Direttiva quando il recupero del costo pieno volesse includere anche aspetti ambientale o eventuali costi opportunità.

Capitolo 3

Area di studio

Per svolgere una stima dei costi della distribuzione idrica è necessario disporre di dati dettagliati dei sistemi che forniscono questo servizio. In questo studio si è deciso di utilizzare le informazioni relative al sistema della distribuzione idrica gestito dal Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano, in Sardegna.

E' stata scelta l'area del Campidano di Oristano giacché i sistemi di distribuzione dell'acqua irrigua e i metodi di tariffazione adottati da questo consorzio sono tra i più praticati in Italia e nell'area del Mediterraneo. Pertanto, le caratteristiche di questa area permettono di estendere le conclusioni del lavoro per considerazioni più generali.

Nelle pagine seguenti, è fornita una ricostruzione della storia che ha portato alla nascita della configurazione attuale del Consorzio e una descrizione della struttura distributiva utilizzata per la distribuzione della risorsa irrigua. Grazie a questa si potrà rilevare che il servizio è prodotto in diverse zone del territorio utilizzando sistemi con caratteristiche tecnologiche molto diverse tra loro, per le quali, evidentemente, una gestione che segue criteri univoci potrebbe risultare inadeguata.

Inoltre, per comprendere il ruolo di questo Ente sul territorio, viene presentata una descrizione del suo funzionamento e delle attività che questo svolge.

3.1 Area di studio: il Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano

L'area di studio è quella del Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano, nella provincia di Oristano in Sardegna. Questo consorzio ad oggi è accorpato con il Consorzio di Bonifica della Piana di Terralba e Arborea ed insieme costituiscono il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese, di secondo grado.

Il consorzio di bonifica è un ente pubblico di coordinamento e controllo sulle attività che riguardano l'intervento pubblico e privato sulla bonifica del territorio del quale hanno la competenza. Generalmente le attività riguardano la sicurezza idraulica, la partecipazione ad opere urbanistiche, la tutela del patrimonio ambientale ed anche la

gestione delle acque destinate all'irrigazione. I consorziati che lo amministrano sono i proprietari degli immobili compresi nell'area di competenza del consorzio. Tra i consorziati viene eletto un consiglio di amministrazione composto sempre da proprietari di immobili dell'area, che, a sua volta, elegge un presidente. L'istituzione dei Consorzi di Bonifica risale almeno all'inizio del secolo scorso ed erano già previsti nel Regio Decreto 368 dell'8 maggio 1904.

In Italia il servizio irriguo viene erogato principalmente attraverso i Consorzi di Bonifica e Irrigazione, che si occupano della gestione e della distribuzione del 52,6% dell'acqua a scopo irriguo, per il 40,4% delle aziende agricole (INEA, 2000); la superficie dei consorzi di bonifica in Italia copre circa il 59% di tutto il territorio nazionale (ANBI, 2008).

3.2 Cenni storici

Il *Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano* è sorto dalla fusione di due comprensori distinti, entrambi rivieraschi del basso corso del Fiume Tirso, rispettivamente denominati Consorzio di Bonifica Destra Tirso e Consorzio di Bonifica Campidano Minore. Il Consorzio di Bonifica del Campidano Minore fu costituito con il Regio Decreto del 2 febbraio 1931 e interessava una superficie complessiva di 11152 ettari, distribuiti tra i comuni di Ollastra Simaxis, Oristano, Palmas Arborea, Santa Giusta, Simaxis, Zerfaliu. Il Consorzio di Bonifica Destra Tirso fu costituito con Regio Decreto dell'11 novembre 1926 come Consorzio di prima categoria. Successivamente (1932) fu richiesto l'ampliamento del comprensorio per includervi i terreni che si trovavano nella trasformazione fondiaria di pubblico interesse, classificata con Regio Decreto del 27 ottobre 1927, n.2311. In sede di istruttoria furono però stralciati i terreni facenti parte dei comprensori della bonifica di Is Benas e Benettudi, dello stagno di Cabras e del comune di Milis (in seguito costituiti in singoli organismi). Con deliberazione n.8 del 10 luglio 1950 il Consiglio dei Delegati, dopo varie vicende, decise di abbandonare la domanda di ampliamento del 1932 e di limitare la richiesta ai terreni del comune di Riola e di Tramatzia. Lo stesso Consiglio dei Delegati, con deliberazione n.3 del 16 febbraio 1954, decise di accogliere, in linea di massima, la richiesta dei consigli comunali di Riola Sardo e di San Vero Milis, che pressavano per includere nel comprensorio il territorio del Sinis di loro pertinenza. Soltanto con D.P.G.R.S. 2.366/125 B.S. del 26 febbraio 1964, il comprensorio viene ampliato (raggiungendo

l'estensione di 34015 ettari), comprendendovi tutto il territorio del Sinis (e quindi anche il comprensorio di bonifica di Is Benas e di Benettudi) ed il territorio del Consorzio di Bonifica dello stagno di Cabras (costituito con Regio Decreto del 17 dicembre 1928) che fu contestualmente soppresso.

I due Consorzi hanno operato autonomamente fino al 30 dicembre 1970, servendosi tuttavia di uffici in comune (amministrativo, tecnico e agrario). Il Consorzio del Campidano di Oristano, come tale, ha incominciato a operare dall'1 gennaio 1971. Nel 1981 al Consorzio fu aggiunto il territorio del Consorzio di Bonifica di Milis.

Il *Consorzio di Bonifica della Piana di Terralba e Arborea* è stato costituito con decreto P.G.R. n.123/SG in data 19/8/1977 registrato alla Corte dei Conti con Delegazione per la Regione Sardegna il 9/9/1977 Reg.n.2 P.G.R. n.84. Costituisce la parte meridionale del Campidano di Oristano, classificata nel 1923; al suo interno, in una zona denominata Arborea (ex Mussolinia), furono compiute nei decenni '20 e '30, ad opera della Società Bonifiche Sarde, importanti opere di bonifica idraulica e, successivamente, di sistemazioni territoriali e di irrigazione. Nel 1957 furono costituiti il Consorzio di Bonifica del Campidano di Terralba e il Consorzio di Bonifica di Arborea; quest'ultimo si sostituì alla Società Bonifiche Sarde nella gestione delle opere realizzate. Nel 1977 i due Consorzi si sono uniti, creando un comprensorio di 35047 ettari che comprende la Piana di Arborea, i terreni sottostanti al corso del Rio Mogoro e gli Stagni di San Giovanni e di S'Ena Arrubia.

Il *Consorzio di Bonifica dell'Oristanese*, di 2° Grado per l'Utilizzazione Irrigua delle Acque del Tirso, nasce con il Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.239 del 4 dicembre 1996, dall'unione dei preesistenti Consorzi di Bonifica del *Campidano di Oristano* e della *Piana di Terralba e Arborea*. Il Consorzio è un Ente di Diritto Pubblico ai sensi dell'art.59 del R.D. 13.2.1933, n.215, dell'art. 862 del C.C. e della L. R. 14.5.1984 n.21, ed ha sede in Oristano, via Cagliari n° 170.

Il *Consorzio di Bonifica di 2° Grado* ha realizzato importanti opere pubbliche, tra cui di particolare rilevanza, la Diga sul Fiume Tirso, in località "Cantoniera" di Busachi, intitolata a Eleonora d'Arborea. Dall'anno 2008, in seguito alla *legge* regionale 6 dicembre

2006 n. 19 (“Riordino dei consorzi di Bonifica”), l’ente incaricato di gestire l’acqua dalla diga alla traversa di immissione è l’Ente Acque della Sardegna (En.A.S). Il Consorzio paga a questo Ente una tariffa che va da 7 millesimi (per i primi 120 mila m³) a 14 millesimi di euro per m³ di acqua trasferita dalla diga alla rete di distribuzione irrigua.

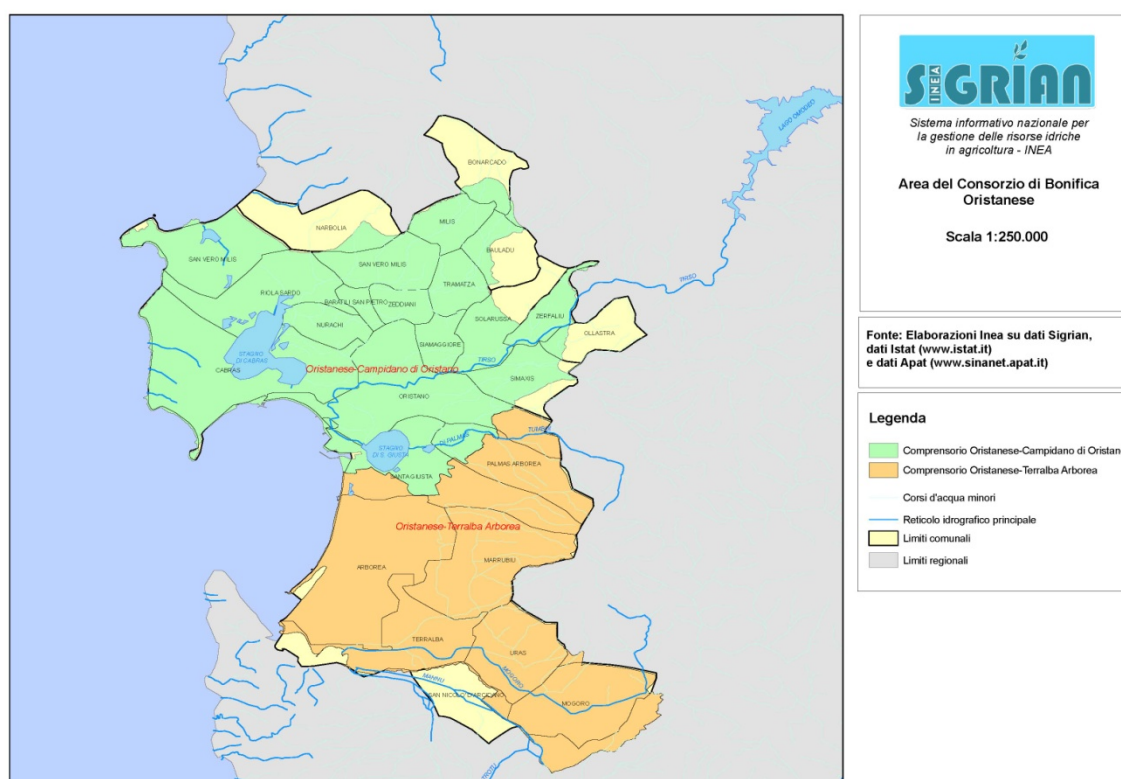


Figura 3.1. L’Area di studio è il Campidano di Oristano, colorato in verde, ovvero il settore Nord del Consorzio di Bonifica Oristanese, di 2° grado. Fonte: INEA.

Questa tesi ha come area di studio quella pertinente al *Consorzio del Campidano di Oristano*, che dal momento della fusione con la *Piana di Terralba e Arborea* nel 1997, è chiamato informalmente ‘settore Nord’ del Consorzio di Bonifica dell’Oristanese. Le informazioni e i dati necessari per la qualificazione dell’area di studio sono di tipologia secondaria e primaria. L’informazione secondaria è stata reperita con documenti concessi dal Consorzio di Bonifica dell’Oristanese (Piani di Riparto 2003, 2004, 2006) e altri studi fatti in quest’area (Dono, 2003; INEA); quella primaria proviene da colloqui e interviste dell’autore della tesi ai funzionari e tecnici del Consorzio, agli agricoltori e ad altri soggetti che operano nel settore agricolo dell’area, come agronomi e associazioni di produttori. Il database delle osservazioni raccolte e utilizzate nell’analisi va dal 1995 al 2007.

3.3 Attività del Consorzio di Bonifica

L'attività di bonifica, iniziata in questi territori negli anni '20, ha avuto come oggetto principale la regimazione dei corsi d'acqua, il prosciugamento di alcune paludi e la costruzione di una notevole rete viabile rurale. Successivamente agli anni '50, con l'istituzione della Cassa per il Mezzogiorno, venne iniziata la realizzazione degli impianti pubblici collettivi di irrigazione. Con tali interventi alcune condizioni ambientali sfavorevoli alla valorizzazione agricola del territorio sono state modificate, consentendo in vaste aree l'abbandono delle colture estensive asciutte e l'introduzione di colture irrigue specializzate. Tra le accennate condizioni ambientali sfavorevoli possono sommariamente elencarsi: il clima mediterraneo - insulare, caratterizzato da alte temperature, lunga stagione di siccità ed accentuata ventosità; il disordine idraulico e la mancanza di reti di scolo collettive; la deficiente rete viabile rurale; il regime fondiario, caratterizzato da una eccessiva frammentarietà aziendale; la rarità di insediamenti abitativi nell'azienda; la grande varietà dei rapporti tra capitale, impresa e lavoro; la bassa densità della popolazione, 76 abitanti per Km², di cui il 73% addetti all'agricoltura. L'avvento dell'irrigazione, mediante l'utilizzazione a gravità dell'acqua invasata nell'attuale diga del Tirso, ha consentito lo sviluppo di un notevole miglioramento fondiario e la costituzione di aziende agrarie moderne. Negli anni '60, l'evoluzione economico-sociale in atto consentiva l'affermarsi d'iniziative associate per la trasformazione e la commercializzazione dei prodotti agricoli (Cremeria Cooperativa Campidanese, Cantina Sociale della Vernaccia, Organizzazione Ortofrutticola Oristanese, Impianti di essiccatoi per il riso, Cooperative di allevatori di Arborea, Cooperative agricole varie, ecc.), coinvolgendo la popolazione residente nei Comuni del comprensorio.

3.4 Irrigazione

Gli impianti irrigui del Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano sono alimentati con le acque del fiume Tirso, che è un emissario del lago Omodeo, invasate alla diga di Santa Chiara di Ula, posta a monte delle zone irrigate, a circa venti chilometri in linea d'aria. La nuova diga in località Cantoniera di Busachi, 'Sa cantonera', è entrata in funzione nel 2003. Ad'oggi la diga è in grado di accumulare 500 milioni di m³ di acqua su una capacità massima di circa 800 milioni di m³. L'acqua accumulata non è utilizzabile per

uso potabile data la bassa qualità causata dai numerosi scarichi industriali e urbani nel lago Omodeo.

Il territorio è diviso in 26 distretti irrigui aventi impianti di distribuzione indipendenti l'uno dall'altro. I singoli distretti sono alimentati attraverso una rete principale di adduzione costituita da canali a pelo libero, a sezione trapezia rivestita in calcestruzzo. Essi non si diramano direttamente dalla diga, ma dalla traversa di Santa Vittoria, posta assai più a valle dell'invaso, in zona contigua ai distretti irrigui che soggiacciono alla traversa. La rete di adduzione è divisa in due sistemi separati per i territori rispettivamente in destra e in sinistra del fiume Tirso.

Il *Canale Adduttore in Destra Tirso* ed i ripartitori che da esso si diramano sono esclusivamente utilizzati dal comprensorio del Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano e servono una superficie irrigua attualmente attrezzata di 8843 ettari.

Il *Canale Adduttore in Sinistra Tirso* alimenta, invece, anche gli impianti irrigui del vicino Consorzio di Bonifica della Piana di Terralba e Arborea (settore 'Sud'), al servizio di una superficie irrigua attualmente attrezzata di 14500 ettari, di cui 6390 ettari ricadenti nel Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano.

Le reti di distribuzione del comprensorio del Consorzio del Campidano di Oristano sono composte di canali a pelo libero e da condotte in fibrocemento, che consentono la dispensa dell'acqua in pressione. Vari sono i tipi di canali adottati nelle reti distrettuali, riguardo al periodo di costruzione e alle condizioni di pensilità rispetto al terreno. Fra i più diffusi vi sono i canali trapezi, ottenuti con il rivestimento in calcestruzzo dello scavo opportunamente sagomato; i canali fra muri, parzialmente fuori terra, e costituiti da fondo e pareti laterali sempre in getto di calcestruzzo; i canali "Milesi", ottenuti dalla posa di lastre prefabbricate (dello spessore di 4 cm.) su selle a sezione trapezia stretta (scarpa 175), poste in opera con opportune fondazioni in getto, ad interasse di 1.5 m; le canalette tipo "Cassa" o "Crivellari" costituite da tegoloni prefabbricati in CaO (Ossido di Calcio) a sezione semiellittica o semicircolare, della lunghezza di 5 metri, posti in opera su selle, ritti e punti di fondazione sempre prefabbricati. Completano le infrastrutture irrigue esistenti 13 impianti di sollevamento di cui 8 (con prevalenze variabili dalle 2,5 alle 7 atm.) al servizio delle zone irrigate ad aspersione e 5 (con prevalenze medie inferiori ad una atm.) nei distretti irrigui a scorrimento in cui la quota delle zone servite risulta in tutto od in parte superiore a quella del pelo liquido nella rete di adduzione.

Il progressivo invecchiamento delle canalizzazioni, le prime delle quali risalgono al quinquennio 1951-1955, ha reso necessaria la loro sostituzione con nuove reti a pressione, ad iniziare dai distretti ove è risultata percentualmente più alta la pratica irrigua e l'adozione delle stesse reti a pressione anche nei nuovi impianti. In alcune aree servite (es. Bennaxi) dove coesistono riso e mais, l'acqua viene turnata nella stessa rete ad alta e a bassa pressione per soddisfare le esigenze dei risicoltori, che irrigano per scorrimento allagando la parcella, e dei maiscoltori, che invece richiedono acqua in pressione per irrigare la coltura per aspersione. Da un punto di vista della gestione dell'acqua a scopo irriguo i sistemi di distribuzione sono suddivisi in 4 tipologie, distinti sulla base della rete e della pressione:

- Alta pressione (AP), condotte tubate con 2 atmosfere minime garantite;
- Bassa pressione (BP), condotte tubate con pressione massima di 1 atmosfera;
- Scorrimento per gravità in canali a pelo libero (GR);
- Scorrimento per gravità in canali a pelo libero preceduto da sollevamento (SG).

Tabella 3.1. Caratteristiche strutturale dei distretti irrigui

n.	Denominazione	Sup. (ha)	Comuni interessati	Tipologia irrigua	Densità della rete (m/ha)	Pressione di erogazione (kg/cmq)	n. erogatori medio per ettaro	Dotazione (lt/sec/ha_irrigato)
1	Sinis Nord Est	1.800	S. Vero Milis, Riola	Tubata	75	3,0	0,93	1,06
2	Santa Maria Marefoghe	2.400	Narbolia, S. Vero Milis, Zeddiani, Riola	Tubata	75	3,0	0,93	1,06
3	Milis	600	Milis, S. Vero Milis	Tubata	93	2,0 ÷ 7,0	1,09	
4	San Vero Milis	970	S. Vero Milis, Tramatza	Tubata	75	2,5	1,00	1,06
5	Tramatza	790	Tramatza , S. Vero Milis	Tubata	75	2,5	1,00	1,06
6	Bauladu	220	Bauladu	Tubata	83	2,0	1,00	0,70
7	Baratili (Zinnigas Lorissa Pauli Bingias Nord)	1.600	Zeddiani, Baratili, Riola, Nurachi	Canali	55	-	0,30	1,50
8	Zinnigas Lorissa Pauli Bingias Sud	1.200	Cabras, Oristano, Nurachi, Zeddiani	Canali	55	-	0,30	1,50
9	Riordino Zeddiani	110	Zeddiani	Tubata	69	0,5	0,5 – 1,0	1,91
10	Santa Lucia	470	Zeddiani, Tramatza, Oristano	Tubata	69	0,5	0,5 – 1,0	1,91
11	Cabras Paludi	1.100	Cabras, Nurachi, Oristano	Canali	55	-	0,30	1,00 ÷ 1,50
12	Brabau	200	Cabras, Oristano	Tubata	40	0,1 ÷ 0,2	0,30	2,40
13	Bennaxi Ovest	2.200	Siamaggiore, Massama, Nuraxinieddu, Oristano, Donigala, Sili, Solanas, Cabras	Tubata	182,64	3,5	1,25	1,05
14	Donigala	230	Oristano	Tubata	69	0,5	0,5 – 1,0	1,91
15	Bennaxi Est	2.300	Ollastra, S. Vero Congiu, Simaxis, Zerfaliu, Solarussa, Siamaggiore	Tubata	184,57	3,5	1,05	1,05
16	Golena Zerfaliu	35	Zerfaliu	Tubata	85	0,1 ÷ 0,2	0,75	0,90
17	Pesaria Nord	570	Oristano	Tubata	70	3,5	1,25	0,99
18	Pesaria Sud	650	Oristano	Canali	50	-	0,30	2,47
19	Sartuccino Perda Lada	1.035	Oristano, Simaxis	Tubata	75	0,1 ÷ 0,2	1,00	1,88
20	Fenosu San Nicolò	1.100	Oristano, Santa Giusta, Palmas Arborea	Tubata	73	0,1 ÷ 0,2	1,00	2,88
21	Sant'Elena Pauli Longa	1.750	Oristano, Simaxis, Palmas Arborea	Tubata	50	0,1 ÷ 0,2	0,60	1,95
22	Serra Arena Sud	970	Palmas Arborea e Santa Giusta	Tubata	35	3,0	1,00	1,00
23	Cirras	400	Santa Giusta	Tubata	85	2,0	1,00	1,33
32	Serra Arena Nord	190	Oristano e Palmas Arborea	Tubata	35	0,1	1,00	1,50

Fonte: Piano di riparto, 2004

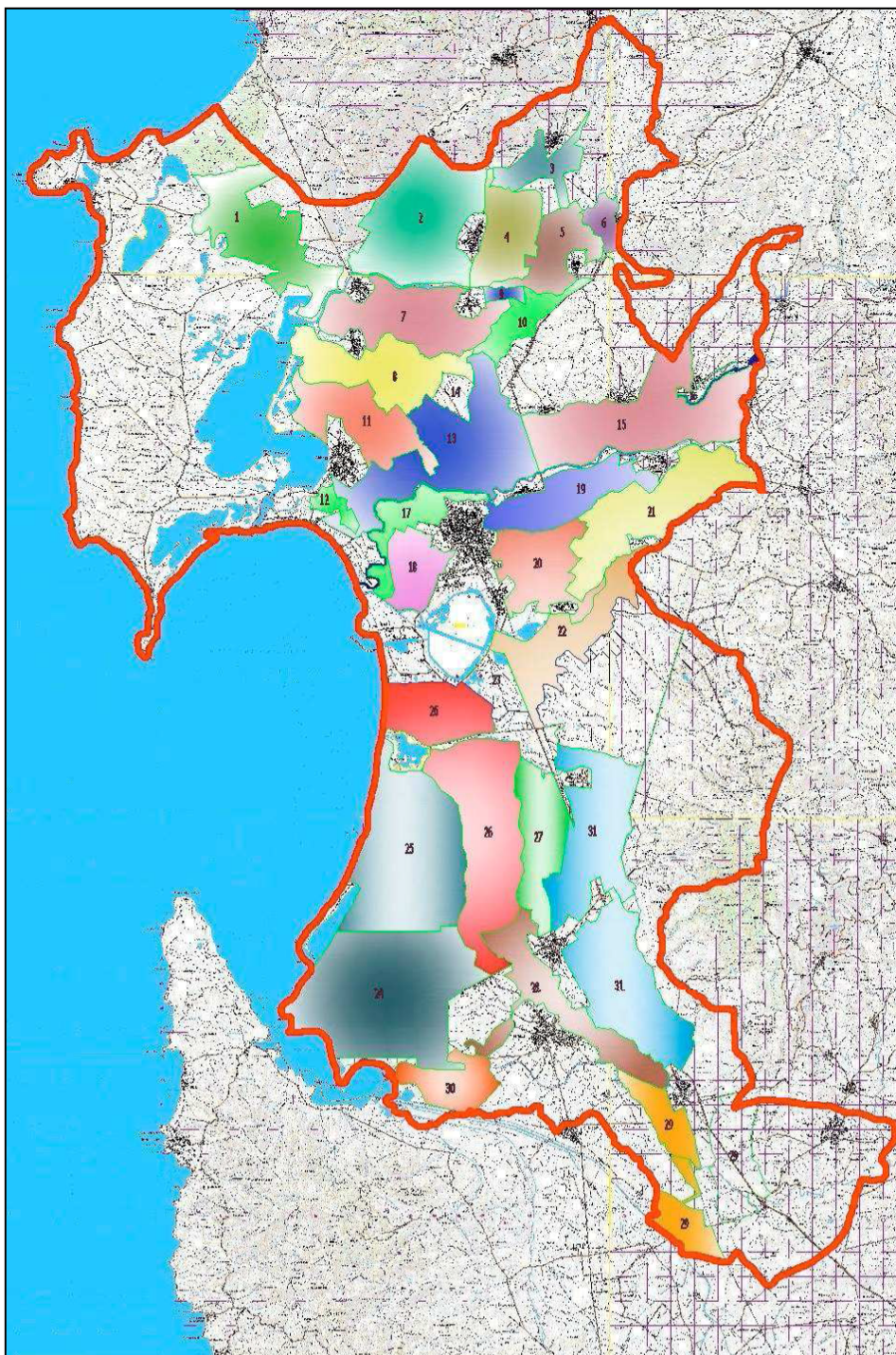


Figura 3.2. Localizzazione dei distretti irrigui del consorzio del campidano di Oristano. Fonte: Consorzio di Bonifica dell'Oristanese.

Progetti di riordino irriguo

Il Consorzio ha di recente completato il progetto del riordino irriguo dei distretti di Donigala e Santa Lucia (marzo 1998) e di quello di Serra Arena (luglio 1997).

I progetti completati risultano:

- il riordino delle zone a prevalente coltura risicola (Donigala nel 2000 e Santa Lucia nel 2001), attraverso la sostituzione dell'attuale rete di canali con una nuova rete tubata e la realizzazione di due impianti di pompaggio, uno per distretto, con derivazione delle acque dal Canale Adduttore Principale in Dx Tirso ed immissione nella nuova rete. Quest'ultima è realizzata con tubazioni in cemento armato precompresso e PVC, consentendo il prelievo, senza pressione residua, dei quantitativi d'acqua necessaria per il riso. Si esegue una gestione degli impianti con distribuzione alla domanda, adeguando i criteri di dimensionamento della rete a tale sistema.
- nel 2004 la realizzazione di due distinti impianti di pompaggio per il distretto Serra Arena, che, prelevata l'acqua dal Canale Adduttore in Sx Tirso, la immettono nella distribuzione realizzata con tubazioni in cemento armato e fibrocemento. Nei due sub-distretti (Nord e Sud) è prevista la possibilità di irrigare rispettivamente per scorrimento (zone risicole) e per aspersione (seminativi irrigui, ortive e frutteti).

Per quanto riguarda il ruolo irriguo pagato dai consorziati, questo in passato era composto da:

- quota associativa;
- quota di manutenzione e bonifiche;
- quota irrigazione calcolata per ettaro/coltura (indici tecnico-economici).

Nel 2004 con il nuovo "Piano di riparto" il ruolo irriguo che copre i costi variabili sostenuti dal consorzio, è composto unicamente da:

- quota irrigua calcolata per ettaro/coltura (indici tecnico-economici);

- quota di manutenzione che varia a seconda del macrodistretto servito e che viene determinata a consuntivo sulla base dei costi sostenuti nell'anno e pesati in base a indici di riparto per distretto predeterminati nel "Piano di Riparto";

I restanti costi sostenuti dal consorzio (costi personale, manutenzione straordinaria e per grandi opere...) vengono coperti dalla Regione Sardegna, anche se con ritardo. Questi ritardi nei pagamenti della Regione hanno portato il consorzio in una difficile situazione finanziaria, che si è inasprita dall'unificazione dei due consorzi, giacché il vecchio consorzio di Arborea-Terralba aveva accumulato negli anni ingenti debiti. Inoltre, la precedente giunta Regionale aveva imposto nell'anno scorso un tetto limite di 200€ all'importo del ruolo irriguo che doveva essere pagato, incrementando notevolmente i crediti che il consorzio ha accumulato con la Regione.

Nel 1999 il Consorzio di Bonifica dell'Oristanese ha riorganizzato le unità lavorative per rendere più flessibile la gestione delle mansioni operative e cercare di contenere i costi legati al personale. Il numero di operai fissi si è drasticamente ridotto, da 24 a 7; invece è stato di poco aumentato quello medio degli operai stagionale, passando da 36 a 38. Questo ha trasformato l'impegno degli addetti per ettaro di superficie irrigata e per volume d'acqua distribuito e, allo stesso tempo, ha modificato il costo del lavoro per addetto.

Capitolo 4

Fondamenti teorici

Questo capitolo espone le basi teoriche sulle quali è fondata tutta l'analisi svolta. E' suddiviso in tre parti. Inizia con un'introduzione alla teoria della produzione, focalizzando l'attenzione sull'importanza e l'utilità dello studio delle funzioni di costo e descrivendone approfonditamente le proprietà. La presentazione segue quella di Chambers (Chambers, 1988) e Sydsæter e Hammond (2006).

Nella seconda parte si discutono i principi economici che riguardano la domanda e l'offerta dell'acqua irrigua, con i relativi concetti di benessere, dai quali si ricavano le condizioni di allocazione ottima della risorsa. Si presentano quindi i criteri che riguardano l'allocazione e la tariffazione economicamente efficiente d'acqua, proposti da Tsur, Roe, Doukkali e Dinar (2004).

Infine, la parte terza presenta alcuni principi teorici sul funzionamento delle imprese pubbliche ed i meccanismi che le differenziano da quelle private. La fornitura del servizio irriguo per l'agricoltura avviene in condizioni di monopolio naturale e per questo è affidata a Consorzi di bonifica, che sono una sorta di cooperative tra gli utilizzatori, che gestiscono servizi pubblici. In questa terza parte si verifica se, anche per questo tipo di enti, valgono le assunzioni basilari sul comportamento degli agenti economici, su cui si fonda la stima della funzione di costo svolta in questa tesi.

Capitolo 4

Parte 1 - La produzione

L'assunzione sulla quale si basa la microeconomia è quella di ammettere un comportamento razionale da parte degli operatori economici. Per razionale si deve intendere un soggetto che abbia una condotta ottimizzante. D'Antonio suggerisce questa dizione: "si cerca di massimizzare un risultato sotto il vincolo delle date risorse disponibili oppure, alternativamente, si cerca di minimizzare l'impiego delle risorse da utilizzare sotto il vincolo di un prefissato obiettivo da raggiungere" (D'Antonio, 1998).

4.1.1 Attività produttiva

Un'impresa viene abitualmente identificata con una o più attività produttive, poiché la produzione è proprio l'attività principale di un'impresa. La produzione consiste nella trasformazione di input in output, attraverso l'esecuzione di un processo produttivo. E' conveniente pensare agli input e agli output come se misurati in termini di flussi, per non trascurare che i processi produttivi avvengono in un intervallo di tempo definito: certe quantità di input sono usate per produrre certi livelli di output in un intervallo di tempo noto. La relazione tra gli input che entrano nel processo produttivo e il relativo output viene descritta dalla funzione di produzione. In realtà la funzione di produzione rappresenta la frontiera produttiva, ovvero il massimo livello di output ottenibile da ogni combinazione di input, attraverso un dato processo produttivo. Quando si ipotizza che un'impresa produca secondo una funzione di produzione Q , si accetta che non vi sia alcuna inefficienza tecnica nel processo produttivo, ovvero che l'imprenditore sia un soggetto ottimizzante. In altre parole, data una certa combinazione di input, l'impresa ne ottiene il massimo livello di output permesso dalla tecnologia disponibile. Si consideri ad esempio una funzione di produzione Q con input x ,

$$Q = f(x). \quad (4.1)$$

Il livello Q di output può plausibilmente essere ottenuto con diverse possibili combinazioni degli input x . Tutte le combinazioni alternative di x che producono lo stesso livello di Q compongono l'isoquanto produttivo. La funzione Q costituisce la tecnologia produttiva e la sua rappresentazione duale è possibile attraverso la funzione di costo C .

Questa è derivata dal rispetto dei vincoli dettati dalla tecnologia che caratterizza l'impresa e dal comportamento ottimizzante, dal punto di vista economico, assunto dall'imprenditore. In tali condizioni, la condotta ottimizzante s'identifica con la minimizzazione dei costi di produzione di un vettore di output prestabilito, con prezzi degli input esogeni. Questo comportamento è ammissibile se l'impresa compra i fattori in un mercato di concorrenza perfetta. Tale assunzione non riguarda i prezzi dell'output, quindi può essere adottata anche per imprese monopolistiche e per imprese regolate, per le quali l'assunzione di un livello di prodotto predeterminato risulta plausibile (Färe & Primont, 1995).

4.1.2 La funzione di costo

Dal 1980 quasi tutti gli economisti attivi concordano che la teoria neoclassica completa dei costi potrebbe essere spiegata esclusivamente in termini di funzione di costo. Questo fu chiaramente esposto in *Foundations of economic analysis* (Samuelson, 1948) e analizzato a fondo da Shephard (Shephard, 1970) nella esposizione classica della dualità.

Dualità. La definizione più succinta è data da Gorman: “*duality is about the choice of the independent variables in terms of which defines a theory*” (Gorman, 1976). L'essenza dell'approccio duale è che la tecnologia vincola il comportamento ottimizzante degli individui. Quindi, per studiare una tecnologia produttiva se ne dovrebbe analizzare un'accurata rappresentazione del comportamento ottimizzante. Dato che la tecnologia condiziona la risposta del produttore agli eventi del mercato, esaminare queste risposte condizionate dovrebbe permettere di dire qualcosa riguardo alla tecnologia stessa. (Chambers, 1988). McFadden ha definito la funzione di costo una statistica sufficiente per la tecnologia (McFadden, 1978). La funzione di costo è quindi una naturale base d'analisi della tecnologia.

La funzione di costo è definita come

$$c(w, y) = \min_{x \geq 0} \{w \cdot x : x \in V(y)\} \quad (4.2)$$

dove y è la quantità di output, w è un vettore dei prezzi degli input e $w \cdot x$ è il prodotto scalare ($\sum_i w_i x_i$). $V(y)$ è l'insieme degli input necessari per produrre y . La funzione di costo descrive il minimo costo per produrre un dato livello di output, in un preciso periodo di tempo, espresso come dipendente dall'output e dai prezzi degli input. $c(y, w)$

dipende dalla tecnologia produttiva, dato che l'unico vincolo della (4.2) è che x sia capace di produrre almeno l'output y . La rappresentazione (4.2) assume che i prezzi degli input siano esogeni al produttore.

4.1.3 Proprietà della funzione di costo

La prima cosa importante è accertare che la funzione di costo (4.2) esista. Per farlo, il range delle possibili combinazioni di input $V(y)$ deve essere ristretto ulteriormente. Secondo McFadden, (McFadden, 1978) deve esistere un $x' \in V(y)$ (insieme non vuoto) per poter riformulare la (4.2) come

$$\min_{x \geq 0} \{w \cdot x : w \cdot (x - x') \leq 0; x \in V(y)\}. \quad (4.3)$$

Questa riformulazione è coerente perché se x' può produrre y , il costo minimo per produrre y non può essere maggiore di $w \cdot x'$. Quindi, la regione ammissibile da dove scegliere la combinazione di input che minimizza il costo è data dall'intersezione tra il semispazio $w(x - x') \leq 0$ e l'insieme degli input necessari. La regione risultante è illustrata graficamente dalla zona ombreggiata in Figura 4.1. Attraverso il teorema di *Weierstrass*¹ si può dimostrare l'esistenza di un minimo.

¹ Sia $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ una funzione continua e $[a, b]$ sia denso; allora $f(x)$ assume massimo e minimo nell'intervallo $[a, b]$, cioè esistono $x_1, x_2 \in [a, b]$ tali che $\forall x \in [a, b]: f(x_1) \leq f(x) \leq f(x_2)$.

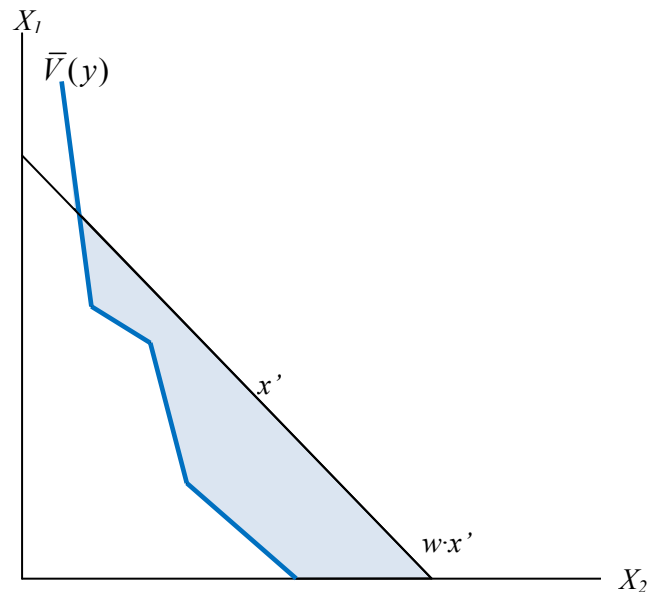


Figura 4.1. Soluzioni possibili per il problema del costo minimo

Soluzioni possibili per il problema del costo minimo Facendo delle assunzioni sulla funzione di produzione $Q = f(x)$ è possibile derivare le caratteristiche soddisfatte dalla funzione di costo. In particolare, se la funzione di produzione soddisfa le proprietà di *monotonicità* (se $x' \geq x$ allora $f(x') \geq f(x)$), di *essenzialità debole* ($f(0_n) = 0$), che $V(y)$ non sia un insieme vuoto e che $f(x)$ sia finita, non negativa e reale per tutte le x finite non negative, allora la funzione di costo $C(w, y)$ soddisfa le seguenti condizioni.

Non negatività: è impossibile produrre un output positivo a costo zero. Per dimostrare questo risultato, si noti che l'essenzialità debole della funzione di produzione richiede l'utilizzazione di una quantità strettamente positiva di almeno un input per produrre un livello di output positivo. Fintanto che i prezzi degli input sono strettamente positivi, il costo di produrre un output positivo deve essere anch'esso positivo.

Non decrescente in w : aumentando il prezzo di un qualunque input, i costi non decrescono. Si considerino w^1 e w^2 due vettori dei prezzi degli input, tali che $w^1 \geq w^2$. Le corrispondenti combinazioni di input che minimizzano il costo sono x^1 e x^2 . Dato che cambiare w non influenza l'insieme delle scelte possibili, x^1 potenzialmente minimizza dei costi quando i prezzi degli input sono w^2 . Ma dal momento che non è stato scelto come minimizzante, la disuguaglianza $w^2 x^2 \leq w^2 x^1$ deve restare valida. Tuttavia, essendo $w^1 \geq w^2$, deve essere vero anche che $w^1 x^1 \geq w^2 x^1$. Mettendo insieme queste disuguaglianze,

$c(w^1, y) = w^1 x^1 \geq w^2 x^2 = c(w^2, y)$, che è il risultato cercato. Questa idea di base rivela un aspetto fondamentale sulla risposta della combinazione minimizzante a cambiamenti nei prezzi degli input. Sommando $w^1 x^1 \leq w^1 x^2$ a $w^2 x^2 \leq w^2 x^1$ si ottiene la disuguaglianza fondamentale della minimizzazione dei costi: $(w^1 - w^2)(x^1 - x^2) \leq 0$, cioè che variazioni di prezzo in un solo input provocano variazioni di direzione opposta nell'impiego di quell'input. E' quindi una generalizzazione del principio secondo il quale le curve di domanda derivate hanno pendenza negativa. Nel caso che vari solo il prezzo dell' i -esimo input,

$$(w_i^1 - w_i^2)(x_i^1 - x_i^2) \leq 0. \quad (4.4)$$

Concavità e continuità: è una diretta conseguenza della (4.4). La Figura 4.2 mostra la relazione tra il costo e il prezzo di ogni singolo input. La semiretta che si origina in A e passa per B mostra come cambiano i costi alle variazioni di prezzo dell'input j , quando le quantità di x^j sono mantenute costanti. Se $x^1 \in V(y)$ e se i prezzi degli input sono dati da w^1 , x^1 (che corrisponde a B nella Figura 4.2) è la combinazione di input che costa meno. Si consideri un aumento di w_j fino a w_j^2 . Dato che $V(y)$ è indipendente da w e x^1 può ancora essere adottata. Se è così, allora anche i costi aumentano. Muoversi fino a C implicherebbe un comportamento non ottimale. Infatti, la funzione di costo disegnata nello spazio w_j non può mai trovarsi oltre la semiretta che passa per A e B , indicando che $c(w, y)$ assume la forma di una conca rovesciata, come mostrato appunto nella Figura 4.2. $c(w, y)$ è concava in w . Nel caso limite, $c(w, y)$ potrebbe essere lineare, quando cioè la combinazione degli input è fissa e quindi tra di loro non è possibile alcuna sostituzione. Ma se gli input possono essere sostituiti gli uni agli altri, la sostituzione di x_j con gli input divenuti relativamente meno costosi dovrebbe attenuare l'aumento dei costi associati con l'aumento di w_j . Negli altri casi l'impresa non sostituirebbe gli input tra loro (Per una dimostrazione formale si veda Chambers, 1988).

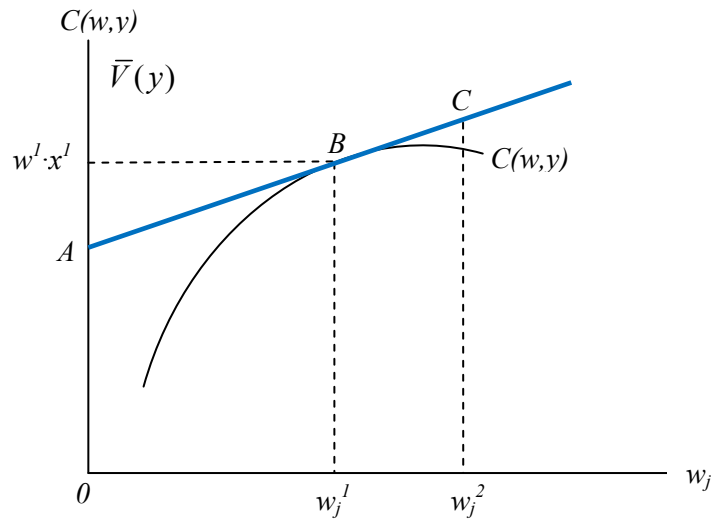


Figura 4.2. Dimostrazione grafica del Lemma di Shephard e della concavità di $c(w, y)$.

Omogeneità lineare positiva: un principio familiare agli economisti è che gli agenti economici ottimizzanti si preoccupano soltanto dei prezzi relativi, ma non dei loro valori assoluti. Oppure, fin quando i prezzi degli input variano proporzionalmente, la scelta degli input che minimizza i costi non varia. Per dimostrare questa proprietà, si consideri:

$$\begin{aligned} C(tw, y) &= \min_{x \geq 0} \{ (tw) \cdot x : x \in V(y) \} \\ &= t \min_{x \geq 0} \{ w \cdot x : x \in V(y) \} \\ &= tC(w, y). \end{aligned}$$

Non decrescente in y : un aumento dell'output prodotto non può comportare una riduzione dei costi. Per dimostrarlo formalmente, posto che $y' \geq y$, la monotonicità della funzione di produzione implica che $V(y') \subseteq V(y)$, ogni combinazione che può essere usata per produrre y' può produrre anche y . Quindi, visto che l'insieme degli input necessari per y' è contenuto all'interno di quello per y , qualsiasi minimo raggiunto in $V(y')$ può essere raggiunto anche in $V(y)$. Perciò i costi minimi non possono decrescere quando l'output aumenta.

Zero costi fissi: produrre zero output costa zero, come diretta conseguenza dell'essenzialità debole. E' importante perché evidenzia che non ci sono costi che l'imprenditore deve sostenere a prescindere dall'output prodotto. In alcuni ambiti questa proprietà può essere intesa come un forte vincolo alla generalizzazione delle conclusioni raggiunte attraverso lo studio delle funzioni di costo. Tuttavia, la presenza di costi fissi

implica la presenza di strutture che non possono essere modificate e che quindi non sono oggetto di scelta imprenditoriale. Pertanto le funzioni di costi, per descrivere le scelte imprenditoriali, non dovrebbero tener conto di queste strutture. All'aumentare dell'orizzonte temporale dell'analisi, le strutture fisse nel breve periodo diventano sempre più 'variabili' e possono man mano essere incluse nella funzione di costo.

Lemma di Shephard: se la funzione di costo è differenziabile in w , allora esiste un unico vettore di domande di fattori che minimizzano il costo, che equivale al gradiente di $c(w, y)$ in w . Cioè, se $x_i(w, y)$ è l' i -esima ed unica domanda che minimizza il costo, allora $x_i(w, y) = \partial c(w, y) / \partial w_i$ (lemma di Shephard). Per la dimostrazione grafica, si guardi di nuovo alla Figura 4.2. Per il prezzo dell'input w^l la scelta della combinazione di input che minimizza i costi è $w^l x^l$ e il punto B è il corrispondente livello di costi totali associati con w_j^l . La semiretta che passa per A e per B mostra come varierebbero i costi al variare di w_j se la combinazione di input fosse mantenuta costante come in x^l , con tutti i $w_k \neq w_j$ costanti anch'essi. Dalla prova di concavità, i costi non possono trovarsi sopra questa linea, ma devono avere in comune almeno un punto. Dato che $c(w, y)$ non può intersecare tale semiretta, ma deve condividere con essa almeno un punto, $c(w, y)$ e la semiretta devono essere tangenti in B . Quindi la pendenza in di $c(w, y)$ nello spazio w_j in B deve essere uguale alla sua tangente in B . La derivata di questa semiretta rispetto a w_j è semplicemente x_j^l , la domanda che minimizza i costi.

Capitolo 4

Parte 2 - La tariffazione dell'acqua irrigua

Per definire l'allocazione ottimale della risorsa idrica ci si deve avvalere, oltre che della funzione di costo della fornitura dell'acqua, anche della funzione di domanda del servizio irriguo. In questo modo si può identificare l'allocazione che massimizza il beneficio netto, o benessere, dovuto all'uso della risorsa. In questa parte si presenta la teoria che permette di costruire una stima della funzione di domanda dell'acqua e quella di costo della sua fornitura. Infine si presentano i principali criteri ai quali riferirsi per specificare le condizioni di tariffazione del servizio irriguo.

4.2.1 La domanda derivata per l'acqua irrigua

Si consideri un singolo agricoltore che produce una sola coltura, y , con un singolo input, l'acqua, denominato q , secondo la funzione di produzione $y = f(q)$. Fino a un certo punto, utilizzare più acqua genera quantità maggiori di raccolto, ma l'incremento di raccolto risultante da un piccolo (*marginale*) aumento di acqua diminuisce all'aumentare dell'acqua totale usata. Questo comportamento è conosciuto come *produttività marginale* dell'acqua *positiva e decrescente*.

Una tipica funzione di produzione dell'acqua $f(q)$ è riportata nella Figura 4.3a.

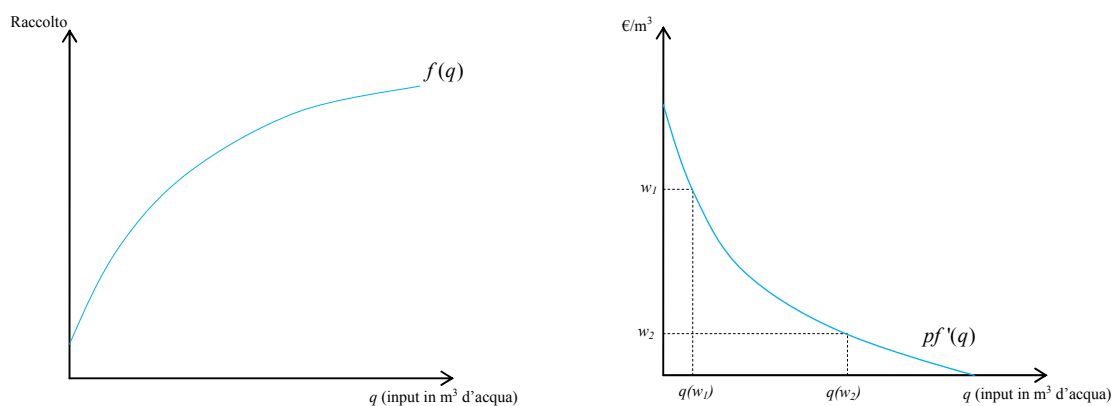


Figura 4.3. Funzione di produzione dell'acqua (a) e domanda derivata dell'acqua irrigua (b).

I prezzi dell'acqua e del raccolto sono w e p , rispettivamente. Il profitto operativo dell'agricoltore è $\pi = pf(q) - wq$ e la quantità d'acqua che massimizza il suo profitto soddisfa la condizione $\partial\pi / \partial q = 0$, ovvero $f'(q) = w / p \Rightarrow q(w) = f'^{-1}(w / p)$, dove $f' \equiv \partial f / \partial q$, $q(w)$ è la domanda *derivata* d'acqua al prezzo w , e $pf'(q)$ è la domanda *inversa* d'acqua (Figura 4.3b). Il prezzo dell'output p è assunto costante e quindi non è incluso tra gli argomenti.

Quando esistono $m > 1$ colture, il profitto diventa $\pi = \sum_{j=1}^m [p_j f_j(q_j) - w q_j]$ dove f_j è la funzione di produzione dell'acqua, q_j è l'acqua usata e p_j è il prezzo della coltura j . Le condizioni necessarie per la massimizzazione del profitto sono $\partial\pi / \partial q_j = 0$ per tutte le j , oppure

$$f'_j(q_j(w)) = w / p_j \Rightarrow q_j(w) = f'^{-1}_j(w / p_j), i = 1, 2, \dots, m.$$

La domanda d'acqua è perciò

$$q(w) \equiv \sum_j q_j(w) = \sum_j f'^{-1}_j(w / p_j).$$

La Figura 4 mostra la domanda derivata d'acqua nel caso di tre colture. La domanda inversa d'acqua è la somma orizzontale delle domanda per ogni coltura $f'_j(q)$. L'estensione al caso generale di n agricoltori è immediato. Con $f_{ij}(q)$ che denota la funzione di produzione dell'acqua per la coltura j dell'agricoltore i , allora $q_i(w) = \sum_{j=1}^m f'^{-1}_{ij}(w / p_j)$ è la domanda d'acqua dell'agricoltore i e la domanda d'acqua di tutti gli agricoltori è

$$q_i(w) = \sum_{i=1}^n q_i(w) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f'^{-1}_{ij}(w / p_j).$$

La domanda totale inversa d'acqua si ottiene con la somma orizzontale delle n domande individuali.

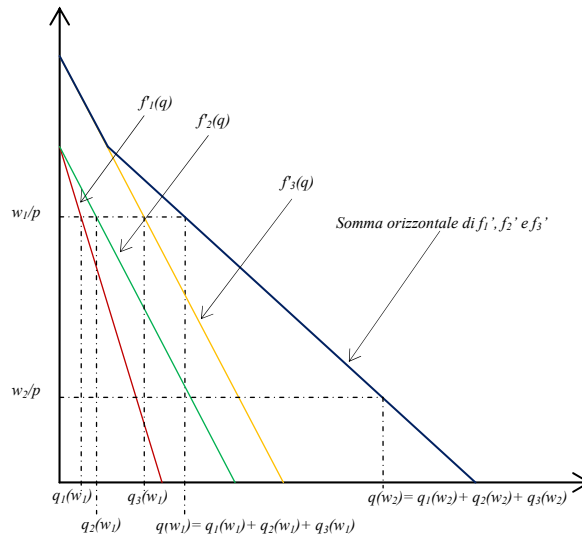


Figura 4.4. Domanda derivata dell'acqua con tre colture

Un altro approccio per derivare la domanda di acqua irrigua

E' possibile utilizzare un metodo alternativo per ottenere la domanda di acqua irrigua, utile in applicazioni pratiche. In questo caso l'acqua è fornita gratis, con tariffa pari a zero, ma la quantità utilizzabile è vincolata ad un volume x . Gli agricoltori quanto sono disposti a pagare per aumentare di Δ unità il vincolo? Se l'acqua è usata fino al limite massimo x il ricavo è $pf(x)$ e la quantità addizionale Δ genera il ricavo addizionale $p[f(x+\Delta) - f(x)]$ (Figura 4.5). Gli agricoltori perciò saranno disposti a pagare al massimo $p[f(x+\Delta) - f(x)]$ per i Δm^3 aggiuntivi d'acqua, quindi il prezzo medio per ogni m^3 d'acqua è $p[f(x+\Delta) - f(x)] / \Delta$. Per Δ abbastanza piccolo, questo prezzo è uguale a $pf'(x)$. Perciò $pf'(x)$ è il massimo prezzo che l'agricoltore è disposto a pagare per aumentare di una unità marginale (m^3) il vincolo sull'acqua: questo è detto *prezzo ombra* dell'acqua. Come si è visto sopra, $pf'(x)$ è la domanda inversa d'acqua. Formalmente, si tratta di cercare la soluzione per il seguente problema di ottimizzazione: $\max_q pf(q)$ soggetto a $q \leq x$. Definendo il Lagrangiano $L = pf(q) - \lambda(q - x)$, le condizioni di prim'ordine di Kuhn-Tucker per l'ottimo sono:

- (i) $\partial L / \partial q = 0 \Rightarrow pf'(q) = \lambda$
- (ii) $\partial L / \partial \lambda \geq 0 \Rightarrow q \leq x$
- (iii) $\lambda(q - x) = 0$.

Se $f'(x) > 0$, allora $f'(x) > 0$ per tutti gli $q \leq x$ (Figura 4.3), quindi [condizione (i)] $\lambda > 0$, implicando [condizione (iii)] che l'acqua viene usata fino al vincolo, cioè $q = x$ e $\lambda = pf'(x)$.

Segue che il moltiplicatore λ del vincolo dell'acqua ($q \leq x$) è uguale alla domanda inversa al vincolo, che è anche il prezzo ombra dell'acqua.

Quando il prezzo dell'acqua è $w = pf'(x)$, un agricoltore domanderà la quantità x , massimizzando il suo profitto. Questo approccio è speculare (*duale*) a quello precedente. Cambiando il vincolo x e calcolando il prezzo ombra associato λ , si ottiene $\lambda(x) = pf'(x)$, che è uguale alla funzione di domanda derivata inversa.

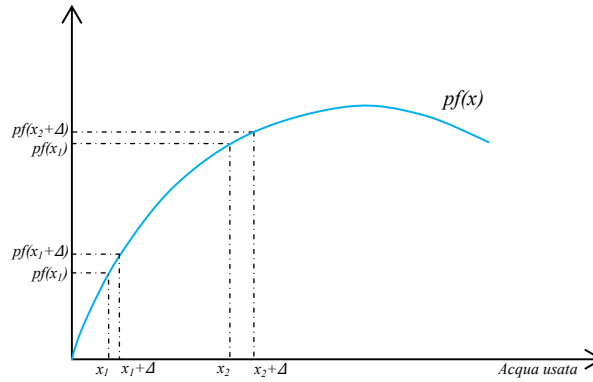


Figura 4.5. Il prezzo ombra dell'acqua

Questo approccio è utile perché si estende facilmente a situazioni che coinvolgono anche vincoli e input addizionali. In aggiunta all'acqua, la produzione colturale richiede k input $z=(z_1, \dots, z_k)$ che possono essere acquistati in quantità illimitate al prezzo corrente di mercato $r=(r_1, \dots, r_k)$, e l input primari (come ad esempio la terra) $s=(s_1, \dots, s_l)$ che sono disponibili gratuitamente ma in quantità limitate $b=(b_1, \dots, b_l)$. La funzione di produzione può essere $f(q, z, s)$. Il problema decisionale input/output di un agricoltore che massimizza il profitto con prezzi esogeni è $\pi(x, b, p, r) = \max_{\{q, z, s\}} pf(q, z, s) - (r_1 z_1 + r_2 z_2 + \dots + r_k z_k)$ soggetto a $q \leq x$, $s \leq b$ e altri possibili vincoli come ad esempio la non negatività. La funzione Lagrangiana per risolvere questo problema è:

$$\Lambda = pf(q, z, s) - (r_1 z_1 + r_2 z_2 + \dots + r_k z_k) - \lambda(q - x) .$$

Il moltiplicatore λ sul vincolo dell'acqua ($q \leq x$) nel punto ottimo è il prezzo ombra dell'acqua, che quando è calcolato per tutti i possibili livelli di acqua usata, x , rappresenta la *domanda derivata inversa* dell'acqua.

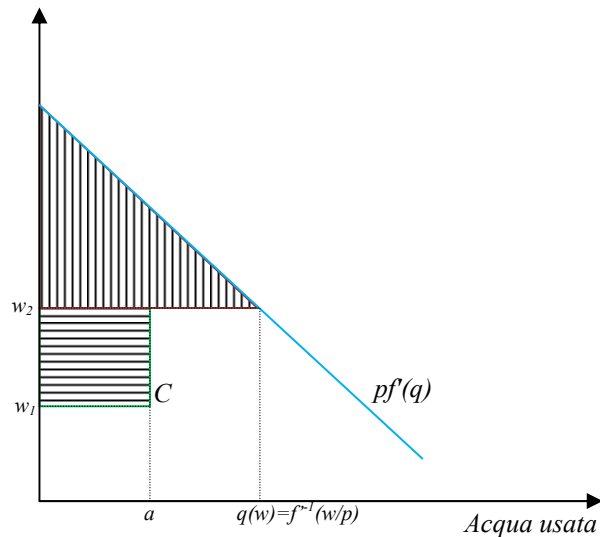


Figura 4.6. Surplus dell'agricoltore.

Surplus dell'agricoltore

La domanda derivata d'acqua è utile perché esprime la quantità di acqua che sarà domandata per ogni livello di prezzo; inoltre, può anche essere usata per calcolare il surplus dell'agricoltore. Si consideri di nuovo il caso di un singolo input, l'acqua, e un singolo output, con prezzo dell'acqua w . Gli agricoltori domanderanno la quantità $q(w)$, per cui il valore della produttività marginale dell'acqua, $pf'(q)$, è uguale al suo prezzo (Figura 4.6). Il valore della produttività marginale dell'acqua è il ricavo generato dall'ultima unità (marginale) di acqua. Come conseguenza della produttività marginale decrescente dell'acqua, prima di questa ultima unità l'acqua generava un ricavo maggiore. Dato che il ricavo totale è la somma dei ricavi di tutte le unità di acqua usata fino al livello q , dopo aver pagato w per ogni unità d'acqua usata, all'agricoltore resta un surplus. Questo surplus è l'area tra la domanda derivata inversa di acqua e il prezzo dell'acqua. (Figura 4.6).

Questa regola è idonea per metodi di tariffazione complessi, come la tariffa binomia in cui l'agricoltore paga w_1 ($w_1 < w$) per le prime a unità e w per le unità successive d'acqua

usata. Si assuma inoltre che $pf'(a) > w$ (Figura 4.6). In questo schema di tariffazione la domanda d'acqua è $q(w) = f'^{-1}(w/p)$ e il surplus è l'area tra la curva di domanda derivata e la linea di prezzo, rappresentata dall'area ombreggiata nella Figura 4.6.

Un'altra situazione d'interesse è l'effetto della tariffazione dell'acqua sul surplus delle differenti tipologie di azienda agricola. La Figura 4.7 mostra il profitto di aziende piccole, medie e grandi con tariffa flat (cioè non differenziata per le quantità) e tariffa binomia. Lo stesso vale in situazioni più generali, con molti vincoli e input. Calcolando la domanda d'acqua derivata, come mostrato prima, si ottiene il surplus dell'agricoltore come area tra la domanda derivata e la linea di prezzo dell'acqua.

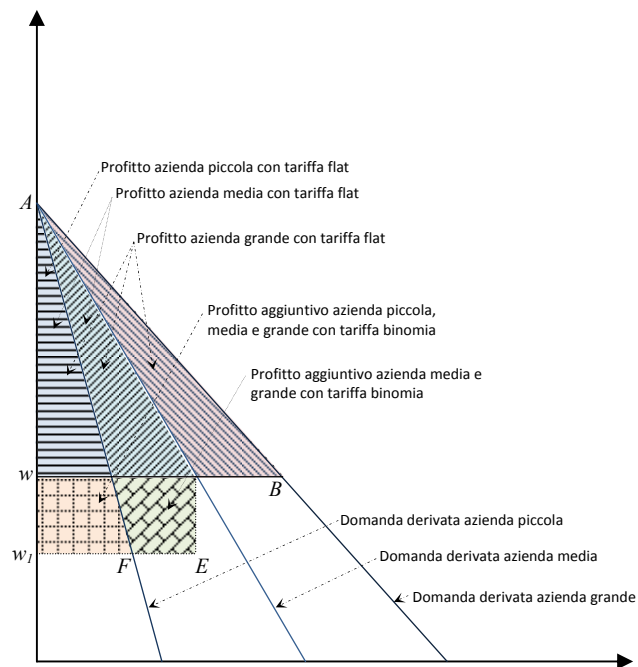


Figura 4.7. Surplus di aziende piccole, medie e grandi con tariffa flat e binomia

4.2.2 Fornitura dell'acqua irrigua

Il costo totale della fornitura dell'acqua è costituito da costi variabili (VC) e da costi fissi (FC):

$$TC(q^s) = VC(q^s) + FC$$

VC è formato dai costi direttamente legati alla fornitura dell'acqua q^s , come il pompaggio, il convogliamento, il lavoro temporaneo e altre componenti di *costi operativi* e

di manutenzione (O&M). FC rappresenta i costi esistenti a prescindere da se l'acqua è fornita o meno, come il deprezzamento del capitale, il pagamento degli interessi sulle strutture, il lavoro permanente, i salari dell'amministrazione ed le altre spese per O&M. Generalmente, VC cresce ad un tasso decrescente al crescere del volume d'acqua fornito. Formalmente, $VC(q^s)$ è crescente e convesso. Le funzioni VC e TC sono rappresentate nella Figura 4.8. I costi marginali e medi della fornitura d'acqua sono rispettivamente $MC(q^s) = \partial VC(q^s) / \partial q^s$ e $AC(q^s) = TC(q^s) / q^s$.

MC è il costo per fornire l'ultima unità (m^3) d'acqua, mentre AC è il costo per metro cubo quando il costo totale è distribuito equamente attraverso tutto il volume d'acqua fornito. Le curve di MC e AC sono mostrate nella Figura 4.9. A causa della componente fissa dei costi, AC è generalmente a forma di 'U', decresce fino al punto b , dove un raggio dall'origine è tangente a TC , e da lì in poi è crescente (Figure 4.8 e 4.9). MC è in genere (ma non necessariamente) non decrescente e incontra AC , dal basso, nel suo punto di minimo (Figura 4.9).

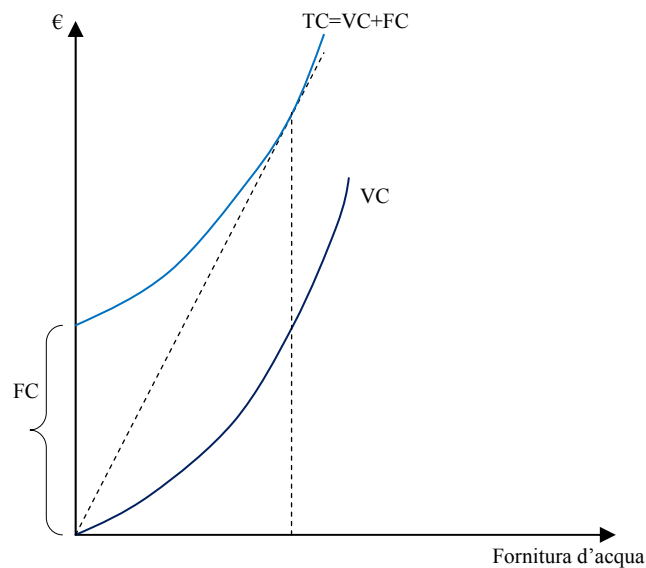


Figura 4.8. Costi totali e variabili della fornitura d'acqua

E' interessante comprendere quanta acqua sceglierà di fornire un soggetto massimizzante del profitto con prezzi esogeni. Il profitto del fornitore d'acqua è $\pi^s(q^s) = wq^s - TC(q^s)$ e il volume fornito che massimizza tale profitto soddisfa $\partial \pi^s(q^s) / \partial q^s = 0$, ossia $MC(q^s) = w$. Il fornitore d'acqua fornirà perciò il volume $q^s(w) = MC^{-1}(w)$ ottenendo un profitto operativo pari a $wq^s(w) - VC(q^s(w))$ e un profitto

totale uguale a $\pi^s(w) = wq^s(w) - TC(q^s(w))$. Nella Figura 4.9 il profitto operativo è l'area tra la linea del prezzo e la curva MC . Il profitto totale è l'area tra il prezzo e la curva $AC(q^s(w))$, alla sinistra di $q^s(w)$. Notare che, se w sta sotto la curva AC , il profitto totale è negativo, perché il profitto operativo è insufficiente a coprire i costi fissi FC . Nel breve periodo, mentre i costi fissi sono costi 'sommersi', che devono perciò essere coperti sia che l'acqua venga fornita o meno, conviene continuare le operazioni finché il ricavato dalla fornitura idrica è maggiore dei costi variabili (profitto operativo positivo). Nel lungo periodo, tuttavia, i fornitori dovranno essere ricompensati in qualche modo anche per coprire i costi fissi per poter continuare a fornire acqua. Queste compensazioni possono provenire dagli utilizzatori dell'acqua (gli agricoltori) o da supporto pubblico.

Bisogna evidenziare, tuttavia, che un sussidio alla fornitura, quando MC sta sotto AC e la tariffazione si basa sul costo marginale, deve provenire dalle tasse, che in genere hanno la tendenza a distorcere l'efficienza. Anche se mantiene l'efficienza nel settore irriguo, la tariffazione sul costo marginale in presenza di sussidi può contribuire all'inefficienza in altri settori economici. Perciò, per l'economia nel complesso, la tariffazione sul costo medio potrebbe preferirsi a quello sul costo marginale.

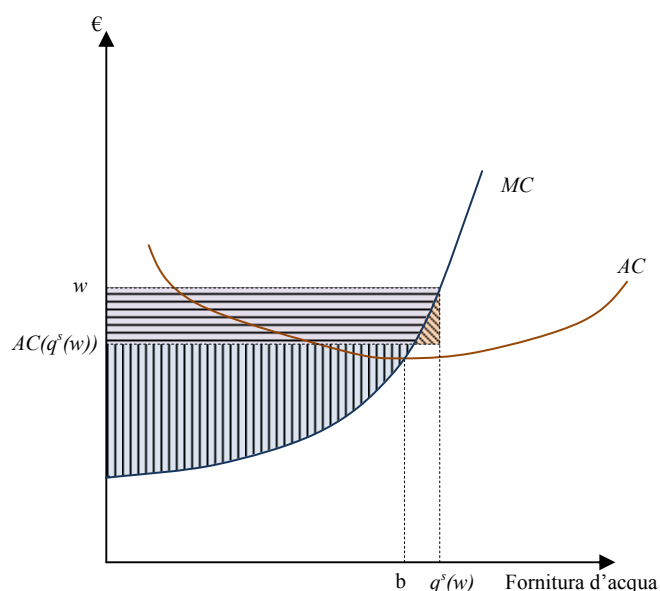


Figura 4.9. Costi medi e marginali della fornitura d'acqua

Un caso d'interesse si ha quando il costo marginale di fornitura è costante e la fornitura d'acqua non può eccedere una quantità limite x ; ad esempio un sistema irriguo con

un costo unitario di fornitura fisso e una limitata quantità d'acqua disponibile. In questa situazione AC è sempre sopra MC , così la tariffazione sul costo marginale comporta sempre una perdita per il fornitore (Figura 4.10). Se la domanda incontra la capacità limite x sopra il livello di MC , come nel caso di D_2 nella Figura 4.10, la tariffazione al livello $AC(x)$ e la restrizione della domanda per non eccedere x permetteranno al fornitore di andare in pareggio.

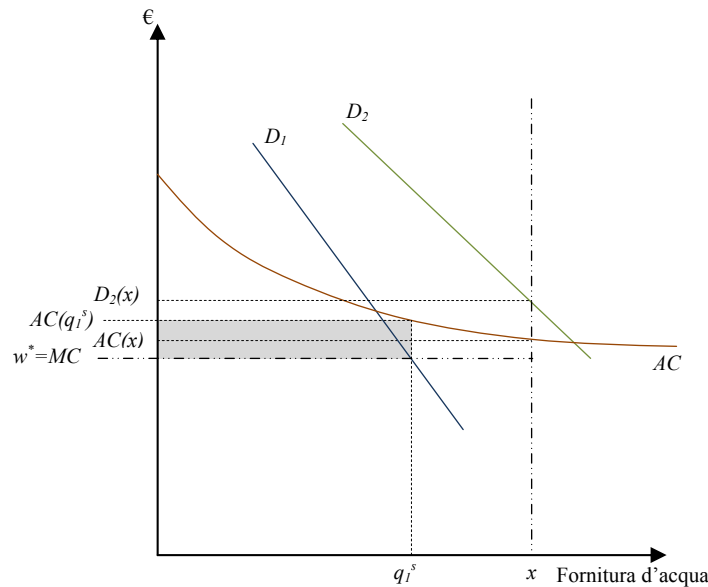


Figura 4.10. Costi marginali costanti con restrizione sulla domanda x .

4.2.3 Domanda ed Offerta: Tariffazione efficiente dell'acqua

Il benessere associato all'uso dell'acqua è definito come il surplus dell'agricoltore più il surplus del fornitore: la tariffazione dovrebbe essere basata sul prezzo dell'acqua che massimizza tale benessere. Dato un prezzo w , gli agricoltori domandano la quantità $q(w)$, soddisfacendo: $f'(q(w)) = w/p$, oppure $q(w) = f'^{-1}(w/p)$ beneficiando del surplus $\pi(w) = pq(w) - wq(w)$. Il profitto operativo del fornitore come funzione di w è dato da $\pi^s(w) \equiv \pi^s(q(w)) = wq(w) - VC(q(w))$. Il benessere di breve periodo, senza costi fissi, è

$$V(w) \equiv V(q(w)) = \underbrace{pf(q(w)) - wq(w)}_{\text{Surplus dell'agricoltore}} + \underbrace{wq(w) - VC(q(w))}_{\text{Surplus del fornitore}} = pf(q(w)) - VC(q(w)).$$

Il prezzo dell'acqua che massimizza il benessere soddisfa $V'(w) = [pf'(q(w)) - MC(q(w))]q'(w) = 0$, quindi $pf'(q(w)) = MC(q(w))$.

Ma $pf'(q(w)) = w$, e quindi il prezzo efficiente dell'acqua, che massimizza il benessere, soddisfa $w^* = MC(q(w^*))$, che è la regola della tariffazione sul costo marginale. La domanda derivata inversa $pf'(q)$ ha generalmente pendenza negativa, la curva di costo marginale $MC(q)$ è non decrescente, e le due curve s'incontrano in un solo punto che determina il prezzo al costo marginale w^* .

Questa è la regola standard in cui si eguagliano l'offerta e la domanda (Figura 4.11). Il profitto operativo degli utilizzatori, cioè gli agricoltori, e dei fornitori dell'acqua sono uguali rispettivamente alle aree linee orizzontali e verticali nella Figura 4.11. Il benessere di breve periodo, escludendo i costi fissi, è pari alla somma delle due aree.

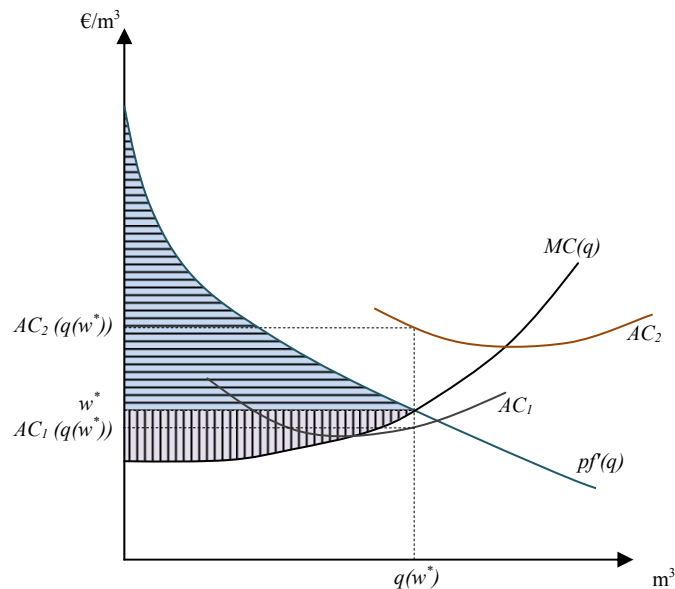


Figura 4.11. Tariffazione sul costo marginale (MCP)

Se il punto d'intersezione cade nella parte decrescente di AC , dove MC è minore di AC come nel caso in AC_2 nella Figura 4.11, allora $w^* < AC(q(w^*))$, implicando che il profitto operativo del fornitore d'acqua è insufficiente a coprire i costi fissi. Nel lungo periodo, il fornitore d'acqua avrà bisogno di essere sussidiato per rimanere in attività.

Un quesito importante allora è se il prezzo dell'acqua dovrebbe essere scelto in modo da portare in pareggio il bilancio del fornitore, includendo anche i costi fissi. Questo porta a prendere in considerazione la tariffazione sui costi medi, in cui il prezzo è dato dall'intersezione delle curve di domanda e dei costi medi. In tali condizioni, i ricavi

provenienti dall'acqua sono uguali ai costi totali. Si ricordi infatti che $AC = TC / q$. Questa situazione è raffigurata nella Figura 4.12, con la tariffa sul costo medio rappresentata da $w^\#$.

La tariffazione sul costo medio NON può essere giustificata sulla base dell'efficienza economica, in cui l'obiettivo è di massimizzare il surplus congiunto di agricoltori e fornitori, come mostrato dalla Figura 4.12. Il passaggio dalla tariffazione sul costo marginale a quella sul costo medio implica uno spostamento dalla configurazione volume-prezzo da $\{q(w^*), w^*\}$ a $\{q(w^\#), w^\#\}$. Con la tariffazione sul costo marginale, il surplus congiunto è pari all'area tra le curve di domanda e di costo marginale (tutta l'area evidenziata nella Figura 4.12) mentre in regime di tariffazione sul costo medio, è uguale all'area con tratteggio a linee verticali, diagonali e orizzontali. Perciò lo spostamento dalla tariffazione MC a quella AC comporta una perdita di benessere data dall'area punteggiata (Figura 4.12). La perdita degli agricoltori è rappresentata dall'area triangolare punteggiata in alto più quella con linee orizzontali. I fornitori perdono il triangolo punteggiato in basso e guadagnano il rettangolo con le linee orizzontali. Il passaggio dalla tariffazione MC a quella AC fa quindi guadagnare i fornitori, ma fa peggiorare di molto gli agricoltori. Inoltre, le perdite di benessere in totale eccedono i guadagni e quindi il benessere totale netto decresce.

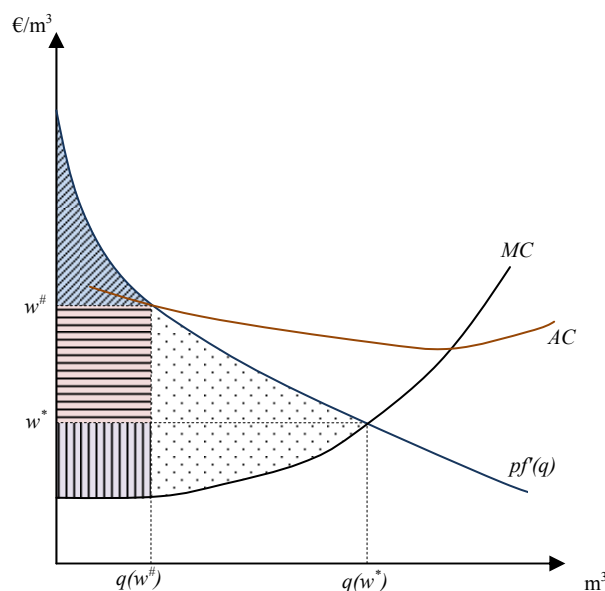


Figura 4.12. Allocations dell'acqua con tariffazione sul costo marginale e sul costo medio.

La tariffazione sul costo marginale vista finora consiste di un solo prezzo, il MC, pari a w^* . Varianti del MCP (*marginal cost pricing*) sono composti da diverse tariffe. Fintanto che il prezzo dell'acqua non eccede la domanda derivata dell'acqua e il prezzo pagato per l'ultima unità è il costo marginale di fornitura w^* , la domanda d'acqua sarà $q(w^*)$. La tariffazione a scaglioni perciò provoca un trasferimento di benessere tra agricoltori e fornitori e può quindi essere usata per pareggiare il bilancio del fornitore, preservando l'allocazione efficiente $q(w^*)$. In alternativa, quando i fornitori ottengono un profitto, quando cioè le entrate per il servizio idrico eccedono costi fissi e variabili, la tariffazione a blocchi può essere usata per trasferire benessere dai fornitori agli agricoltori, fissando il prezzo iniziale sotto al costo marginale (Figura 4.6).

4.2.4 Una panoramica dei sistemi di tariffazione e loro implementazione.

L'implementazione dei metodi di tariffazione che seguono ha bisogno di istituzione adeguate, come un'agenzia centrale, che può essere regionale, nazionale o locale e comporta dei costi di amministrazione, gestione e raccolta di informazioni. Questi ultimi costi sono detti appunto costi di implementazione.²

Volumetrico. La tariffa per l'acqua irrigua è basata sulla misurazione diretta del volume d'acqua consumato. Tra le varianti di questo metodo ci sono sistemi indiretti di calcolo basati ad esempio sulle unità di tempo (ore, minuti, etc.) di un flusso d'acqua certo o incerto, da un bacino o da un fiume rispettivamente, e una possibile tariffa per un volume minimo d'acqua che deve essere pagata anche se non si usa affatto acqua irrigua.

La tariffazione volumetrica richiede informazioni sul volume di acqua usata da ogni consumatore, che può essere ottenuta, ad esempio, con dei contatori d'acqua. Una volta che i contatori sono installati l'implementazione è semplice, comprendendo la manutenzione ordinaria e la lettura periodica dei consumi. E' necessaria un'autorità centrale dell'acqua o un'associazione di utilizzatori dell'acqua (WUA, Water User Association) per fissare i prezzi, controllare i consumi e raccogliere i pagamenti. I costi d'implementazione con il metodo volumetrico sono relativamente alti.

² I metodi sono illustrati così come dal lavoro di Tsur e Dinar (Tsur & Dinar, 1997).

Output o input. La tariffa per l'acqua è basata sull'output prodotto (l'agricoltore paga un certo prezzo per la quantità di unità prodotte) oppure tassando altri input impiegati nel processo produttivo, in base ai quali l'agricoltore paga il costo unitario dell'acqua per la quantità di un altro input impiegato.

La tariffazione basata sull'output prodotto necessita informazioni sull'output di ogni agricoltore. Il vantaggio di questo metodo è che elimina la necessità di misurare il consumo d'acqua individuale, un'operazione costosa in molte aree, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo. Se il prodotto della coltura è esportato, come il cotone, l'output deve essere misurato comunque e perciò il costo di implementazione del metodo è basso. Altrimenti il problema di misurazione è simile a quello dell'acqua e quindi questo non è un buon metodo di tariffazione. In effetti, esempi di tariffazione sull'output sono molto rari.

Area. L'acqua è tariffata in base all'area irrigata e in base, ad esempio, al tipo e all'estensione della coltura irrigata (*ettaro/coltura*), del metodo di irrigazione o della stagione. In molti Paesi il prezzo dell'acqua è più alto quando l'acqua proviene dal un bacino artificiale invece che da corsi naturali. Generalmente le tariffe per l'acqua pompata sono più alte di quando è distribuita in gravità. In alcuni casi, gli agricoltori devono pagare per area, anche se non irrigata.

La tariffazione per area è facile da implementare e amministrare e non ha bisogno di misurare l'acqua consumata. Tutto quello di cui si ha bisogno sono dati sulla coltura e sull'estensione, se il prezzo varia con la coltura (*ettaro/coltura*) o soltanto dell'estensione dell'azienda se viene adottato un prezzo fisso uguale per tutti. I bassi costi e la facilità d'implementazioni stanno alla base della popolarità di questo metodo.

Tariffazione a scaglioni. E' un sistema multi tariffa volumetrico, in cui il prezzo dell'acqua varia quando la quantità di acqua consumata eccede dei valori soglia.

E' importante ricordare due punti nel contesto della tariffazione a scaglioni. Primo, la tariffazione a scaglioni deve essere applicata ad ogni agricoltore separatamente. Secondo, la tariffazione a scaglioni comporta trasferimenti di benessere, e quindi può avere conseguenze nel lungo periodo influenzando l'entrata e l'uscita di soggetti dal settore irriguo.

Tariffa binomia. Questo sistema consiste nel far pagare agli agricoltori un prezzo marginale costante per ogni unità d'acqua consumata (MCP, Marginal Cost Pricing) e una tassa fissa annuale (oppure il pagamento di una somma di denaro per l'acquisizione del diritto all'irrigazione). Quest'ultima tassa è uguale per tutti gli agricoltori. Questo metodo di tariffazione è molto usato in situazioni in cui un'azienda pubblica produce il servizio irriguo con costi marginali inferiori ai costi medi e deve coprire i costi totali, sia variabili che fissi.

Le tariffe binomie e a scaglioni sono basate sul metodo volumetrico, e quindi in qualche modo più complicate. Una volta che i contatori sono stati installati, l'estensione alla stratificazione dei prezzi è semplice. La tariffa binomia ha bisogno, in aggiunta al metodo volumetrico, di una tassa fissa di concessione su ogni agricoltore.

Tassa sul miglioramento (Betterment Levy). I prezzi dell'acqua sono applicati all'area, basati sull'aumento di valore della terra derivante dall'irrigazione.

Mercati dell'acqua. Questi mercati esistono in differenti forme in tutto il mondo, sia in Paesi industrializzati che in via di sviluppo. Possono essere formali o informali, organizzati o spontanei. I loro partecipanti possono scambiare diritti sull'acqua, come per esempio il diritto di acquistare alcuni volumi d'acqua ad un particolare prezzo in un periodo specifico, oppure possono scambiare al momento o nel futuro. In alcuni Paesi i mercati dell'acqua, o diritti sull'acqua, ne determinano il prezzo e sono generalmente basati sui volumi o sui flussi. Vanno dai mercati regolamentati come in Cile (Hearne & Easter, 1995) ai mercati spontanei locali del Brasile (Kemper, 1996). Ci si aspetta che diritti scambiabili ben definiti formalizzino e assicurino agli utilizzatori dell'acqua i diritti esistenti, comportino un risparmio sui costi di transazione e aumentino l'efficienza nell'uso dell'acqua inducendo gli utilizzatori ad internalizzare tutto il costo opportunità dell'acqua, come determinato dal mercato e non da un prezzo imposto amministrativamente.

I mercati dell'acqua esistono in diverse forme. Un mercato semplificato funziona come segue. Tutti gli anni, ogni agricoltore beneficia di un diritto, o di una dotazione d'acqua, ed è libero di vendere o comprare quote di dotazione dagli altri agricoltori alle condizioni correnti. Le dotazioni d'acqua possono essere basate su diritti storici o legali oppure attribuiti da una commissione eletta o assegnata. La dotazione può variare ogni anno a seconda della disponibilità d'acqua. Questo metodo non ha bisogno di contatori di misurazione aziendale e sicuramente internalizza ogni informazione privata che hanno gli

agricoltori. I mercati dell'acqua probabilmente incentivano il trasferimento dell'acqua da utilizzatori meno produttivi a quelli più produttivi. Per funzionare correttamente hanno bisogno di una struttura dei diritti ben definita, un chiaro e completo insieme di regole per le attività di scambio ed un corpo giuridico per la risoluzione di conflitti. In più i mercati dell'acqua necessitano di un sistema di distribuzione ben sviluppato per permettere il trasporto dell'acqua a tutti i partecipanti.

Implementazione. Potrebbe stupire come possano esistere così tanti metodi di tariffazione, quando l'efficienza può essere raggiunta con una variante del MCP. La ragione sta nei costi di implementazione. Implementare MCP è un'operazione costosa, che richiede la misurazione, il controllo, la raccolta dei pagamenti e molte altre attività amministrative. Per questa ragione MCP non è usato molto frequentemente. Bos e Walters hanno studiato gli agricoltori che ricoprono 12,2 milioni di ettari irrigati in tutto il mondo e hanno scoperto che in più del 60% dei casi l'acqua è pagata in base alla superficie (Bos & Walters, 1990). In meno del 15% dei progetti di irrigazione i prezzi dell'acqua si basano su una combinazione di volume e area. In circa il 25% dei casi analizzati, il metodo di tariffazione è volumetrico. Tsur e Dinar riportano che in condizioni favorevoli, la tariffazione *per area* può considerarsi migliore della MCP, se si includono anche i costi di implementazione (Tsur & Dinar, 1997).

Il metodo di tariffazione preferito dovrebbe essere quello che porta il più alto beneficio, compresi i costi di transazione. In assenza di costi di implementazione, il volumetrico, o uno dei suoi derivati (a scaglioni o binomio), è efficiente. Se invece c'è bisogno di considerare anche i costi di transazione, altri metodi potrebbero essere migliori. Visto che i costi di implementazione associati ad ogni metodo di tariffazione variano da area ad area, per via delle variazioni nel clima, della demografia, della struttura sociale, dei diritti sull'acqua, delle strutture, della storia e delle condizioni economiche più generali, il beneficio netto associato a ciascun metodo varierà anch'esso da area ad area.

Per il caso MCP, la Figura 4.13 mostra un possibile effetto dei costi di transazione sui costi marginali e il rispettivo effetto sul benessere.

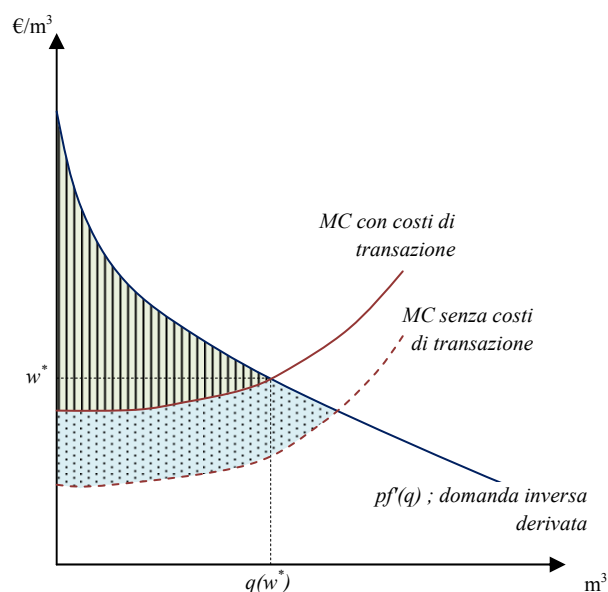


Figura 4.13. Costi marginali con e senza costi di transazione.

Tsur e Dinar confrontano le prestazioni del volumetrico e dell'ettaro/coltura quando i costi d'implementazione per il volumetrico sono proporzionali ai proventi della tariffazione. Ritengono che la tariffazione ad ettaro dia risultati migliori se i costi d'implementazione superano il 7,5% dei proventi totali (Tsur & Dinar, 1997). Questo risultato è, ovviamente, confinato al caso esaminato, ma è utile per illustrare gli effetti dei costi implementazione sulle capacità del sistema di tariffazione.

Il problema di usare questi criteri è che i costi di implementazione non sono sempre ben definiti e dati a riguardo sono difficili da raccogliere. Tuttavia, il ruolo dei costi di implementazione è cruciale nella scelta del metodo di tariffazione. La tabella 4.1 riepiloga le proprietà dei metodi di tariffazione dell'acqua irrigua. L'etichetta 'Firts-best' per l'efficienza non considera i costi di implementazione oppure se l'informazione è incompleta, come quando l'acqua non è misurata direttamente. L'efficienza 'Second-best' considera anche questi aspetti. L'efficienza di breve periodo ignora i costi fissi, mentre l'efficienza di lungo periodo li considera.

Tabella 4.1. Proprietà dei metodi di tariffazione dell'acqua irrigua.

<i>Metodo di tariffazione</i>	<i>Implementazione</i>	<i>Efficienza raggiunta</i>	<i>Orizzonte temporale dell'efficienza</i>	<i>Controllo della domanda</i>
Volumetrico	Complicata	First-best	Breve periodo	Semplice
Output	Relativamente semplice	Second-best	Breve periodo	Relativamente semplice
Input	Semplice	Second-best	Breve periodo	Relativamente semplice
Ettaro/Coltura	Semplice	nessuna		Difficile
Scaglionato	Relativamente complicato	First-best	Breve periodo	Relativamente semplice
Binomia	Relativamente complicato	First-best	Lungo periodo	Relativamente semplice
Mercati dell'acqua	Difficile senza istituzioni preesistenti	First-best	Breve periodo	nessuno

Qualunque allocazione dell'acqua può teoricamente essere raggiunta con un appropriato insieme di quote o combinazioni di quote e prezzi; ad esempio, il sistema multi prezzo discusso sopra comporta una combinazione di quote e di prezzi. La differenza nelle prestazioni tra lo schema di allocazione basato sui prezzi e quello basato sulle quote dipende principalmente da due fattori: i costi d'implementazione e l'informazione disponibile per gli utilizzatori dell'acqua, fornitori e legislatori (Tsur Y. , 2000). In un mondo con informazione completa e assenza di costi di implementazione, i due tipi sarebbe equivalenti, ma nella realtà i costi di transazione sono spesso significativi e molto spesso l'informazione è incompleta.

Si consideri ad esempio il caso dell'acqua non misurata, la situazione in circa il 75% dell'area irrigata nel mondo (Bos & Walters, 1990). Acqua non misurata significa che i consumi d'acqua sono un'informazione privata degli utilizzatori, che potrebbero non essere disposti a cedere al fornitore o al regolatore. Questa dilagante situazione esclude l'uso del volumetrico e spiega la popolarità della tariffazione ad ettaro. Tuttavia, i contatori dell'acqua possono essere installati, usati e mantenuti sostenendo un costo. La questione quindi è se il benessere guadagnato attribuibile all'aumento di efficienza risultante dal cambiamento di tariffazione è abbastanza per coprire il costo dei contatori. Dipende quindi dalle circostanze.

4.2.5 Recupero dei costi ed equità.

L'efficienza implica che l'acqua sia tariffata sul costo marginale di fornitura. I costi fissi, come una porzione delle spese per O&M, manodopera, capitale e amministrazione, dovrebbero essere coperti indipendentemente dai proventi della distribuzione dell'acqua. A tal fine, può essere usata una tariffa binomia, applicando una tassa fissa indipendente dal volume distribuito per coprire la parte fissa dei costi di fornitura.

La questione di chi dovrebbe pagare i costi fissi della fornitura dell'acqua irrigua è ininfluente riguardo all'efficienza. Influenzerà la distribuzione dei redditi, e quindi dovrebbe essere discusso in ambito politico. Se il profitto operativo è insufficiente, il denaro raccolto per coprire i costi fissi dovrebbe essere indipendente dalle scelte degli agricoltori riguardo agli input produttivi.

Equità. L'efficienza riguarda il benessere totale che può essere generato da una certa disponibilità di risorsa idrica, mentre il concetto di equità ha a che fare con il modo in cui questo benessere è distribuito tra i membri della società. L'efficienza riceve molta più attenzione, dato che il concetto di efficienza paretiana ha molta rilevanza nell'economia neoclassica. Una ragione è forse che negli aspetti distributivi incorrono confronti personali, che sono chiaramente soggettivi, visto che richiedono giudizi che variano da individuo a individuo in base alle radici culturali, tradizioni e altre caratteristiche personali.

L'equità è un concetto vago, la cui percezione e significato cambiano in base alla particolare variabile che viene misurata, come l'opportunità, necessità, reddito o utilità. È stata quindi messa in disparte nel flusso principale dell'economia moderna, ombreggiata dal meno soggettivo concetto di efficienza. Tuttavia sembra ragionevole pretendere che alle politiche orientate all'allocazione delle risorse naturali non sfuggano anche considerazioni sull'equità. La discussione si focalizza perciò su come dovrebbero essere incluse queste considerazioni nelle politiche di allocazione dell'acqua.

Riguardo alle prestazioni dei vari metodi di tariffazione dell'acqua irrigua in termini di equità, (Tsur & Dinar, 1995) affermano che l'effetto della tariffazione dell'acqua sulla distribuzione dei redditi è limitato. Le diversità tra i redditi aziendali derivano principalmente da altri fattori come la dimensione, la posizione e la qualità del suolo, ma non dai prezzi dell'acqua o di altri input. Questi autori ritengono anche che quando gli agricoltori impiegano la stessa tecnologia produttiva (ci si aspetta che paghino lo stesso

prezzo e non sono applicate quote restrittive), il profilo di distribuzione dei redditi con la maggior parte dei metodi di tariffazione è proporzionale al profilo di distribuzione della dimensione iniziale delle aziende. Dato che misure di differenza di reddito, con l'eccezione della varianza, non sono sensibili a cambiamenti proporzionali del reddito, la differenza è attribuibile soltanto alla diversità della dimensione aziendale ed è indipendente dal metodo di tariffazione o dai prezzi dell'acqua. Concludono che per avere qualche effetto sulla distribuzione dei redditi, un metodo di tariffazione dovrebbe avere delle forme di restrizione dei volumi d'acqua. Questo risultato alimenta la visione che le politiche di redistribuzione del reddito non dovrebbero servirsi della tariffazione dell'acqua (non perché si è sbagliato ma perché la tariffazione è un mezzo alquanto inefficace per ridurre le disparità nei redditi). Tuttavia, le tariffazioni che includono delle quote, ad esempio la tariffazione a scaglioni, possono influenzare la distribuzione dei redditi.

Un'altra questione è la distribuzione dei redditi tra agricoltori e residenti urbani, che nei paesi in via di sviluppo è sbilanciata verso questi ultimi. Di nuovo, esistono altri strumenti politici più efficaci della tariffazione dell'acqua per contrastare la disparità tra settore rurale e urbano. Ma nel caso in cui la tariffazione sia usata per tale scopo, una possibilità è di pretendere che il settore urbano paghi la parte dei costi fissi della fornitura di acqua non coperta dal profitto operativo. Questo può essere introdotto attraverso tasse, ad esempio, applicate all'acqua domestica, destinate a questo fine. Politiche di questo tipo possono essere giustificate anche con altre motivazioni oltre che la disparità di redditi tra il settore urbano e quello agricolo. Abbassare i prezzi dell'acqua irrigua comporta che si abbassino anche i prezzi degli alimenti, almeno per quei cibi che non possono essere facilmente importati e di cui beneficiano gli abitanti delle città.

La domanda derivata d'acqua considera moltissimi aspetti della sua tariffazione. Tuttavia, questa relazione dipende molto dal resto dell'economia, attraverso i prezzi degli output e degli input acquistati. Dato che questi prezzi sono spesso distorti come risultato dell'intervento del Governo, un cambiamento nelle politiche del Governo apparentemente non legato all'acqua può influenzare la domanda derivata di acqua irrigua e il conseguente prezzo. Per questa ragione, la tariffazione deve essere considerata in un contesto economico più ampio. Inoltre, l'utilizzo delle risorse idriche può generare delle esternalità, positive e negative, che andrebbero considerate nella definizione dei benefici dei vari soggetti economici coinvolti.

4.2.6 Qualità dell'acqua e considerazioni intertemporali.

Nella discussione presentata fin qui si assume che l'acqua sia un input omogeneo di qualità uniforme. L'acqua irrigua è derivata spesso da fonti alternative, ma fin tanto che ha caratteristiche di qualità simili, è considerata lo stesso input e la presenza di molteplici fonti influenza il costo di distribuzione. Infatti, proprio la presenza di fonti alternative è una causa importante dei costi marginali decrescenti, dato che il costo di fornitura varia da fonte a fonte. Quando l'acqua proviene da differenti fonti è di qualità differente, misurata con la conduttività elettrica, parti per milione o domanda di ossigeno biologico (BOD), e la differenza di qualità influenza la produttività: acqua di qualità diversa dovrebbe essere considerata un input differente. Un diverso prezzo potrebbe quindi essere applicato ad ogni tipo di acqua differente.

Considerazioni temporali diventano significative quando le decisioni prese al presente hanno conseguenze future. E' questo il caso quando la quantità (o la qualità) d'acqua accumulata varia nel tempo a causa dello sfruttamento umano. Per comprendere come può accadere ciò, innanzitutto i flussi d'acqua devono essere suddivisi dagli accumuli d'acqua. Il flusso d'acqua si riferisce ad un volume per unità di tempo, ad esempio m^3 al giorno o milioni di metri cubi per anno. Invece l'accumulo di acqua è misurato in unità di volume, come appunto m^3 . L'acqua può essere accumulata in laghi, bacini o acquiferi. La variazione d'acqua accumulata durante un periodo di tempo è uguale alla ricarica meno i prelievi durante lo stesso periodo di tempo. Se questa variazione è negativa, cioè se i prelievi sono maggiori della ricarica naturale, allora l'acqua immagazzinata disponibile durante il periodo successivo sarà minore e, se la situazione persiste, la riserva d'acqua sarà prosciugata. L'impatto immediato è che, nel periodo successivo potrebbe essere più costoso prelevare da una riserva d'acqua più piccola. L'impatto di lungo periodo è che, in caso prosciugamento imminente, i prelievi vengano limitati per non superare la ricarica naturale o cessino del tutto se il prosciugamento distrugge la riserva d'acqua, come ad esempio l'intrusione di acqua marina. Devono quindi essere considerati gli impatti futuri delle azioni presenti. Questo si può considerare imponendo un costo sul prelievo, in aggiunta al costo di estrazione fisica e di distribuzione. Per ottenere il diritto di prelevare oggi l'acqua dalla riserva, l'utilizzatore deve pagare un costo aggiuntivo oltre a quello di fornitura, e il prezzo

dell'acqua dovrebbe riflettere questo costo di utilizzo. Il costo di utilizzo è calcolato con un approccio di gestione intertemporale.³

4.2.7 Principali criteri per la tariffazione

Gli approfondimenti teorici sulla tariffazione dell'acqua irrigua esposti finora possono essere sintetizzati in 10 criteri fondamentali.

Criterio 1: La tariffazione sul costo marginale permette l'allocazione efficiente dell'acqua, in quanto massimizza il surplus congiunto degli utilizzatori dell'acqua, ossia agricoltori e fornitori.

Criterio 2: La tariffazione sul costo medio garantisce il pareggio del bilancio per il fornitore, ma comporta una perdita d'efficienza poiché diminuisce il surplus congiunto degli agricoltori e dei fornitori. Inoltre gli agricoltori si fanno carico della perdita di benessere.

Criterio 3: La tariffazione a scaglioni può essere usata per trasferire il benessere tra fornitori e agricoltori, preservando l'efficienza.

Criterio 4: Il costo per implementare un metodo di tariffazione è una parte del costo di fornitura e dovrebbe essere incluso nel costo variabile o fisso della fornitura del servizio irriguo.

Criterio 5: Dal punto di vista dell'efficienza, il metodo di tariffazione da preferire è quello che fornisce il più alto benessere, quando sono considerati anche i costi di implementazione.

Criterio 6: Qualunque tariffa destinata a coprire i costi fissi della fornitura d'acqua dovrebbe essere applicata in modo da non influenzare le decisioni degli agricoltori; ad esempio, un pagamento fisso oppure ad ettaro, ma non volumetrico.

³ Per un'analisi più esaustiva dei vari effetti sulla gestione dell'acqua dovuti alla scarsità e all'incertezza sugli eventi catastrofici si veda (Tsur & Zemel, 2004).

Criterio 7: I prezzi dell'acqua hanno un effetto limitato sull'equità nel settore agricolo e sono quindi uno strumento inadatto per il raggiungimento degli obiettivi sulla distribuzione dei redditi.

Criterio 8: Ricordando il Criterio 6, la questione di chi paga i costi fissi della fornitura irrigua quando il profitto operativo non basta a coprirli, può essere affrontata esaminando anche la distribuzione dei redditi. Nei paesi in via di sviluppo, la popolazione urbana è più agiata della popolazione rurale e potrebbe farsi carico della copertura dei quei costi fissi. Avranno in cambio che il cibo sarà meno caro.

Criterio 9: Quando l'acqua proveniente da fonti di qualità differente, per esempio acqua dolce, salina o riciclata, ha differenti effetti sul raccolto delle colture. Ogni qualità dell'acqua è considerata come un input separato e deve essere tariffata separatamente. La domanda di ogni qualità d'acqua dipende dalla disponibilità e dalla domanda per gli altri tipi di acqua. Dato l'insieme delle domande di acqua, la tariffazione dovrebbe essere determinata simultaneamente per tutti i tipi di acqua.

Criterio 10: Quando l'acqua d'irrigazione deriva da una riserva, come un lago o un acquifero, ed è prelevata in modo insostenibile, ossia che la riserva diminuisce nel tempo o se ne deteriora la qualità, il prezzo deve riflettere la scarsità, cioè l'effetto prosciugamento, e le esternalità della riserva, ossia l'effetto della dimensione della riserva sui costi di prelievo. Quest'effetto si manifesta attraverso il costo d'uso dell'acqua, calcolato in un quadro di gestione intertemporale. Il costo d'uso dell'acqua dovrebbe essere aggiunto al costo e al prezzo dell'acqua.

Capitolo 4

Parte 3 - La concorrenza nelle aziende pubbliche

Una delle correnti di pensiero più condivise tra gli economisti è che ci siano profonde differenze tra le imprese private e quelle pubbliche. In questa terza parte sarà presentata una introduzione ai differenti obiettivi che possono essere massimizzati dalle imprese pubbliche.

Il fatto che le imprese private operino in mercati più o meno concorrenziali è un forte stimolo al verificarsi di un comportamento decisionale che tenda a massimizzare il profitto. Ogni imprenditore è consapevole che se i suoi clienti non sono soddisfatti, manifesteranno la tendenza a rivolgersi ad altre imprese che producono beni e servizi sostituibili. Le aziende che producono servizi pubblici generalmente non operano in mercati concorrenziali, piuttosto è molto frequente che si tratti di monopoli. Pertanto, i beni e servizi pubblici prodotti non sono scambiati nel mercato. Non esiste quindi un meccanismo di efficienza intrinseco analogo alla concorrenza che tuteli gli interessi dei contribuenti. Sia i dirigenti delle aziende pubbliche che quelli di imprese private basano le proprie decisioni sui loro propri interessi, non su quelli della società, ma nel caso delle imprese private gli interessi convergono con quelli dei consumatori. Le scelte delle aziende pubbliche sono vincolate da forze politiche invece che da forze di mercato, e ciò non *tutela* gli interessi dei contribuenti (McKenzie & Lee, 2006).

Dal punto di vista dell'analisi economica, uno dei vantaggi della massimizzazione del profitto come unico obiettivo del business competitivo è che consente di fare previsioni. Anche se i soggetti decisori possono perseguire in aggiunta altri 'redditi' personali, come il potere o il rispetto, il loro comportamento può essere generalmente ben spiegato in termini di profitto come obiettivo unico. Non esiste però nessun obiettivo unico come il profitto che guidi le aziende pubbliche: aziende pubbliche diverse perseguono obiettivi diversi.

4.3.1 Massimizzazione del profitto

Si assuma che il servizio irriguo possa essere fornito ad un costo marginale costante, come mostrato nella Figura 4.14. La retta D è la domanda di servizio irriguo, con pendenza negativa. Se gli agricoltori potessero acquistare il servizio irriguo ad un prezzo costante P_1 , allora la quantità ottimale di servizio offerto sarebbe Q_2 . L'importo P_1 è il valore al quale il costo marginale dell'ultima unità di servizio irriguo equivale al suo beneficio marginale. Il costo totale sarebbe $P_1 \times Q_2$ (area $0, P_1, a, Q_2$), lasciando un surplus all'agricoltore pari alla superficie triangolare P_1, P_3, a . Il servizio irriguo è di solito prodotto da monopoli locali, cioè tutti i servizi irrigui di una zona sono forniti da una sola azienda. Questi monopoli locali hanno i propri obiettivi e processi decisionali, che non corrispondono necessariamente con quelli degli agricoltori (contribuenti). Se il servizio idrico è prodotto da un monopolio che massimizza il profitto, il servizio sarà prodotto finché il costo marginale dell'ultima unità prodotta è uguale al suo ricavo marginale, Q_1 . Il monopolista fisserà il prezzo di tale quantità a P_2 , realizzando un profitto pari a P_1, P_2, e, d .

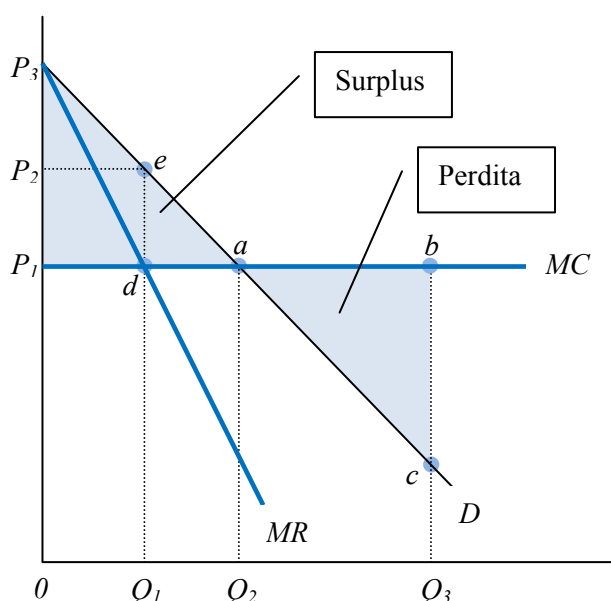


Figura 4.14. Massimizzazione del profitto.

Anche al livello di produzione monopolistico Q_1 c'è ancora un surplus per l'agricoltore, l'area triangolare P_2, P_3, e , ma è minore che nel caso precedente con un mercato competitivo. Ottengono infatti un livello inferiore di servizio irriguo e ad un prezzo più alto (P_2 invece di P_1).

Questa analisi assume che chi fornisce il servizio irriguo riesca a nascondere i propri costi. Se gli agricoltori sapessero che P_2 è un prezzo inutilmente alto, il risultato sarebbe lo stesso che in regime di concorrenza.

4.3.2 Massimizzazione della dimensione

Nella realtà è improbabile che un'azienda pubblica abbia la massimizzazione del profitto come obiettivo prioritario, se non altro perché i suoi dirigenti non mettono in tasca il profitto generato. Invece, potrebbe cercare di massimizzare la dimensione del servizio: se una azienda pubblica si espande, quelli che vi lavorano potrebbero avere, ad esempio, una maggiore possibilità di essere promossi. Ciò potrà accrescerne potere, influenza, stipendio e realizzazione; ed anche i loro uffici e attrezzature potrebbero migliorare. Quale sarebbe il livello di servizio irriguo fornito in tali condizioni? Invece di fornire il servizio Q_1 e distorcere il suo prezzo fino a P_2 , probabilmente fornirà il servizio idrico al livello Q_3 , che è più di quanto desiderano i contribuenti, al prezzo P_1 . Il ricavo sarà quindi $P_1 \times Q_3$, cioè la superficie $0, P_1, b, Q_3$, nella Figura 4.14⁴. In questo modo la perdita netta per i contribuenti, pari alla zona ombreggiata a, b, c , equivale esattamente al surplus del consumatore, P_1, P_3, a . Con l'estensione del servizio, fino al livello Q_3 , l'azienda pubblica riscuote il surplus dei contribuenti e lo rispende su di loro, aumentando il servizio idrico offerto.

4.3.3 Massimizzazione dello spreco

Invece di massimizzare la quantità di servizio irriguo offerto, i dirigenti pubblici possono scegliere di massimizzare lo spreco. Possono cioè aumentare i loro salari, migliorare le loro condizioni o ridursi i carichi di lavoro. Questi cambiamenti fanno aumentare i costi per la fornitura di una data quantità di servizio idrico. La Figura 4.15 mostra come un'azienda pubblica può aumentare il costo, o il bilancio, per i propri servizi.

⁴ Si consideri che la tariffazione dell'acqua irrigua, oltre ad una componente legata in qualche modo ai consumi, ha delle componenti fisse che ricadono su tutti i potenziali utilizzatori dei servizi irrigui forniti.

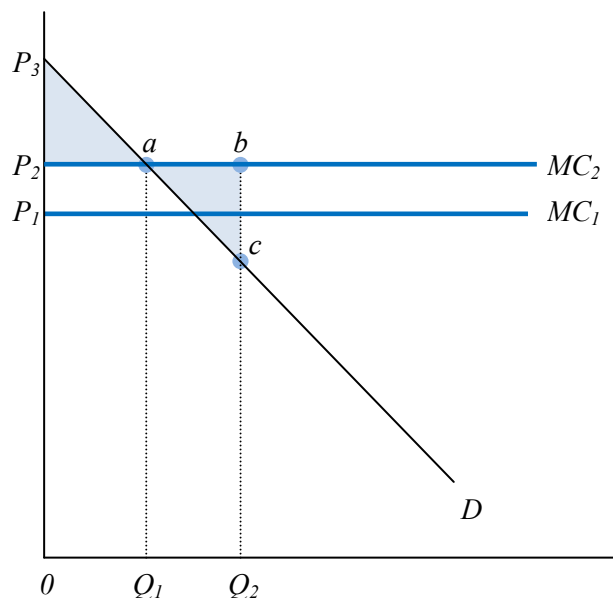


Figura 4.15. Massimizzazione dello spreco.

La curva MC_1 è il costo minimo necessario per fornire una unità supplementare di servizio irriguo. La quantità ottimale è pertanto Q_1 , come nel caso precedente. Se però i costi “gonfiati” del servizio idrico fanno spostare MC_1 in alto fino a MC_2 , il bilancio sale da $P_1 \times Q_1$ a $P_2 \times Q_2$. Ora, oltre Q_1 , il costo marginale del servizio irriguo è superiore al beneficio marginale indicato dalla curva di domanda. Anche qui l’azienda pubblica sta sprecando il denaro dei contribuenti, perché in questo modo riesce a prelevare tutto il loro surplus (a, b, c) e a spenderlo in cose non necessarie. In realtà le aziende pubbliche potrebbero perseguire la massimizzazione dello spreco e delle dimensioni. Per ogni unità di servizio offerto, si cercherà di ampliarne la diffusione e di aumentare i fondi spesi su di esso: questi due obiettivi sono però competitivi, poiché l’espansione della dimensione comporterà una riduzione dell’espansione dei costi per unità di servizio. Dopotutto, esiste una quantità “scarsa” di surplus del contribuente che può essere estratta dal sistema. La Figura 4.16 mostra una possibile combinazione tra massimizzazione di bilancio e di dimensione. L’impresa decide di espandere il servizio idrico da Q_1 a Q_2 . Dopo averlo fatto può gonfiare il costo per unità di servizio fino a MC_2 . Di nuovo, il surplus a, P_2, P_3 viene raccolto tramite le tasse e sprecato in a, b, c .

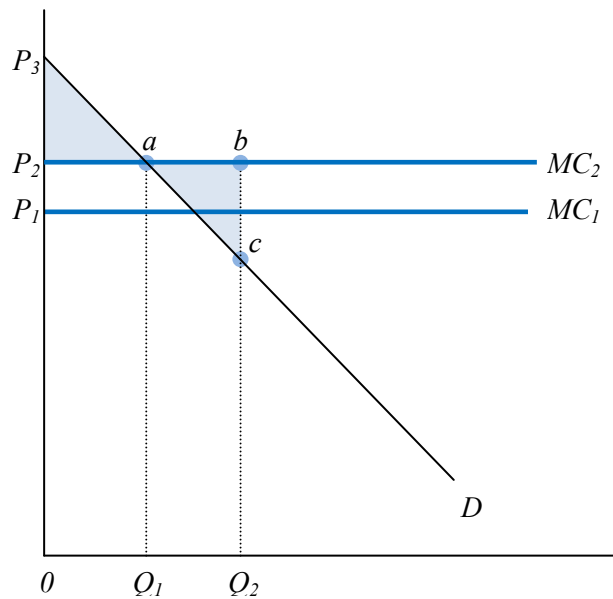


Figura 4.16. Contemporanea massimizzazione dello spreco e della dimensione.

I sistemi per limitare l'attingimento al surplus del contribuente da parte dei dirigenti pubblici possono essere di varia natura e dipendono molto dalla tipologia del servizio offerto. Due aspetti sembrano essere di notevole importanza: la conoscenza della curva dei costi marginali per la fornitura del servizio; l'introduzione di elementi di competizione nel sistema di erogazione del servizio pubblico (McKenzie & Lee, 2006).

4.3.4 Il Servizio Irriguo

Il funzionamento del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese risponde a logiche che caratterizzano le imprese private, dove il Consiglio di Amministrazione contiene una rappresentanza significativa degli agricoltori fruitori del servizio irriguo erogato. Il modello di gestione di questo tipo di aziende pubbliche si rifà a quello che Martone definisce di *contracting out*, in cui la gestione dell'azienda è affidata a soggetti esterni indipendenti che si incaricano di realizzare le indicazioni fornite dagli attori politici ed amministrativi (Martone, 2007). Infatti, tutte le strutture e gli impianti del Consorzio utilizzati per la distribuzione dell'acqua irrigua sono realizzati con fondi della Pubblica Amministrazione, mentre la gestione operativa è affidata al Consiglio di Amministrazione. La gestione di breve periodo quindi è diversa da quella di lungo periodo. Attraverso la rappresentanza nel Consiglio di Amministrazione del Consorzio, i fruitori del servizio irriguo sono gli stessi agricoltori che gestiscono anche le aziende agricole private, che usano l'acqua distribuita dal consorzio, e che si confrontano quindi su mercati considerabili concorrenziali attraverso le loro attività imprenditoriale agricole private. Il comportamento individuale degli imprenditori può considerarsi perciò ottimizzante, con il profitto come obiettivo unico da massimizzare. Il costo per l'irrigazione compare nei bilanci delle singole aziende e, nella fattispecie, l'obiettivo di riduzione dei costi produttivi aziendali coinvolge anche la minimizzazione dei costi irrigui. Gli agricoltori fanno delle scelte produttive che possono richiedere una certa quantità di servizio irriguo. Il sistema Consorzio Irriguo contiene perciò al suo interno elementi di concorrenza che spingono alla minimizzazione dei costi: la gestione del consorzio è paragonabile a quella di un imprenditore "razionale", per quello che riguarda la gestione di breve periodo, che ha come obiettivo quello di minimizzare il costo per la produzione di un livello esogeno di output, il servizio irriguo. Infatti il costo per l'irrigazione sostenuto dal consorzio viene poi ripartito tra gli agricoltori e diventa quindi un costo privato per l'uso di un input produttivo, l'irrigazione appunto. L'introduzione di questi elementi di concorrenza favorisce l'allocazione efficiente delle risorse e quindi la minimizzazione dei costi del servizio irriguo nel breve periodo. La Figura 18 schematizza l'idea che le decisioni di breve periodo del Consiglio di Amministrazione del Consorzio sono guidate dalla minimizzazione dei costi per l'irrigazione delle aziende private, poiché questi costi dovranno essere comunque coperti dagli agricoltori.

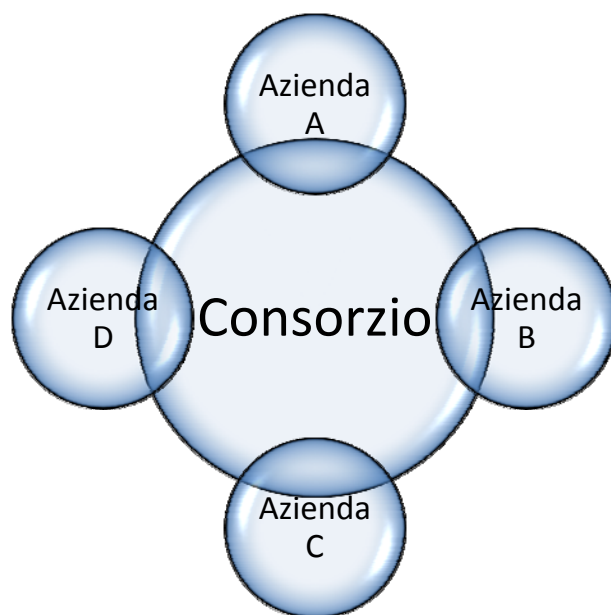


Figura 4.17. Sovrapposizione degli obiettivi di breve periodo tra Consorzio e agricoltori.

4.4 Conclusioni

Un'analisi accurata, fruibile anche per la definizione di azioni politiche per la tariffazione dell'acqua irrigua, dovrebbe studiare i costi legati alla produzione del servizio irriguo e i benefici che la produzione di tale servizio genera. Questa tesi si focalizza sullo studio dei costi legati alla distribuzione dell'acqua a scopo irriguo.

Un aspetto cruciale per l'ottenimento di un servizio pubblico efficiente, è la conoscenza delle curve di costo delle imprese, o enti, che lo forniscono. Nel servizio irriguo, i fattori produttivi diversi dal lavoro e dall'energia elettrica (dighe, strutture, edifici, mezzi, etc.) vengono gestiti e finanziati dall'Amministrazione Pubblica e non ricevono i benefici della concorrenza del mercato che invece qualificano la gestione *operativa* dei Consorzi. La comprensione dei costi della gestione di breve periodo da informazioni sulle elasticità agli output e perciò sulle politiche da adottare per guidare il comportamento degli agricoltori affinché ci siano benefici sia di breve che di lungo periodo derivanti dall'uso efficiente delle risorse e delle strutture che generano i costi fissi. Nel caso esaminato, una gestione che abbia come obiettivo la minimizzazione di una parte dei costi è plausibile. Tuttavia, l'analisi economica deve tener conto che il comportamento dei soggetti economici è basato sulle loro aspettative e non sui risultati che essi realmente ottengono. Deve essere messa in evidenza una differenza sostanziale tra i costi *economici* e i costi *contabili*. I costi economici sono quelli attesi ed in base ai quali vengono prese decisioni sull'impiego dei fattori produttivi. Comprendono anche i costi opportunità di utilizzare i fattori produttivi in un'attività alternativa a quella svolta. I costi contabili sono quelli che l'impresa ha realmente sostenuto e possono essere conosciuti soltanto dopo che tutte le decisioni sono state prese. Sono il frutto quindi della gestione e della realizzazione di tutti gli eventi, esogeni ed endogeni all'impresa. Si può dire che, mentre i contabili guardano al passato, gli economisti guardano al futuro. Per questo, i costi osservati, contabili, differiscono da quelli attesi per un comportamento ottimizzante, economici. Molte scelte si basano su aspettative, come andamento dei prezzi e disponibilità di input, che possono verificarsi o meno. In più, le attività produttive legate al mondo agricolo sono maggiormente soggette a questi scostamenti perché gli andamenti meteorologici e climatici sono un altro aspetto incerto molto importante per la pianificazione delle attività agricole. Il Consorzio, ad esempio, dovrà fare delle scelte di allocazione della manodopera in base alle scelte produttive *annunciate* dalle aziende agricole e alla disponibilità di acqua a scopo irriguo *prevista*.

La presenza degli agricoltori all'interno del Consiglio di Amministrazione, inoltre, tende ad eliminare l'asimmetria informativa che invece è tipica delle aziende pubbliche. Infatti in questo modo i fruitori del servizio, gli agricoltori, sono a conoscenza delle informazioni sui costi di fornitura del Consorzio.

Considerando quindi la partecipazione privata nelle scelte di allocazione degli input produttivi e la bassa asimmetria informativa tra fornitore e fruitore, è possibile fare delle assunzioni circa il comportamento ottimizzante del fornitore del servizio irriguo. Ciò permette di utilizzare strumenti di analisi quantitativa che si basano su ipotesi che in altri casi difficilmente possono ritenersi ragionevoli.

Capitolo 5

Metodologia

In questo Capitolo 5, riprendendo lo studio delle funzioni di costo iniziato nella prima parte del capitolo 4, si scende in maggior dettaglio sulle funzioni flessibili. Dopo una prima discussione teorica, ci si concentra sulla funzione *translogaritmica trascendente*, che è utilizzata nello sviluppo dei modelli econometrici su cui si fonda l'analisi.

5.1 La letteratura economica sulle tariffe e i costi della distribuzione idrica

L'analisi economica sull'industria idrica è molto ricca ed è interessata in prevalenza ai sistemi che riforniscono gli utilizzatori civili dell'acqua. Tra gli studi più recenti si trovano quelli di Kim (1987), Kim e Clark (1998), Fabbri e Fraquelli (2000), Mizutani e Urakami (2001), Antonioli e Filippini (Antonioli & Filippini, 2001) e Barabaschi (Barabaschi, 2007). Molti di questi lavori usano dati che provengono da più imprese, rilevati in più anni, per stimare modelli di costo le cui variabili esplicative includono anche le caratteristiche tecniche della rete, oppure considerano la fornitura idrica come un servizio multi-output. Di solito questi studi valutano gli effetti delle politiche di regolazione e di tariffazione degli utilizzi e, a tale scopo, studiano anche l'esistenza di economie di scala nel servizio idrico, anche per identificarne le dimensioni operative ottimali.

Tra le analisi sul settore idrico italiano, quella di Fabbri e Fraquelli impiega una funzione di costo totale di tipo *translogaritmico* per studiare l'impatto della legge Galli sui costi della gestione integrata dei servizi idrici. Antonioli e Filippini usano la forma Cobb-Douglas per studiare il ruolo dei costi del lavoro, dell'energia e del capitale nella fornitura di un unico prodotto, ossia l'acqua, a un certo numero di clienti. La loro analisi considera varie caratteristiche tecniche del sistema come la lunghezza della rete e l'entità delle perdite. Barabaschi usa la *translog* per stimare la funzione di costo dell'industria idrica, con i dati raccolti dal 2002 per 203 gestori italiani del servizio d'acquedotto. Il servizio è definito da una funzione multi-output, che rappresenta congiuntamente i volumi erogati, le utenze servite e la lunghezza della rete distributiva. L'analisi stima le elasticità di costo rispetto a ognuno di questi elementi.

Lo studio dei costi di distribuzione dell'acqua a uso irriguo vanta una letteratura meno ampia di quello dei servizi a scopo civile. Dono stima una funzione di costo la cui forma cubica è una restrizione imposta a priori (Dono, 2003) (Dono, Giraldo, & Severini, 2010). Sebbene ciò sia coerente con i fondamenti teorici sul comportamento delle funzioni di costo, il modello proposto non include i prezzi degli input produttivi come variabili esplicative dei costi di produzione, non avvalendosi del principio della dualità. La funzione, infatti, rappresenta esclusivamente il legame tra i costi e gli output, in un sistema multi-output dove, oltre ai volumi d'acqua, assume un peso determinante l'estensione della superficie irrigata. Questo risultato è comunque di notevole interesse e fornisce degli indizi sulla complessità del servizio irriguo. Nonostante il lavoro di Dono sia un primo tentativo di comprendere i sistemi di distribuzione dell'acqua irrigua, e avendo quindi un approccio pionieristico nell'analisi delle strutture di costo dei servizi irrigui, fornisce delle conclusioni molto rilevanti che stimolano le successive indagini economiche. Partendo proprio dal presupposto che il servizio irriguo debba essere misurato in modo più 'completo', questa tesi cerca di approfondire le conoscenze sui tali sistemi, che stanno sollevando questioni di sostenibilità ed entrano in competizioni per le risorse idriche con altri settori di consumo dell'acqua.

5.2 Funzioni flessibili

I risultati di un'analisi empirica sono validi fin quando sono valide le assunzioni su cui essa si basa. Essendo questa un'analisi empirica e trattandosi, la produzione del servizio irriguo, di un campo ancora non molto esplorato, è vantaggioso specificare una forma funzionale per la curva di costo che imponga il minor numero possibile di restrizioni sulla tecnologia produttiva. In ogni caso, la stimabilità dei parametri richiede la scelta di una forma funzionale.

L'obiettivo principale dell'analisi economica è la misurazione empirica dell'informazione economica rilevante, che caratterizza esaurientemente il comportamento degli agenti economici (Chambers, 1988). Per le tecnologie "*smooth*" (quelle cioè che sono doppiamente differenziabili e continue) l'informazione riguarda il valore della funzione (ad esempio il livello di costo), il gradiente della funzione (vettore delle derivate parziali, ad esempio le domande derivate) e l'Hessiano (per esempio, la matrice delle elasticità delle domande derivate). Quindi, si dovrebbe scegliere una forma funzionale abbastanza ricca di

parametri per descrivere indipendentemente tutti questi effetti senza imporre vincoli a priori tra gli effetti stessi. Se si sta studiando la tecnologia primale⁵ (cioè la funzione di produzione), tutte le informazioni economicamente rilevanti sono esprimibili in termini di livelli di produzione, vettore delle produttività marginali e matrice delle elasticità di sostituzione. Per un vettore degli input a n dimensioni, ci sono n produttività marginali e la matrice Hessiana contiene n^2 elementi. Se poi la funzione di produzione è doppiamente differenziabile e continua, l'Hessiano è simmetrico e si può considerare anche solamente il triangolo superiore o inferiore della matrice. Questa porzione triangolare contiene n elementi diagonali e $\frac{1}{2}n(n-1)$ elementi fuori dalla diagonale. Sommando questi singoli effetti (la dimensione del gradiente e il numero di elementi nel triangolo superiore di $\nabla_{xx}f(x)$) al valore della funzione, si ottengono $\frac{1}{2}(n+1)(n+2)$ effetti separati. La scelta della forma funzionale dipende molto dai risultati che si stanno cercando e dal loro uso: il numero di parametri necessari dipende perciò dal numero di effetti separati che si vogliono misurare.

Oltre a misurare più effetti possibili, la ricerca economica suggerisce di scegliere forme funzionali semplici da stimare. La crescente attenzione che la statistica classica ha dato al modello lineare invita a considerare forme funzionali lineari nei parametri. Una forma di questo tipo che resta abbastanza generale è la *forma Lineare Generale*

$$h(z) = \sum_{i=1}^k \alpha_i b_i(z), \quad (5.1)$$

dove ogni $b_i(z)$ è una funzione nota di z , numerica, doppiamente differenziabile e continua, e ogni α_i è un parametro, da stimare. La forma lineare generale è interessante per diversi motivi: può rappresentare almeno k effetti distinti dato che contiene k parametri; nonostante sia lineare nei parametri, non è necessariamente lineare in z ; infine, l'espressione (5.1) può approssimare qualunque funzione arbitraria doppiamente differenziabile e continua, nel senso che i parametri della (5.1) possono essere scelti in modo da assicurare che, per ogni arbitraria

⁵ Lo stesso principio vale per il problema duale e la funzione di costo che, includendo però anche i prezzi degli input tra le variabili esplicative, risulta più complessa nell'esposizione.

$$\begin{aligned}
h^*(z^0) &= h(z^0), \\
\nabla_z h^*(z^0) &= \nabla_z h(z^0), \\
\nabla_{zz} h^*(z^0) &= \nabla_{zz} h(z^0).
\end{aligned}
\tag{5.2}$$

I parametri della (5.1) possono essere scelti in modo che il valore della funzione, il gradiente e l'Hessiano siano uguali ai corrispondenti valori di qualsiasi funzione arbitraria $h^*(z)$ in z^0 . Le funzioni che soddisfano la (5.2) sono chiamate *approssimazioni differenziali del secondo ordine*. Il concetto di approssimazione differenziale del secondo ordine è importante per l'analisi della produzione, perché l'informazione contenuta nelle grandezze della (5.2) è considerata esauriente (Chambers, 1988). Oltre ad approssimare una funzione arbitraria nel senso di differenziazione del secondo ordine, l'espressione (5.1) può essere formulata anche per rappresentare un'approssimazione in serie di Taylor ad una funzione arbitraria⁶.

Le seguenti equazioni

$$\begin{aligned}
\alpha_1 &= h^*(z^0) \\
\alpha_i &= \frac{\partial h^*(z^0)}{\partial z_{i-1}}, i = 2, \dots, n+1 \\
\alpha_j &= \frac{\partial^2 h^*(z^0)}{\partial z_v \partial z_m}, j = n+2, \dots, \frac{1}{2}(n+1)(n+2),
\end{aligned}
\tag{5.3}$$

quando combinate con la (5.1), forniscono l'espansione di Taylor del secondo ordine. Le forme che possono essere interpretate come serie di Taylor del secondo ordine sono chiamate *approssimazioni numeriche del secondo ordine*.

Questi sviluppi indicano che la forma generale lineare è interessante, dato che può approssimare, in due sensi generali, qualunque funzione arbitraria doppiamente differenziabile e continua. Inoltre, visto che coinvolge almeno $\frac{1}{2}(n+1)(n+2)$ parametri indipendenti, non impone molte restrizioni a priori ai fenomeni economici che si stanno misurando. Le forme che possono essere approssimazioni del secondo ordine sia numeriche che differenziali sono comunemente chiamate *forme funzionali flessibili*.

⁶ Per un approfondimento sul polinomio di Taylor, si veda, ad esempio, Chiang (Chiang, 1984).

Il modo migliore per sottolineare cosa si intende per flessibilità è attraverso il confronto con una forma non flessibile, come la Cobb-Douglas⁷. I parametri di una Cobb-Douglas non possono essere scelti in modo da soddisfare sia la (5.2) che la (5.3). Infatti la Cobb-Douglas è al massimo un'approssimazione del prim'ordine.

La rappresentazione (5.1) è molto generale e poco gestibile per essere adatta ad un'analisi empirica. Spesso la gestibilità richiede di rappresentare ogni $b^i(z)$ come una funzione di un sottoinsieme di z . Un'altra versione della (5.1), che contiene come casi speciali le forme usate più comunemente, è la *quadratica generalizzata*

$$h(z) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i g_i(z_i) + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} g_i(z_i) g_j(z_j), \quad (5.4)$$

dove $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ ed ogni $g_i(z_i)$ è una funzione di z_i conosciuta e doppiamente differenziabile e continua.

Una delle trasformazioni più popolari delle variabili economiche è il logaritmo naturale. Applicandola all'approssimazione numerica del secondo ordine di una funzione arbitraria $\hat{h}(z)$, espandendola in termini dei logaritmi degli argomenti e ponendo il punto di approssimazione (o espansione della serie di Taylor) $z^0 = (1, 1, \dots, 1)$, si ottiene

$$\ln \hat{h}(z) \cong \ln \hat{h}(z^0) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial \ln \hat{h}(z^0)}{\partial \ln z_i} \ln z_i + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \frac{\partial^2 \ln \hat{h}(z^0)}{\partial \ln z_i \partial \ln z_j} \ln z_i \ln z_j,$$

dato che il logaritmo naturale di 1 è uguale a zero.

Ponendo $\ln \hat{h}(z^0) = \beta_0$, $\frac{\partial \ln \hat{h}(z^0)}{\partial \ln z_i} = \beta_i$ e $\frac{\partial^2 \ln \hat{h}(z^0)}{\partial \ln z_i \partial \ln z_j} = \beta_{ij}$, si ottiene

$$\ln \hat{h}(z) \cong \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln z_i + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln z_i \ln z_j. \quad (5.5)$$

La parte destra della (5.5) è la funzione *logaritmica trascendente* (per brevità, *translog*) ed è interpretabile come un'approssimazione numerica del secondo ordine ad una

⁷ La Cobb-Douglas è una funzione del tipo $y = \alpha \prod_i x_i^{\beta_i}$.

funzione arbitraria $\hat{h}(z)$ nell'intorno di $z^0 = 1$. E' anche un caso speciale della forma quadratica generalizzata e, quindi, una caso speciale della forma lineare generale. La *translog*, che è una delle forme più popolari nelle recenti analisi empiriche della produzione, è flessibile e può approssimare funzioni arbitrarie doppiamente differenziabili e continue.

5.3 Caratteristiche principali della funzione *translog*

La funzione *translog* è stata usata per la prima volta, in una stima econometrica empirica di un sistema produttivo a due fattori e due prodotti, da Christensen, Jorgensen e Lau (1973). Già nel 1971 gli stessi autori avevano proposto l'uso della *translog* per studiare i costi attraverso il principio della dualità, ampiamente approfondito in seguito (McFadden, 1978). Della *translog* è stata studiata a fondo anche la dimensione multi-output da vari autori tra cui Panzar and Willig (1977), Chambers (1988) e Panzar (1989).

La forma *translog* per la funzione di costo ha la seguente struttura:

$$\ln C(z) = \beta_0 + \sum_i \beta_i \ln(z_i) + 1/2 \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln(z_i) \ln(z_j), \alpha_{ij} = \alpha_{ji}. \quad (5.6)$$

Per comodità di notazione si consideri, $z = (z_1, z_2, \dots, z_{n+3}) = (y_1, y_2, w_1, \dots, w_n, \lambda_1)$ dove i primi elementi di z sono le quantità degli output (y), il secondo gruppo (w) sono i prezzi degli input e il terzo (λ) è dato da *variabili strumentali* che misurano caratteristiche strutturali o ambientali. Tutte le variabili indipendenti della *translog* hanno media pari a 1: ciò permette di considerare la funzione un'approssimazione di Taylor del secondo ordine intorno al punto $(1, 1, \dots, 1)$ ⁸. Quindi la *translog* stimata ha il suo punto d'espansione coincidente con il punto medio delle variabili indipendenti.

Anche nella versione multi-output, per rispettare il principio di dualità, la funzione di costo deve essere omogenea di grado uno nei prezzi degli input. Nella *translog* ciò può essere imposto come restrizione con il metodo suggerito da Christensen and Greene (1969), dividendo i prezzi dei fattori e il costo totale per il prezzo di uno dei fattori. Una

⁸ Le variabili indipendenti sono state indicizzate intorno alla loro media prima di calcolarne il logaritmo naturale.

dimostrazione estesa della validità di questo metodo per l'imposizione dell'omogeneità nei prezzi è disponibile in *Econometric Analysis e il relativo Solutions Manual* (Greene, 2003).

Il vantaggio che offre la forma *translog* rispetto ad altre forme flessibili è di essere più parsimoniosa nel numero dei parametri da stimare. Un suo limite è invece di non ammettere valori nulli per i prodotti, poiché, essendo le variabili espresse in forma logaritmica, il logaritmo di zero non è un numero finito. Spesso in letteratura si trovano lavori che escludono dall'analisi le osservazioni che contengono il valore 'zero' per qualche variabile. Questa pratica però porta ad un'auto selezione del campione, giacché l'analisi non tiene conto delle situazioni in cui quella determinata variabile assume valore nullo (ad esempio se una produzione agricola può essere realizzata anche senza l'uso di un certo fertilizzante). In questa tesi sono stati adottati due metodi per ovviare al problema, a seconda dei casi, che sono descritti di seguito. Una soluzione è stata proposta da Weninger (2003), utilizzando il metodo dello *small value*. Al valore zero viene sostituito un valore arbitrariamente più piccolo di alcuni ordini di grandezza (7 in questa tesi, ossia $1 \cdot 10^{-7}$). Questo metodo ovviamente distorce, anche se di poco, le stime dei parametri perché l'approssimazione dipende dall'unità di misura della variabile contenente gli zero. Inoltre, se la porzione di dati contenente la variabile uguale a zero è rilevante, i risultati potrebbero essere fortemente distorti. Bisogna, in un certo modo, comprendere se gli zero presenti sono di tipo 'quantitativo' (caso in cui lo *small value* è accettabile) oppure 'qualitativo' (il metodo non è più accettabile). In questa seconda situazione, Battese (2008) ha suggerito un metodo che permette di utilizzare tutto il campione senza introdurre alcuna distorsione, utilizzando le variabili di comodo (dummy). Nella funzione semplificata (Cobb-Douglas) che segue, si consideri n_1 il numero di osservazioni in cui $Z_2 > 0$; n_2 il numero di osservazioni in cui $Z_2 = 0$; le V_i sono errori non correlati distribuiti come una normale con media $\mu = 0$ e varianza $\sigma^2 = 1$; $\alpha_0, \beta_0, \alpha_1, \beta_1$ e σ^2 sono parametri da stimare.

$$\begin{aligned} \ln C_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln(Z_{1i}) + \beta_2 \ln(Z_{2i}) + V_i, & i = 1, 2, \dots, n_1 \\ &= \alpha_0 + \beta_1 \ln(Z_{1i}) + V_i, & i = n_1 + 1, \dots, n_1 + n_2 \end{aligned} \quad (5.7)$$

Il modello (5.7) specifica che la relazione tra il costo C e gli input e output Z è tale che l'elasticità del costo rispetto a Z_1 ha lo stesso valore β_1 per le osservazioni che riguardano valori di Z_2 sia positivi che nulli. Inoltre, in entrambi i casi, i parametri costanti non sono necessariamente uguali, ma la varianza degli errori è la stessa. I parametri vengono stimati facendo un pooling dei dati, come descritto dal seguente modello:

$$\ln C_i = \beta_0 + (\alpha_0 - \beta_0)D_{2i} + \beta_1 \ln Z_{1i} + \beta_2 \ln Z_{2i}^* + V_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (5.8)$$

in cui $D_{2i} = 1$ se $Z_{2i} = 0$; $D_{2i} = 0$ se $Z_{2i} > 0$ e $Z_{2i}^* = \max(D_{2i}, Z_{2i})$.

Nel modello (5.8), quando la variabile Z_2 ha un valore positivo, allora $Z_{2i}^* = Z_{2i}$, ma se $Z_{2i} = 0$ allora $Z_{2i}^* = 1$.

Questo metodo, qui mostrato su una funzione Cobb-Douglas per non appesantire molto la rappresentazione, può essere applicato alla funzione *translog* e per qualunque variabile contenga valori nulli.

La condizione di concavità non può essere imposta globalmente attraverso delle restrizioni sulla funzione *translog*, poiché questo ne distruggerebbe la sua flessibilità (Diewert & Wales, 1987). Una funzione è concava quando la sua matrice Hessiana è negativa semi-definita (Chiang, 1984). Anche nella funzione di costo *translog* questa condizione è necessaria e sufficiente per il rispetto della concavità nei prezzi degli input (Diewert & Wales, 1987). La soluzione adottata in questa tesi è quella di imporre la condizione di curvatura localmente, nel punto in cui vengono stimate anche le elasticità. Questa idea è stata proposta da Lau (1978). Si basa sulla tecnica presentata per la prima volta da Valentine (1937) per la soluzione dei vincoli di disuguaglianza, attraverso l'elevazione al quadrato dei parametri. In questa tesi è stata applicata la procedura pubblicata da Ryan e Wales (2000), che utilizza la scomposizione di Cholesky per la riparametrizzazione della funzione *translog*.

$$\begin{aligned} \ln C(y, w) = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln(w_i) + \sum_s \alpha_s \ln(y_s) + 1/2 \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln(w_i) \ln(w_j) \\ & + 1/2 \sum_s \sum_k \alpha_{sk} \ln(y_s) \ln(y_k) + \sum_s \sum_i \alpha_{is} \ln(w_i) \ln(y_s) \end{aligned} \quad (5.9)$$

La funzione (5.9) è concava nei prezzi se la matrice G è negativa semi-definita. L'elemento ij della matrice G è definito come $g_{ij} = \alpha_{ij} - \alpha_i \delta_{ij} + \alpha_i \alpha_j$ $[i, j = 1, \dots, n]$ con $\delta_{ij} = 1$ se $i = j$ e $\delta_{ij} = 0$ negli altri casi. Per imporre la curvatura soltanto nel punto di espansione si deve porre l'Hessiano uguale a $G = -DD'$, con D triangolare, e risolvere per α_{ij} . A questo punto si sostituiscono i parametri della funzione con i nuovi parametri ottenuti. Questo procedimento non distrugge la flessibilità della funzione, poiché $n(n-1)/2$ elementi di D sono sostituiti nella stima da $n(n-1)/2$ nuovi parametri.

5.4 Modello econometrico

L'approccio duale permette di ottenere, attraverso il lemma di Shephard, le funzioni di domanda degli input vincolate al vettore degli output derivando la funzione di costo rispetto ai prezzi degli input (come riportato nel Cap. 4). Nella *translog* le variabili sono in forma logaritmica, così la derivata della funzione di costo rispetto al prezzo di un input è uguale alla quota di spesa per quel fattore sul costo totale espresso dalla funzione. Questa proprietà matematica sarà utile poi anche per la misurazione delle elasticità intorno al punto d'espansione della serie di Taylor rappresentata dalla *translog* stimata. Si consideri

$$u \equiv \ln y \quad v \equiv \ln x.$$

Una serie di relazioni collega u a v , e quindi x a y ; pertanto:

$$u \equiv \ln y \quad y = f(x) \quad x \equiv e^{\ln x} \equiv e^v$$

Di conseguenza, la derivata di $\ln y$ rispetto a $\ln x$ è

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x} &= \frac{\partial u}{\partial v} = \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial v} = \\ &= \left(\frac{\partial}{\partial y} \ln y \right) \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial}{\partial v} e^v \right) = \frac{1}{y} \frac{\partial y}{\partial x} e^v = \frac{1}{y} \frac{\partial y}{\partial x} x = \frac{\partial y}{\partial x} \frac{x}{y} \end{aligned}$$

Se x è il prezzo dell'input a e y il valore della funzione di costo, derivando $\ln y$ rispetto a $\ln x$ si ottiene l'incidenza, tra 0 e 1, che l'acquisto dell'input a ha avuto su tutto il costo y . Ciò ha permesso di costruire un sistema di equazioni che alla funzione di costo (*translog*) affianca le funzioni che rappresentano la quota di spesa per i vari input. Le equazioni delle quote di costo sono date da:

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \alpha_{ij} \ln(w_j) + \sum_s \alpha_{is} \ln(y_s)$$

dove i è l'input con $i=1, \dots, n$ e w il suo prezzo. Il sistema stimato contiene la funzione *translog* e $n-1$ equazioni di quota, per evitare i problemi di singolarità evidenziati da Coelli et al., come è stato già sottolineato (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 1998).

Il metodo impiegato per stimare il sistema così ottenuto è quello proposto da Zellner (1962), che permette di stimare i parametri considerando l'eteroschedasticità e la

contemporanea correlazione degli errori tra le equazioni del sistema (Seemingly Unrelated Regression, SUR). Vengono stimate le singole equazioni con OLS (*ordinary least squares*) e si usano i residui per stimare la varianza e la covarianza degli errori. Si minimizza poi la funzione somma dei quadrati generalizzati, ottenendo lo stimatore EGLS (*estimated generalized least squares*) per i parametri da stimare. Dato che l'uso dello stimatore EGLS aumenta l'efficienza della stima rispetto al metodo OLS (ammesso che ci sia correlazione tra gli errori delle equazioni), è possibile usare i residui per stimare nuovamente la varianza e la covarianza, minimizzare la funzione somma ed ottenere un nuovo stimatore EGLS. Questa procedura è nota come 'iterativa'; è interessante notare che se viene ripetuta finché le variazioni nei coefficienti stimati sono trascurabili o nulle, le stime saranno identiche a quelle di Massima Verosimiglianza, che sono però ottenute con l'assunzione che gli errori siano distribuiti normalmente. Inoltre, stimando il sistema con EGLS iterativo, non fa differenza quale delle equazioni di quota venga soppressa dal sistema per evitare la singolarità. Essendo stati applicati contemporaneamente il metodo di Zellner nella stima e il metodo di Greene per imporre l'omogeneità nei prezzi degli input, l'input il cui prezzo divide i valori monetari è anche l'input la cui equazione di quota è stata soppressa dal sistema.

Come caso particolare, quando non c'è correlazione tra errori delle equazioni, la stima con il metodo SUR equivale a stimare separatamente ogni equazione del sistema con il metodo OLS.

5.5 Elasticità e ritorni di scala

Una delle caratteristiche più utili della specificazione *translog* riguarda il calcolo delle elasticità del costo agli output, che sono così definite:

$$\varepsilon_{y_s} = \frac{\partial C}{\partial y_s} \cdot \frac{y_s}{C} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln(y_s)} = \alpha_s + \sum_k \alpha_{sk} \ln(y_k) + \sum_i \alpha_{is} \ln(w_i).$$

Questa grandezza permette di misurare i *ritorni di scala* che si verificano se ci si allontana dal livello produttivo medio tra quelli osservati. Tutte le variabili esplicative sono state indicizzate per la loro media ed hanno quindi valore medio pari a 1. Dato che il logaritmo naturale di 1 è uguale a 0, i valori dell'elasticità del costo ad un output s è uguale

al suo coefficiente lineare nell'equazione *translog*, α_s . Trattandosi di un sistema multi-output, esistono due grandezze che esprimono il concetto di ritorno di scala. Possono essere misurati *ritorni di scala radiali* (Baumol, 1982) che indicano come i costi cambiano quando ogni output varia in proporzioni fisse. Oppure si possono calcolare i *ritorni di scala specifici*, che misurano come variano i costi in conseguenza di cambiamenti in un output specifico, mantenendo costanti le quantità degli altri output. Il ritorno di scala è il reciproco dell'elasticità. Per i ritorni di scala specifici, si calcola quindi $R_{y_s} = \frac{1}{\varepsilon_{y_s}}$, mentre per quelli

radiali $R_y = \frac{1}{\sum_s \varepsilon_{y_s}}$. Nell'analisi economica le elasticità e i ritorni di scala sono grandezze

molto importanti per capire lo stato di utilizzo delle strutture produttive e le conseguenze che possono avere degli scostamenti dai livelli produttivi medi correnti. Quando il ritorno di scala è superiore ad 1, significa che il sistema si avvantaggerebbe di ritorni di scala crescenti, aumentare cioè il livello produttivo comporterebbe dei costi medi più bassi. Infatti, la produzione avverrebbe ad un livello che sul grafico nella Figura 5.1 si collocherebbe alla sinistra di b , dove il sistema produttivo ha i costi marginali più bassi dei costi medi, che sono quindi decrescenti.

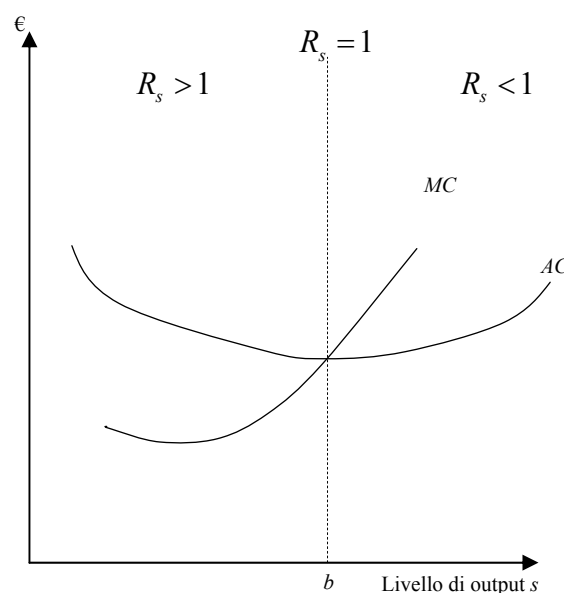


Figura 5.1. Andamento dei ritorni di scala rispetto alle curve di costo.

Qualora i ritorni di scala fossero uguali ad uno, il sistema opererebbe in condizione di uso efficiente delle strutture fisse e una variazione, positiva o negativa, nel livello di

output provocherebbe comunque un aumento dei costi medi. Infine, se i ritorni di scala risultassero minori di uno significherebbe che ci si è spinti ad un livello produttivo superiore a quello ottimale di breve periodo. L'incremento dei costi medi in questo caso dovrebbe far valutare la riorganizzazione anche alle strutture fisse del sistema produttivo, per spostare verso destra il punto in cui i costi medi incontrano i costi marginali. Con questo approccio è possibile conoscere anche l'elasticità del costo ai prezzi degli input⁹.

⁹ Si ricordi però che è stata imposta la restrizione di concavità locale nel punto medio (nonché espansione della serie di Taylor) e quindi il calcolo delle elasticità ai prezzi degli input deve essere svolta come segue: $\varepsilon_{ij} = \alpha_{ij} / S_i + S_j - \delta_{ij}$.

Capitolo 6

Modelli e Risultati

In questo capitolo si descrivono nel dettaglio i modelli che usano la funzione *translog* per rappresentare i costi della distribuzione irrigua nel Consorzio di Oristano. Si presentano quindi i principali risultati ottenuti.

L'analisi è basata sulla stima di funzioni che rappresentano, con tre diversi livelli di dettaglio, la struttura tecnologica dei sistemi utilizzati dal Consorzio per distribuire l'acqua irrigua. Si parte da un modello generale che stima la struttura dei costi considerando come un unico sistema le varie tipologie di rete usate dal Consorzio. Alcuni test statistici eseguiti su questo modello suggeriscono l'opportunità di scomporlo, rappresentando con funzioni diverse distretti della rete che utilizzano tecnologie diverse.

Da questo modello sono stati quindi derivati due nuovi modelli che considerano separatamente i distretti che utilizzano strutture di distribuzione omogenee, ovvero condotte in pressione e canalette a pelo libero. I risultati ottenuti con questi due modelli hanno suggerito di analizzare più in dettaglio le tecnologie distributive. Si è giunti, quindi, ad una rappresentazione basata su quattro modelli. Il primo rappresenta la funzione di costo della rete a canalette in cui l'acqua è distribuita esclusivamente per gravità. Il secondo è relativo ai costi della rete a canalette in cui intervengono anche impianti di sollevamento idraulico. Il terzo raffigura la funzione di costo nella rete a condotte in cui l'acqua è distribuita in bassa pressione; l'ultimo rappresenta la rete a condotte in cui l'acqua è distribuita in alta pressione.

L'analisi dei risultati ottenuti con questo progressivo livello di disaggregazioni fornisce indicazioni interessanti sui costi del servizio irriguo e sulle diverse strategie da utilizzare per la tariffazione nei vari segmenti tecnologici che lo caratterizzano.

6.1 Struttura dei modelli

I dati raccolti, in campo e attraverso documenti specifici, hanno permesso di costruire una base di dati che organizza molte informazioni tecniche ed economiche su ogni

distretto irriguo per ogni anno dal 1995 al 2007. L'analisi è suddivisa in tre tappe, con la costruzione di tre tipologie di modelli, comunque costituiti da un sistema contenente la forma *translog* e le equazioni di quota di spesa. In tutti i casi, il modello è costituito da un sistema in cui la funzione di costo è una rappresentazione dei costi operativi della distribuzione dell'acqua irrigua; è una funzione di breve periodo e multi-output. Gli input considerati nel processo produttivo sono l'energia elettrica per il pompaggio dell'acqua in quota, il lavoro tecnico e gli operai, sia stagionali che fissi. La scelta ricade su questi input perché dall'attività di campo che ha preceduto la costruzione dei modelli è emerso che questi sono gli input su cui i funzionari del Consorzio operano delle scelte ottimizzanti. I dati derivano direttamente dai bilanci del Consorzio, dalle letture dei contatori delle pompe elettriche e dai piani di turnazione del personale. In altri lavori sulla stima di funzioni di costo, tra gli input sono spesso inclusi anche i materiali per la manutenzione e la riparazione (Parker & Saal, 2000); (Caves, Christensen, & Tretheway, 1980). Secondo l'autore di questa tesi, non è corretto includerli tra gli input di questo sistema produttivo, poiché il procedimento di finanziamento dei materiali di consumo è dissociato dal processo produttivo del servizio irriguo: infatti la spesa per questa categoria di input grava su fondi derivanti da progetti di varia natura, ad esempio di ammodernamento delle reti di distribuzione, e non entra nel processo decisionale di ottimizzazione. Oltre a ciò, le manutenzioni hanno un calendario programmato e non direttamente legato all'intensità produttiva. Anche i capitali sono finanziati con meccanismi diversi, in genere attraverso supporto pubblico, e non vengono acquistati sul mercato. Anche in questo caso quindi il principio della dualità richiede che i capitali vengano esclusi dalla rappresentazione del sistema produttivo.

L'idea che guida questa tesi è che il servizio idrico in generale, ed in particolare quello irriguo, sia concepibile e misurabile come un insieme di prodotti e servizi e non soltanto come quantità di acqua. Questa convinzione è supportata dai più recenti lavori di analisi economica applicata, già citati, e dall'esperienza diretta sviluppata dall'autore durante le prime fasi di questo studio. Gli output definiti e introdotti nella funzione di costo sono due. Il primo è la superficie irrigata in ogni distretto, espressa in ettari. L'informazione proviene dalle dichiarazioni degli stessi agricoltori che sono obbligati a denunciare le colture irrigue praticate per la definizioni dei ruoli che dovranno pagare al Consorzio. L'altro output identificato riguarda il volume di acqua distribuito per ettaro. Nella definizione di questo set di output è stato considerato un problema frequente nello studio

delle funzioni multi prodotto, la forte correlazione tra le variabili degli output. Se si fosse incluso come secondo output il volume totale di acqua distribuita nel distretto, la forte correlazione con la variabile superficie irrigata avrebbe provocato inaffidabilità nelle stime. Questa forte correlazione tra superficie irrigata e volumi di acqua forniti scompare se gli output vengono trasformati in superficie irrigata e intensità di adacquamento ad ettaro, dividendo la superficie irrigata per i volumi distribuiti. Gli output sono perciò la superficie totale che durante un anno viene irrigata in ogni distretto e l'acqua che ogni ettaro riceve durante un anno attraverso l'irrigazione.

La scelta fatta permette di interpretare i ritorni di scala come segue. La superficie irrigata intesa come singolo output considera già l'acqua che viene usata per irrigare tale superficie. Raddoppiando, ad esempio, la superficie irrigata si raddoppia anche l'acqua totale necessaria, mantenendo costante il rapporto tra acqua e superficie. Viceversa, raddoppiando soltanto l'altro output, l'intensità di adacquamento ad ettaro, significa di nuovo raddoppiare i volumi d'acqua, mantenendo però fissa la superficie irrigata. I ritorni di scala specifici, quindi, vanno considerati nel primo caso come un'espansione del sistema produttivo, mantenendo costante l'intensità produttiva; nel secondo caso come un'intensificazione della produzione, mentre si mantiene fissa la dimensione operativa. Il significato dei ritorni di scala radiali riguarda la situazione nella quale entrambe gli output variano in proporzioni fisse. Se, per esempio, si produce il doppio di ogni output, in questo sistema irriguo si ottiene il doppio della superficie irrigata (e quindi il doppio dell'acqua totale) e il doppio dell'acqua ad ettaro, con una distribuzione complessiva dell'acqua totale quattro volte maggiore di quella iniziale. Perciò il ritorno di scala radiale dice cosa succede ai costi medi in seguito a variazioni lineari delle superfici irrigate e quadratiche dei volumi d'acqua distribuiti.

I dati sono organizzati in un *panel* sbilanciato, le cui dimensioni sono l'anno e il distretto irriguo. Nel corso degli anni esaminati, alcuni distretti cambiano tecnologia di distribuzione, come già spiegato nel capitolo 3. In altri casi, più distretti possono fondersi in un unico distretto (ad esempio S.Lucia e Riordino Zeddiani si sono fusi insieme dal 2001) oppure distretti singoli possono ad un certo punto dividersi (ad esempio nel 2004 il distretto Serra Arena si è scisso in S.A. Nord e S.A. Sud).

L'unità d'analisi che costituisce l'osservazione è definita dei valori riferiti ad un singolo distretto in un anno. L'analisi empirica dei costi di distribuzione dell'acqua irrigua ha seguito tre fasi principali, con lo sviluppo di tre modelli differenti.

6.2 Modello 1: Tutto il sistema di distribuzione

$$\begin{aligned}\ln C = & \alpha_d D_d + \sum_w \alpha_w \ln P_w + \sum_i \alpha_i \ln Y_i + \frac{1}{2} \sum_w \sum_k \alpha_{wk} \ln P_w \ln P_k + \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln Y_i \ln Y_j + \frac{1}{2} \sum_w \sum_i \alpha_{wi} \ln P_w \ln Y_i + \alpha_\tau \tau \\ & i = j; w = k; d = 1, \dots, z\end{aligned}$$

C è il costo per la distribuzione dell'acqua, formato dalla spesa per energia elettrica e lavoro. P sono i prezzi degli input w , che in questo modello sono *energia elettrica* (1), *lavoro operaio* (2) e dei *tecnici* (3). Y sono i livelli di output i , ossia la *superficie irrigata* in ettari in ogni distretto (1) e il *volume di acqua* in metri cubi ad ettaro (2). Il modello è stato stimato come *panel* con effetti fissi sui distretti, quindi il parametro costante α è indicizzato su d , cioè sul distretto, e le D sono z variabili dummy, una per ogni distretto. Il parametro indicizzato su τ cattura l'effetto che la riorganizzazione del lavoro operaio dell'anno 1999 ha avuto sul costo operativo, attraverso una variabile dummy che prende il valore 0 per il periodo dal 1995 al 1998 e il valore 1 per il resto delle osservazioni, fino al 2007.

Le altre equazioni del sistema, che esprimono la quota di spesa per ogni input (meno uno per evitare la singolarità), sono della forma:

$$S_w = \alpha_w + \sum_k \alpha_{wk} \ln P_k + \sum_i \alpha_{wi} \ln Y_i$$

L'omogeneità di grado uno nei prezzi richiede che siano soddisfatte le seguenti condizioni:

$$\sum_w \alpha_w = 1, \quad \sum_w \alpha_{wi} = 0, \quad \sum_k \alpha_{wk} = 0, \quad w = 1, \dots, n.$$

Questa condizione è stata imposta nel modello attraverso il metodo proposto da Christensen and Greene (1976), che consiste nel dividere i valori dei prezzi e del costo per il prezzo dell'input la cui equazione di quota è stata soppressa dal sistema. Nel sistema qui

stimato, è stato usato il prezzo del lavoro dei tecnici. Quindi la variabile per il prezzo dell'input 'lavoro tecnici' non compare neanche nella funzione di costo, ma i valori dei parametri che lo riguardano possono essere calcolati utilizzando le condizioni di omogeneità imposte.

Il primo modello è stato utile per iniziare a comprendere il sistema produttivo.

Tabella 6.1. Stime del modello generale su tutto il sistema di distribuzione.

<i>Var ln</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Std. Error</i>	<i>sign.</i>
P2	0.505111	0.009436	***
P1	0.399285	0.014098	***
Y1	0.400751	0.07251	***
Y2	0.330358	0.050387	***
P2*P2	0.3198	0.046544	***
P1*P1	0.195922	0.00178	***
Y1*Y1	-0.048328	0.056188	
Y2*Y2	0.021817	0.070353	
P1*P2	-0.16749	0.006011	***
Y1*P2	-0.050056	0.007505	***
Y2*P2	-0.006357	0.010792	
P1*Y1	0.037274	0.006411	***
P1*Y2	0.02662	0.005955	***
Y1*Y2	0.030645	0.038416	
τ	-0.177791	0.036308	***
	TL	S1	S2
Adjusted R ²	0.928408	0.422908	0.70233

Convergence achieved after: 1 weight matrix, 6 total coef iterations
 *** significatività del t-test inferiore a 0.01

Legenda: P1=Prezzo Energia elettrica; P2=Prezzo Operaio; Y1=Superficie Irrigata in ettari; Y2=Acqua distribuita in mc. per ettaro; τ =Dummy riorganizzazione lavoro.

La tabella 6. contiene i valori dei coefficienti stimati per le variabili logaritmiche e le significatività delle statistiche t ; nella seconda parte ci sono i valori di R^2 corretto delle tre equazioni del sistema. I risultati statistici sono buoni e la maggior parte delle variabili mostra livelli di significatività del t -test inferiori a 0.01. L' R^2 dell'equazione di costo è molto elevato (0.928) mostrando che quasi il 93% della varianza dei costi è spiegata dalla funzione *translog*; anche i valori delle equazioni di quota sono accettabili, 42% per l'elettricità e 70% per il lavoro operaio. E' da notare che risultano significative entrambe le variabili degli output. Questo sistema produttivo perciò vede variare i costi di distribuzione come conseguenza delle variazioni dei volumi d'acqua distribuiti e della superficie irrigata.

Il coefficiente per $Y1$, relativo alla superficie irrigata, ha perfino un valore (0.40) più alto di quello per $Y2$, l'intensità di adacquamento (0.33). Quindi, una variazione percentuale in $Y1$ ha sui costi un effetto maggiore della stessa variazione percentuale in $Y2$. Un aspetto trascurato dalla Direttiva Acque è proprio quello della definizione di metodi di tariffazione basati su output diversi dai volumi di acqua. Proprio in questo Consorzio, infatti, i costi sono più sensibili alle variazioni delle superfici irrigate che dei volumi distribuiti ad ettaro. Il sistema di distribuzione dell'acqua, per l'appunto, si avvale di strutture che sono fortemente legate alla superficie che servono e che hanno alcuni costi di utilizzo (soprattutto il lavoro tecnico e parte di quello operaio) indipendenti dai livelli di acqua che trasportano.

Il coefficiente τ è significativo ed ha segno negativo, rivelando che la riorganizzazione degli operai nel 1999 ha avuto un effetto di riduzione dei costi che si è mantenuto negli anni successivi. Infatti, il nuovo criterio di assegnazione delle mansioni aveva anche l'obiettivo di rendere più razionale ed efficiente l'impiego delle unità lavorative.

Tabella 6.2. Stime degli effetti fissi dei singoli distretti irrigui.

<i>Distretto</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Std. Error</i>	
Baratili grav.	11.8543	0.148704	***
Baratili soll.	10.30915	0.101236	***
Bennaxi	12.30288	0.174967	***
Brabau	11.60152	0.143809	***
Cabras	10.99089	0.205535	***
Cabras Paludi	11.20917	0.14948	***
Cirras	10.97345	0.131265	***
Donigala	11.34938	0.098126	***
Milis-Bauladu	11.6109	0.083903	***
Paludi	11.09083	0.17881	***
Pesaria Sud	11.1964	0.15238	***
Riordino Zedd	9.923658	0.216742	***
S.Elena PL	11.53398	0.092336	***
S.Lucia	10.61078	0.104562	***
S.Lucia+Riord	10.51888	0.097664	***
S.Maria MF	11.55057	0.07209	***
S.V.Milis	11.52356	0.081756	***
S.V.Milis Tramatza	11.66078	0.12846	***
Sa rodia Pesaria Nord	11.30307	0.101837	***
Serra Arena	11.09671	0.146133	***
Serra Arena Nord	9.620943	0.29697	***
Serra Arena Sud	11.18397	0.140412	***
Sinis	11.62647	0.0713	***
SN Fen. Sart. Perd.	11.46598	0.088014	***
Tramatza	11.76805	0.085965	***

*** significatività del t-test inferiore a 0.01.

Per completezza si riportano anche le stime per gli effetti fissi del distretto. In totale i distretti sono 26, anche se in alcuni anni sono 24 o 25, per via dei vari accorpamenti e fusioni tra distretti. Il valore di ogni parametro è il coefficiente che moltiplica la variabile dummy relativa al distretto della prima colonna della tabella 6.2 ed è espresso in logaritmo naturale. L'esponentiale di tale valore corrisponde al costo medio annuo per distribuire l'acqua in quel distretto¹⁰. I parametri sono tutti molto significativi, come atteso, poiché la stima è stata fatta includendo una variabile dummy per ogni distretto, sopprimendo il parametro costante indipendente della funzione.

Attraverso il reciproco delle elasticità stimate, è possibile ricavare i ritorni di scala specifici e radiali.

Tabella 6.3. Ritorni di scala specifici e radiali.

Superficie R_{y1}	2.50
Adacquamento annuo R_{y2}	3.03
Totale (radiale) R_y	1.37

La tabella 6.3 mostra i valori dei ritorni di scala, che sono superiori ad uno in tutti i casi. Il sistema produttivo si avvantaggerebbe dell'aumento dei livelli produttivi perché si verificherebbe una riduzione del costo medio. Questo significa che gli agricoltori, ai quali è richiesto di coprire i costi della distribuzione dell'acqua irrigua, pagherebbero un prezzo inferiore per il servizio irriguo. I valori sono abbastanza elevati e dal confronto tra i ritorni di scala specifici si nota che è l'intensità di adacquamento che comporterebbe un maggior guadagno in efficienza. Il valore maggiore di uno anche per i ritorni radiali mostra che nel complesso il Consorzio dovrebbe distribuire molta più acqua. Quindi il Consorzio d'irrigazione è mediamente sottoutilizzato rispetto alle sue potenzialità strutturali.

Spesso si argomenta il sottoutilizzo delle strutture pubbliche affermando che, essendo state dimensionate per far fronte a picchi di domanda, il loro utilizzo a regime medio presenta inevitabilmente delle diseconomie legate al sovradimensionamento. Ciò nonostante, talvolta questa motivazione può essere insufficiente per giustificare alcune inefficienze. Come sottolineano anche Zeithalm e Bitner (2002), bisogna tenere ben distinto il concetto di capacità *massima* da quello di capacità *ottimale*. La prima è la capacità del sistema che non potrà mai essere superata; mentre quella *ottimale*, inferiore alla *massima*, è

¹⁰ Si ricorda che le variabili sono state indicizzate rispetto alla loro media.

la dimensione della produzione che garantisce un adeguato livello qualitativo (Martone, 2007). La capacità ottimale dovrebbe essere calibrata in modo da coincidere con il punto di minimo della curva di costi medi di breve periodo: si raggiunge qui il pieno impiego degli impianti e degli input produttivi che generano costi fissi. Il sistema produttivo può eccedere la capacità *ottimale* in anni in cui la domanda è molto alta, spostandosi verso la capacità *massima* e affrontando dei costi medi più alti. Così anche gli agricoltori, che pagano l'acqua sui costi medi, percepirebbero l'eccezionalità dell'annata e il prezzo dell'acqua più alto avrebbe un effetto di disincentivo al suo utilizzo. I costi medi di breve periodo sono mediamente superiori ai costi marginali, indicando invece che il Consorzio è ingiustificatamente sovradimensionato e che la situazione di utilizzo efficiente degli impianti si ha soltanto nei rari, od eventuali, casi di domanda irrigua eccezionalmente elevata. In quelle annate, per di più, visto che i costi medi scendono, gli agricoltori pagano l'acqua ad un prezzo più basso, ricevendo cioè uno stimolo al consumo della risorsa, che invece accentuerà la sua scarsità proprio per via dell'elevata domanda.

La gestione delle risorse idriche dovrebbe tenere conto anche di questi aspetti. Un'ulteriore contrazione nell'uso del servizio irriguo porterebbe all'abbandono le aziende agricole che si trovano già in situazione economiche difficili ed a scaricare su quelle che restano i prezzi più alti dell'acqua irrigua.

Gli output rispetto ai quali sono stati calcolati i ritorni di scala sono le superfici irrigate e l'intensità di adacquamento ad ettaro. Queste due produzioni sono al livello annuale. Perciò, aumentare il livello produttivo significa promuovere l'espansione dei distretti irrigui, in particolar modo le superfici irrigate, e cercare di introdurre più colture irrigue durante l'anno per intensificare l'irrigazione sulle stesse superfici. Si ricordi che non sono volumi d'acqua per singola adacquata, bensì di volumi d'acqua per anno.

6.3 Modello 2: Distinzione del sistema di distribuzione

Attraverso l'introduzione di una variabile dummy che distingue le osservazioni per i distretti che usano le canalette a pelo libero da gli altri che ricevono invece l'acqua in pressione, si è compreso che la struttura dei costi per i due sistemi è diversa. Sono stati quindi sviluppati due modelli diversi, uno per i distretti che ricevono l'acqua in canalette a pelo libero ed un altro per quelli che la ricevono in condotte chiuse in pressione. E' stato eliminato il set di variabili per gli effetti fissi sui singoli distretti. Esistono poi delle caratteristiche nel servizio idrico che differenziano i due sotto-sistemi.

Gli agricoltori che ricevono l'acqua con il sistema in condotte ottengono un servizio ulteriore, in aggiunta alla superficie servita e all'acqua ad ettaro. Beneficiano infatti anche della pressione, che permette loro di usare sistemi di irrigazione che altrimenti avrebbero bisogno di un rilancio aziendale. Il modello (A), sulle condotte in pressione, contiene una variabile (*ZI*) che si riferisce alla pressione a cui l'acqua è fornita all'azienda agricola, misurata in atmosfere¹¹.

Il modello (B) contiene anch'esso una variabile aggiuntiva, il cui significato economico deve essere discusso in seguito. Si tratta delle perdite di acqua che si riscontrano nella rete di distribuzione. In questo secondo modello la variabile *ZI* è l'acqua persa durante la distribuzione, in metri cubi.

In entrambi i modelli (A) e (B), il lavoro è stato ulteriormente specificato, distinguendo gli operai in due tipologie. Sono ora considerati i prezzi delle unità di lavoro fisso e di quello stagionale. Una breve nota è necessaria per il lavoro fisso: potrebbe essere considerato un input strutturale e quindi i suoi costi sarebbero costi fissi nel breve periodo; tuttavia, anche se dipendenti fissi, le loro mansioni e la loro distribuzione tra i distretti non sono fisse neanche nel breve periodo. La minimizzazione dei costi operativi per la fornitura degli output (esogeni) si manifesta anche attraverso la gestione del personale nell'attribuzione delle mansioni agli operai in base alle specifiche esigenze produttive. Per questa ragione si è ritenuto utile considerare gli operai fissi come un input influente nelle decisioni di breve periodo.

¹¹ Anche se l'atmosfera (atm) non fa parte del Sistema Internazionale, i documenti tecnici del Consorzio contengono valori e misurazioni espressi in questa unità di misura. L'analisi non perde di generalità usando le atmosfere invece di convertire tutti i dati in Pascal (Pa).

$$\begin{aligned}
\ln C = & \alpha_0 + \sum_w \alpha_w \ln P_w + \sum_i \alpha_i \ln Y_i + \alpha_1 \ln Z_1 + \frac{1}{2} \sum_w \sum_k \alpha_{wk} \ln P_w \ln P_k + \frac{1}{2} \alpha_{11} \ln Z_1 \ln Z_1 \\
& + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln Y_i \ln Y_j + \frac{1}{2} \sum_w \sum_i \alpha_{wi} \ln P_w \ln Y_i + \frac{1}{2} \sum_i \alpha_{1i} \ln Z_1 \ln Y_i + \frac{1}{2} \sum_w \alpha_{1w} \ln Z_1 \ln P_w + \alpha_\tau \tau
\end{aligned} \tag{6.1}$$

$$i = j; w = k$$

I modelli (A) e (B) sono espressi dall'equazione (6.1), in cui la variabile $Z1$ si riferisce alla pressione nel modello (A) e alle perdite di rete nel modello (B). Le condizioni di omogeneità e di concavità locale sono state imposte.

I risultati della stima dei due modelli (A) e (B) sono nella Tabella 6.4.

Per il modello (A) l' R^2 corretto rimane molto elevato, dicendo che la funzione di costo spiega il 93% della varianza. Anche le equazioni di quota hanno valori di R^2 corretto discreti, tranne per la S2 (spesa per gli operai fissi), pari 0.28. Le variabili per gli output sono entrambe molto significative e confermano i risultati del primo modello. Infatti, anche nel sistema di condotte in pressione, la superficie irrigata ha un effetto maggiore dell'acqua ad ettaro distribuita sulla variazione dei costi operativi. La pressione a cui viene consegnata l'acqua all'azienda ($Z1$) risulta significativa, con un effetto sui costi superiore a quello dell'acqua distribuita ad ettaro, confermando ancora che il servizio irriguo dovrebbe essere considerato variegato e che i soli volumi d'acqua distribuiti non sono sufficienti per descriverlo e misurarlo adeguatamente. La riorganizzazione del lavoro operaio, espressa da τ , è coerente con il primo modello, indicando che ha avuto l'effetto di ridurre mediamente i costi del 14.3%.

Il modello (B) rappresenta la distribuzione dell'acqua in canalette a pelo libero. In questo sistema la pressione è sempre zero e perciò non è una variabile di output come nel modello (A). In questa rete esiste però un'altro aspetto che sembra utile per descriverne il funzionamento operativo. La distribuzione a canalette comporta elevate perdite di acqua, che possono superare il 30% dell'acqua immessa, a causa dei vincoli operativi nella tecnologia distributiva. Infatti, per servire le esigenze di tutti gli utenti, il canale va tenuto riempito, provocando in alcuni momenti anche delle fuoriuscite d'acqua che non sono recuperabili. Le perdite possono essere ridotte, sia pure solo parzialmente, con un maggiore impegno di lavoro, ad esempio utilizzandolo per calibrare le immissioni idriche in rete anche in ore diverse da quelle dell'impiego ordinario.

Tabella 6.4. Risultati della stima dei Modelli (A) e (B).

Var ln	Condotte (A)				Canalette (B)			
	Coeff.	Std. Error	sign.		Coeff.	Std. Error	sign.	
Cost	11.934	0.039	***		10.534	0.084	***	
P1	0.593	0.012	***		0.013	0.010		
P2	0.111	0.011	***		0.312	0.020	***	
P3	0.289	0.013	***		0.599	0.021	***	
Y1	0.666	0.023	***		0.684	0.244	***	
Y2	0.516	0.048	***		0.317	0.207		
Z1	0.572	0.067	***		-0.486	0.197	**	
P3*P3	0.036	0.064			-1.248	0.157	***	
P2*P2	0.105	0.084			-1.647	0.452	***	
P1*P1	0.064	0.042			-0.188	0.018	***	
Y1*Y1	-0.096	0.035	***		-0.703	0.571		
Y2*Y2	-0.010	0.106			-0.752	0.546		
Z1*Z1	-0.137	0.110			-1.289	0.448	***	
P1*P2	0.009	0.037			0.078	0.026	***	
P1*P3	-0.111	0.041	***		0.099	0.028	***	
P2*P3	0.074	0.050			1.487	0.206	***	
Y1*P3	-0.112	0.011	***		0.236	0.051	***	
Y2*P3	-0.130	0.021	***		0.228	0.051	***	
Y1*P2	0.070	0.010	***		-0.215	0.047	***	
Y2*P2	0.033	0.017	*		-0.262	0.048	***	
Z1*P1	0.156	0.019	***		0.005	0.015		
Z1*P2	-0.040	0.017	**		0.233	0.032	***	
Z1*P3	-0.103	0.021	***		-0.251	0.034	***	
Z1*Y1	0.156	0.019	***		0.929	0.463	**	
Z1*Y2	0.161	0.101			1.165	0.452	**	
P1*Y1	0.070	0.010	***		-0.021	0.023		
P1*Y2	0.108	0.019	***		0.081	0.022	***	
Y1*Y2	-0.085	0.038	**		-1.200	0.443	***	
τ	-0.143	0.040	***		-0.587	0.073	***	
	TL	S1	S2	S3	TL	S1	S2	S3
Adjusted R ²	0.93	0.47	0.28	0.49	0.45	0.73	0.64	0.57
Total system (balanced) observations				600	376			

Convergence achieved after: 1 weight matrix, 6 total coef iterations

Significatività t-test: *** <0.01; ** <0.05; * <0.1

Legenda: P1=Prezzo Energia elettrica; P2=Prezzo Operaio Fisso; P3=Prezzo Operaio Avventizio; Y1=Superficie Irrigata in ettari; Y2=Acqua distribuita in mc. per ettaro; Z1=Pressione in atm. (A) o Acqua persa in mc. (B); τ=Dummy riorganizzazione lavoro.

Ovviamente, questo maggiore impegno di lavoro fa aumentare i costi della distribuzione idrica. Quindi, il modello (B) contiene la variabile ‘acqua persa’ durante la distribuzione, espressa da $Z1$. Il risultato $Z1 < 0$ è coerente con le ipotesi sulla tecnologia impiegata, indicando che le perdite di rete contribuiscono, e anche sensibilmente, a ridurre i costi di distribuzione. La riduzione delle perdite può essere intesa come un output che non va a beneficio soltanto degli agricoltori, che avrebbero più acqua disponibile per l’attività agricola, ma anche per l’intera società. Le scelte operative del Consorzio tuttavia non tengono conto delle ‘mancate perdite di rete’ come output, giacché non viene riconosciuto come tale, né come input, visto che l’acqua prelevata dalla diga e distribuita agli agricoltori non viene pagata ad alcun prezzo dal Consorzio, come invece accade per l’energia elettrica e per il lavoro. Un altro aspetto interessante del modello (B) è che l’output $Y2$, volume d’acqua distribuita per ettaro, non è significativo nel termine di primo grado, e neanche in quello di secondo grado. La formazione dei costi operativi nel sistema a canalette, quindi, non è direttamente determinata dai volumi d’acqua, bensì dall’area agricola servita ($Y1$). Il sistema in canalette a pelo libero richiede molto lavoro operaio per la gestione delle consegne di acqua. L’operaio (acquaio) deve preoccuparsi di aprire e chiudere le paratoie per servire le varie aziende agricole, come in un sistema di binari per dirottare i treni alle diverse destinazioni. Non è molto importante per quanto tempo ogni paratoia resti aperta o chiusa, ma è molto impegnativo tenere sotto controllo e organizzare i tempi di molte paratoie sugli stessi canali. Quindi il lavoro richiesto per la gestione della rete a pelo libero è molto legato alla dimensione dell’area servita e non specificamente ai volumi d’acqua che vengono consegnati alle aziende.

Il termine lineare di $P1$, per il prezzo dell’energia elettrica, è anch’esso statisticamente non diverso da zero. Significa che il costo operativo è totalmente inelastico al prezzo dell’energia elettrica. Il sistema a canalette richiede l’uso del pompaggio in quota solo in alcuni casi, visto che l’acqua può fluire per gravità attraverso la rete e giungere direttamente all’azienda agricola senza essere mai pompata. Nei casi dove si effettua il pompaggio dell’acqua, questo serve per superare piccole colline e raggiungere zone non servibili con il solo ausilio della discesa per gravità. I dislivelli da superare in questi casi vanno dai 5 ai 15 metri di altitudine, che sono molto modesti, se confrontati con le quote di 40-80 metri a cui viene sollevata l’acqua per le condotte in pressione. Tecnicamente, i volumi d’acqua sono in relazione con la spesa per l’energia elettrica, poiché il pompaggio in quota richiede proprio questo input.

Anche per il sistema a canalette risulta che la riorganizzazione del lavoro τ ha ridotto mediamente i costi per la distribuzione dell'acqua, con un effetto più marcato di quello rilevato nel sistema a condotte.

Tabella 6.5. Ritorni di scala dei Modelli (A) e (B).

	R_{Y1}	R_{Y2}	R_{Z1}	R_{rad}
Modello (A)	1.50	1.94	1.75	0.57
Modello (B)	1.46	-	2.06	1.46*

** Il valore dei ritorni di scala radiali per il Modello (B) è di 0.85 considerando la riduzione di perdite come un output.*

Il Modello (A) manifesta ritorni di scala crescenti specifici per i singoli output considerati. Espandere il livello di produzione di uno degli output, mantenendo costanti i livelli degli altri, comporterebbe una riduzione dei costi medi. In questo senso, si conferma quanto già emerso dal primo modello stimato. Quando, invece, gli output vengono considerati nell'insieme e si espande la produzione del servizio idrico nei suoi tre aspetti contemporaneamente, il sistema mostra ritorni di scala decrescenti con un conseguente aumento dei costi medi. Nei distretti in cui la distribuzione dell'acqua avviene attraverso condotte in pressione, dunque, la produzione del servizio idrico ha già beneficiato dei ritorni di scala radiali crescenti, ma può essere ancora fatto uno sforzo per migliorare la calibrazione per quanto riguarda i singoli servizi prodotti, al fine di ottimizzare l'uso delle strutture che generano i costi fissi. In questo senso si dovrebbe distribuire più acqua e servire una superficie più ampia.

Il Modello (B) mostra dei ritorni di scala specifici per la superficie irrigata. Non essendo significativo il valore stimato del parametro di elasticità per i volumi d'acqua distribuiti per ettaro, si può concludere che il costo operativo nel sistema a canalette non è sensibile in modo significativo a variazioni nella produzione di quell'output, cioè l'intensità di adacquamento. Nella stima di questo modello, interpretando le perdite di rete come un output misurabile in termini di acqua risparmiata durante il processo produttivo degli altri output, si può sostituire la variabile $Z1$ con il suo reciproco ottenendo gli stessi risultati statistici, tranne che per il segno dei parametri che moltiplicano $Z1$, che saranno di segno opposto. In questo modo si può calcolare il ritorno di scala specifico per l'acqua risparmiata. Se la società e gli agricoltori riconoscessero il risparmio idrico come un

servizio, e pagassero quindi al Consorzio un prezzo per il beneficio ricevuto, il sistema produttivo del servizio irriguo si avvantaggerebbe di un ritorno di scala crescente nell'attività di riduzione delle perdite. In questo caso, il sistema di distribuzione in canalette a pelo libero manifesterebbe un ritorno di scala radiale decrescente e sarebbe fruttuosa una calibrazione della produzione dei singoli output per ottenere benefici economici derivanti dai ritorni di scala specifici. Nel caso in cui, invece, il risparmio idrico non venga riconosciuto come un beneficio sociale, allora il ritorno di scala radiale sarebbe uguale a quello specifico per la superficie irrigata, rivelando che il sistema a pelo libero è sotto utilizzato sia in termini di superficie irrigata che di acqua totale distribuita.

6.4 Modello 3: Distinzione delle Tecnologie di distribuzione

La distinzione della rete in due sotto sistemi differenziati per la tipologia di rete distributiva (condotte in pressione e canalette a pelo libero) è stato un primo passo verso la scomposizione del modello generale in quattro modelli che rappresentano le tecnologie adottate per fornire il servizio idrico. Il risultato ottenuto dal Modello (A) sulla significatività della pressione, suggerisce di esplorare l'ipotesi che esistano due tecnologie differenti per produrre i servizi di alta e di bassa pressione. Un'osservazione approfondita delle strutture delle reti di distribuzione mostra che le condotte usate per distribuire l'acqua alle pressioni più alte, superiori a 2.5 atm, sono diverse nelle loro caratteristiche ingegneristiche da quelle che invece sono impiegate per pressioni inferiori. Il Modello (A) è stato pertanto scisso in due modelli simili, uno per l'Alta Pressione (AP) ed uno per la Bassa Pressione (BP), che non contengono più le atmosfere di pressione come output prodotto, ma ognuno dei due modelli ha solo le osservazioni sui distretti a cui si riferisce.

Il Modello AP rappresenta la tecnologia produttiva del servizio idrico in Alta Pressione. Come si vede dalla tabella 6.6, tra le elasticità del costo ai prezzi degli input ($P1$, $P2$, $P3$, $(1-P1-P2-P3)$) il più grande è quello per $P1$, l'energia elettrica. Ciò conferma che questa tecnologia richiede considerevoli quantità di energia elettrica, necessaria per il pompaggio dell'acqua verso bacini di accumulo posizionati in quote elevate, per ottenere elevate pressioni dell'acqua che rifluisce a valle. Entrambi gli output considerati, la superficie irrigata ($Y1$) e l'acqua distribuita ad ettaro ($Y2$), sono significativi, confermando i risultati ottenuti con i precedenti modelli. Resta evidente come l'intensità di adacquamento abbia un'elasticità di costo maggiore della superficie irrigata.

Tabella 6.6. Risultati delle stime dei 4 modelli sulle diverse tecnologie di distribuzione.

	Condotte AP			Condotte BP			Canalette SG			Canalette GR		
<i>Var ln</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Std. Error</i>	<i>sign.</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Std. Error</i>	<i>sign.</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Std. Error</i>	<i>sign.</i>	<i>Coeff.</i>	<i>Std. Error</i>	<i>sign.</i>
Cost	11.800	0.044	***	11.410	0.116	***	10.495	0.058	***	10.494	0.099	***
P1	0.627	0.012	***	0.463	0.016	***	0.400	0.018	***	-	-	-
P2	0.046	0.008	***	0.224	0.014	***	0.109	0.023	***	0.309	0.021	***
P3	0.326	0.014	***	0.294	0.020	***	0.485	0.022	***	0.614	0.022	***
Y1	0.604	0.066	***	1.142	0.089	***	0.508	0.048	***	0.715	0.311	**
Y2	0.499	0.064	***	0.441	0.116	***	0.547	0.049	***	0.321	0.260	
Z1	-	-	-	-	-	-	-0.101	0.046	**	-0.554	0.249	**
P3*P3	0.033	0.062		0.045	0.268		-0.060	0.050		-1.497	0.177	***
P2*P2	0.065	0.059		1.820	0.986	*	-2.202	1.058	**	-2.184	0.415	***
P1*P1	0.072	0.041	*	0.078	0.072		-0.060	0.050		-	-	-
Y1*Y1	-0.191	0.061	***	0.701	0.169	***	-0.412	0.362		-0.676	0.664	
Y2*Y2	0.221	0.140		1.214	0.371	***	0.369	0.349		-0.728	0.673	
Z1*Z1	-	-	-	-	-	-	0.073	0.308		-1.275	0.516	**
P1*P2	0.006	0.024		0.076	0.054		0.272	0.073	***	-	-	-
P1*P3	-0.123	0.044	***	-0.219	0.092	**	-0.447	0.067	***	-	-	-
P2*P3	0.114	0.034	***	-0.390	0.454		1.094	0.355	***	1.799	0.215	***
Y1*P3	-0.101	0.012	***	-0.218	0.027	***	0.515	0.075	***	0.161	0.056	***
Y2*P3	-0.065	0.024	***	-0.183	0.039	***	0.599	0.057	***	0.191	0.058	***
Y1*P2	0.002	0.006		0.062	0.018	***	-0.485	0.076	***	-0.164	0.055	***
Y2*P2	-0.032	0.012	***	0.028	0.028		-0.626	0.057	***	-0.169	0.056	***
Z1*P1	-	-	-	-	-	-	0.083	0.033	**	-	-	-
Z1*P2	-	-	-	-	-	-	0.331	0.041	***	0.206	0.037	***
Z1*P3	-	-	-	-	-	-	-0.405	0.041	***	-0.214	0.037	***
Z1*Y1	-	-	-	-	-	-	0.213	0.236		0.914	0.537	*
Z1*Y2	-	-	-	-	-	-	0.018	0.334		1.165	0.519	**
P1*Y1	0.111	0.011	***	0.173	0.021	***	0.107	0.064		-	-	-
P1*Y2	0.205	0.127		0.180	0.032	***	0.154	0.045	***	-	-	-
Y1*Y2	-0.084	0.062		0.921	0.209	***	0.015	0.265		-1.198	0.508	**
BX	0.575	0.165	***	-	-	-	-	-	-	-	-	-
τ	-0.198	0.043	***	-0.060	0.121		-0.771	0.041	***	-0.533	0.092	***
Equazione	TL	S1	S2	S3	TL	S1	S2	S3	TL	S1	S2	S3
R ² Corretto	0.91	0.48	0.21	0.32	0.81	0.52	0.70	0.67	0.99	0.74	0.79	0.70
Total system (balanced) observations				420				180				76

Convergence achieved after: 1 weight matrix, 6 total coef iterations

Significatività t-test: *** <0.01; ** <0.05; * <0.1

Legenda: P1=Prezzo Energia elettrica; P2=Prezzo Operaio Fisso; P3=Prezzo Operaio avventizio; Y1=Superficie Irrigata in ettari; Y2=Acqua distribuita in mc per ettaro; Z1= Perdite di rete in mc (Canalette); τ=Dummy riorganizzazione lavoro; BX=Dummy per distretto turnato.

:

Il modello AP contiene una variabile dummy, BX, per catturare un effetto specifico del distretto Bennaxi sul valore medio della variabile dipendente. Questo è un distretto ad alta pressione, dove sono previsti anche turni d'irrigazione per le risaie, in cui l'acqua è fornita in bassa pressione. Ciò accade perché la risicoltura si pratica allagando la parcella e non beneficia della pressione fornita dal sistema idrico. Il suo valore positivo indica che distribuire l'acqua in questo distretto costa mediamente di più. Anche considerando solo i distretti in Alta Pressione, la riorganizzazione del lavoro (τ) ha avuto l'effetto, sperato, di ridurre i costi operativi; infatti il suo parametro è significativamente diverso da zero ed ha segno negativo.

Le osservazioni per il modello BP si riferiscono ai distretti che ricevono l'acqua con pressioni inferiori alle 2,5 atmosfere, mediamente inferiori a 1 atmosfera. Anche qui, come nel modello AP, l'elasticità dei costi al prezzo dell'energia elettrica è la più alta tra gli input considerati. Tuttavia, il suo valore è inferiore a quello risultato dal modello AP, confermando che il sistema in bassa pressione ha bisogno di sollevare l'acqua a quote più basse e perciò ha un consumo specifico di energia elettrica minore del sistema in alta pressione. Le due variabili di output sono significative, con la superficie irrigata che ha un valore dell'elasticità perfino superiore ad uno. In questi distretti, la riorganizzazione del lavoro non risulta aver avuto un effetto significativo sulla riduzione dei costi operativi, dato che il suo parametro τ non è significativamente diverso da zero.

Il modello (B) stimato in precedenza ha dato origine a due modelli distinti. La differenza risiede nella diversa tecnologia distributiva. Le osservazioni sono state separate in due sotto insiemi, distinguendo i distretti in cui l'acqua è stata sollevata per superare tratti collinari da quelli dove l'acqua arriva soltanto per gravità. Quindi, il primo dei due modelli, SG, include tra gli input anche l'energia elettrica; l'altro modello, GR, invece non usa questo input nel suo processo produttivo. I due modelli contengono ancora la variabile Z1 sulle perdite di rete, misurata in metri cubi.

Il modello SG mostra che la variazione di prezzo dell'energia elettrica (P1) ha un peso maggiore rispetto a variazioni di prezzo negli altri input. Gli output sono tutti significativi nelle variazioni di costo operativo. La superficie irrigata e i volumi ad ettaro distribuiti hanno anche il medesimo effetto sui costi, con valori delle rispettive elasticità quasi uguali. L'acqua persa ha un effetto simile a quello manifestato nel modello (B), ossia che ridurre le perdite di rete comporta un costo per il consorzio. Ciò significa, per di più,

che le perdite di rete sono costose da eliminare perché intrinseche nella tecnologia distributiva. Passare ad una tecnologia in condotte eliminerebbe questa componente ed eviterebbe di dover caricare il Consorzio del costo di produrre un servizio a beneficio di tutta la società, il risparmio idrico.

Tabella 6.7. Ritorni di scala per le 4 distinte tecnologie distributive.

	R_{Y1}	R_{Y2}	R_{Z1}	R_{rad}
Modello (AP)	1.66	2.00	-	0.91
Modello (BP)	0.88	2.27	-	0.63
Modello (SG)	1.97	1.83	9.86	0.95 (6.95)*
Modello (GR)	1.40	0	0.55	1.40 (6.22)

**I valori in parentesi sono i ritorni di scala radiali considerando tra gli output anche il risparmio idrico, come reciproco delle perdite.*

I ritorni di scala specifici sono generalmente maggiori di uno per le quattro tecnologie. Fanno eccezione l'area irrigata in bassa pressione e l'acqua risparmiata nella distribuzione a canalette per gravità, dove un aumento di questi output comporta costi medi crescenti. L'intensità di adacquamento non è mediamente significativa nelle variazioni del costo operativo. Analizzando più nel dettaglio e confrontando i modelli AP e BP, si nota che mentre nella bassa pressione i ritorni di scala specifici per la superficie irrigata sono decrescenti, nell'alta pressione aumentando la superficie irrigata i costi medi si abbassano. Questi due sistemi di distribuzione hanno la caratteristica di fornire l'acqua ad una certa pressione: si genera un costo per mantenere l'acqua in pressione che è legato alla dimensione della rete e quindi alla superficie servita. Infatti, le condotte che partono dai bacini di accumulo in quota forniscono i vari distretti, ma tanta più acqua le diverse aziende prelevano dalla rete, tanta più acqua deve essere pompata dal consorzio nei bacini a monte per garantire la regolarità della pressione. Il bacino di accumulo non va pensato, infatti, come un tampone (*buffer*) che ammortizza i picchi di prelievo dalla rete, bensì come una componente del sistema di distribuzione che permette di generare la pressione, ma che deve essere continuamente alimentato per mantenerne la regolarità. In entrambe le tecnologie l'intensità di adacquamento è troppo bassa rispetto alle potenzialità delle strutture e quindi andrebbe stimolato l'uso di questi sistemi per ottenere dei costi medi più bassi. I due sistemi possono essere usati in modo più efficiente aumentando l'acqua ad ettaro piuttosto

che le superfici irrigate, perché si distribuirebbe più acqua ma non ci sarebbe bisogno di servire un'area maggiore. Nei distretti in alta pressione, inoltre, ci sarebbe un vantaggio anche nell'aumentare la superficie irrigata: le strutture per le reti in alta pressione hanno dei costi fissi molto elevati che devono essere giustificati da un uso maggiore delle sue potenzialità.

I distretti serviti in gravità beneficerebbero entrambi di ritorni di scala crescenti aumentando le superfici servite. In quei distretti in cui è necessario il sollevamento per superare zone collinari, anche l'intensità di adacquamento potrebbe essere aumentata per sfruttare meglio le strutture che generano i costi fissi. Dove invece l'acqua non viene mai pompata, questo aspetto non è rilevante al fine di far variare i costi medi. Questo aspetto si riflette anche sui ritorni di scala specifici del risparmio idrico Z1. Il sistema SG ha un valore di 9.86: i suoi costi medi si ridurrebbero considerevolmente se si risparmiasse più acqua perché questa deve essere pompata, generando un costo legato ai volumi trasferiti. Invece il sistema GR vedrebbe aumentare i propri costi medi se risparmiasse più acqua: l'acqua non viene mai pompata e quindi il risparmio idrico genererebbe soltanto dei costi per il lavoro più alti. E' proprio in queste situazioni che dovrebbe essere presa in considerazione l'ipotesi di creare dei meccanismi che stimolino il risparmio idrico ad opera di chi distribuisce l'acqua.

Capitolo 7

Discussione dei risultati

La riforma del settore idrico, in atto ormai in Italia da 15 anni, ha dato rilievo al problema della gestione delle risorse idriche. La Direttiva Quadro europea sulle Acque ha stimolato fortemente questa riforma, in corso anche in molti altri paesi dell'Unione Europea. È necessario però avanzare ancora nello studio dei sistemi idrici e irrigui per comprenderne meglio le strutture e le dinamiche. In particolare, è auspicabile una rivisitazione dei concetti di tariffazione dell'acqua per l'irrigazione al fine di renderli più capaci di recuperare i costi legati all'uso della risorsa irrigua e al tempo stesso stimolare il settore agricolo, promuovendo un uso ottimale delle risorse strutturali e di quelle naturali.

Il lavoro di campo svolto per la produzione e la raccolta dei dati necessari ha contribuito molto a comprendere il funzionamento del consorzio sul territorio (Capitolo 3). Si tratta di una struttura molto vasta ed articolata, che le varie opere di ammodernamento effettuate durante gli anni hanno contribuito a rendere piuttosto variegata. Queste sue caratteristiche lo rendono rappresentativo di molti altri casi italiani e dell'area del Mediterraneo. Sono presenti sistemi di distribuzione molto vecchi, con canali a pelo libero, che trasportano l'acqua per gravità e che hanno un'elevata necessità di manutenzione. Alcuni distretti di questo tipo sono stati dotati di un sistema di pompaggio in quota che permette il superamento di ostacoli naturali, come aree collinari, e fornire l'acqua ad aziende che risulterebbero altrimenti sprovviste del servizio irriguo. Alcune aree, invece, hanno una rete di distribuzione più moderna, in condotte chiuse, dove è possibile risparmiare più acqua per via delle perdite molto ridotte. Inoltre, in base al tipo di condotta e alla possibilità di sollevare l'acqua in quota, i distretti dotati di reti tubate distribuiscono l'acqua con differenti pressioni, che possono arrivare fino a 6 atmosfere all'azienda. Alcuni addirittura hanno una erogazione dell'acqua in turni di alta pressione alternati ad altri di bassa pressione.

Questo ventaglio di possibili tipologie del servizio irriguo ricevuto dagli agricoltori ha fatto sviluppare un'agricoltura anch'essa diversificata, che si è adattata anche alle caratteristiche irrigue del distretto. Le aziende agricole che si trovano in distretti dotati di

rete in canali a pelo libero, ad esempio, costringono ad un rilancio privato della pressione per poter utilizzare gli irrigatori di tipo sprinkler per l'aspersione; le aziende che ricevono l'acqua in condotte già in pressione non hanno bisogno di sostenere questo costo.

Dall'approfondimento teorico sull'economia della tariffazione dell'acqua irrigua, nel Capitolo 4, si è compreso che per una tariffazione adeguata delle risorse idriche è necessaria una conoscenza approfondita dei benefici netti associati al suo impiego. I benefici netti possono essere conosciuti studiando la domanda e l'offerta, o fornitura, dei servizi irrigui. Tuttavia, il dibattito scientifico e politico si concentra principalmente sugli aspetti legati all'uso, e quindi alla domanda, delle risorse idriche, tralasciando gli aspetti legati alla fornitura del servizio e ai costi che esso comporta.

I criteri di tariffazione identificati attraverso l'analisi economica evidenziano delle incoerenze sostanziali nei processi di riforma del settore idrico. Le questioni più rilevanti derivano dai criteri 4, 5 e 6. Con i primi due si evidenzia che i costi d'implementazione non devono essere trascurati nell'adozione di qualunque sistema di tariffazione dell'acqua irrigua. Frequentemente, il passaggio al metodo volumetrico comporta dei costi molto elevati per l'ammodernamento delle strutture e l'installazione dei contatori. Anche la manutenzione di tali strutture e sistemi di controllo potrebbe essere molto elevata. Per questi motivi, l'adozione di un sistema di tariffazione piuttosto che un altro deve essere valutata in modo specifico in relazione alle condizioni in un dato contesto e non dovrebbe essere indicata come ottimale prima di aver analizzato il caso d'interesse. Ad esempio, non è sempre vero che un sistema di tipo volumetrico, visti i costi d'implementazione che può comportare, sia da preferirsi ad un sistema basato sulla tariffazione a superficie.

Riguardo alla gestione della risorsa, se questa mira a coprire i costi di fornitura, o di uso, dell'acqua, non deve considerare la tariffazione sul costo marginale come la soluzione ottima. In molti casi fissare il prezzo dell'acqua sul costo medio assicura maggiormente i bilanci dei fornitori. Pertanto, l'implementazione di un qualunque metodo di tariffazione si avvantaggia molto della conoscenza delle strutture di costo per la fornitura dell'acqua irrigua, soprattutto per gli effetti che diversi metodi di tariffazione hanno sulla formazione dei costi operativi della fornitura.

Il funzionamento dei consorzi si differenzia da molti altri enti pubblici poiché integra degli aspetti che sono peculiari delle imprese private. Essendo gestito dagli stessi agricoltori, attraverso un consiglio d'amministrazione, è guidato dai principi ottimizzanti

che riguardano la minimizzazione dei costi operativi, perché alcuni obiettivi economici del consorzio si sovrappongono a quelli privati delle aziende agricole. I costi d'irrigazione sono infatti pagati dagli agricoltori, che attraverso il consiglio d'amministrazione, gestiscono il consorzio nel breve periodo, cercando di minimizzarli. Questi aspetti rafforzano le assunzioni sulla condotta ottimizzante degli agenti economici studiati, che rendono valide le conclusioni emerse dai risultati ottenuti.

La metodologia scelta è di sviluppare dei modelli econometrici basati sulla funzione di costo logaritmica trascendente, o *translog*. Questa forma funzionale appartiene alla famiglia delle forme funzionali flessibili ed è la più popolare nello studio della produzione attraverso l'approccio primale o duale. Il lavoro pubblicato da McFadden (1978) ha identificato un momento importante nell'uso delle forme funzionali flessibili per le analisi empiriche della produzione. Fino a circa trent'anni fa l'uso di forme funzionali complesse non era facilmente gestibile, soprattutto a causa della limitata capacità di calcolo dei calcolatori elettronici. Oltre alle specificazioni funzionali classiche come la Cobb-Douglas, era manifesta una tendenza all'impiego di funzioni meno vincolanti per le tecnologie studiate, come la forma CES (Costant Elasticity of Substitution). Fino a quel momento, tuttavia, l'approccio allo studio delle tecnologie avveniva con forme funzionali molto rigide e vincolanti, che imponevano *a priori* le condizioni di curvatura e il rispetto del principio di dualità. Con lo sviluppo dell'informatica, si è diffusa molto velocemente l'adozione di forme algebriche che permettono di verificare *a posteriori* i presupposti teorici e di lasciare che i dati osservati mostrino i comportamenti ottimizzanti degli agenti economici, piuttosto che imporli direttamente ed incondizionatamente. Tra le forme flessibili più frequentemente utilizzate, la *translog* è sembrata particolarmente adatta perché, pur essendo tra le più parsimoniose nei parametri da stimare, permette di valutare gli effetti di *valore*, *gradiente* (elasticità) ed *hessiano* (concavità) della forma funzionale *reale*. Essendo poi una versione in logaritmi di un'approssimazione numerica, i risultati sono molto affidabili nel punto di espansione della serie, che può essere specificato a discrezione del ricercatore e generalmente è impostato nel punto medio delle osservazioni, come in questo caso.

L'adozione di questa forma funzionale ovviamente non è esente da aspetti svantaggiosi. I valori nulli sono difficili da trattare e c'è bisogno di adottare alcuni artifici matematici o statistici per eseguire delle stime non distorte. Inoltre, sorgono alcune perplessità sul comportamento della funzione stimata quando ci si allontana dal punto di approssimazione, verso le osservazioni estreme.

Utilizzando la forma funzionale *translog*, si sono sviluppati più modelli, che si differenziano per il diverso grado di dettaglio con cui definiscono la tecnologia di distribuzione dell'acqua irrigua. Risultati molto interessanti dal punto di vista tecnico ed economico sono stati ottenuti partendo da un modello generale e poi utilizzando le sue indicazioni per analizzare in dettaglio le tecnologie distributive. Grazie a questi risultati è emerso che il servizio irriguo va definito e misurato con criteri più complessi che con i soli volumi d'acqua consegnati alle aziende. I costi operativi infatti variano anche in base alle estensioni delle colture irrigue. In breve, i risultati ottenuti dallo studio indicano che la gestione della distribuzione idrica in agricoltura può essere utilmente inquadrata come problema d'irrigare delle superfici, cui fornire una certa quantità d'acqua per ettaro. In molti casi, infatti, i principali elementi di costo non sono legati direttamente ai volumi d'acqua erogati, a suggerire che una tariffazione della risorsa irrigua che considera solo i volumi distribuiti non è completa e può essere addirittura inadeguata. Tra l'altro, la tariffazione dovrebbe tener conto anche del sistema di distribuzione della risorsa, giacché nei sistemi in condotte la struttura dei costi ha caratteristiche diverse secondo la pressione di erogazione dell'acqua. In altre parole, la politica di gestione dell'acqua irrigua dovrebbe considerare anche i prodotti diversi dal volume erogato, come la superficie irrigata, la pressione di erogazione e il contenimento delle perdite di rete. Ciò suggerisce che, in vari casi, potrebbe essere poco vantaggioso adottare sistemi di pagamento volumetrici, che si legano soltanto alla quantità d'acqua fornita e cambiando i criteri già impiegati dai Consorzi. Talora, sembra anzi interessante rivisitare i criteri già impiegati dai consorzi, che legano alle superfici irrigate i pagamenti richiesti agli agricoltori per i servizi idrici.

Appaiono rilevanti anche altri aspetti del servizio, come la pressione a cui le aziende ricevono l'acqua. I modelli sui sistemi di distribuzione in condotte chiuse mostrano, infatti, che tali strutture hanno dei costi fortemente dipendenti dai volumi d'acqua distribuiti, perché molto legati al pompaggio in quota. Questo fenomeno si manifesta attraverso il mantenimento della regolarità della pressione: i costi sono molto legati alla lunghezza delle condotte e quindi alla loro dislocazione sulle superfici agricole. La pressione a cui gli agricoltori ricevono l'acqua permette loro di servirsi di tecniche di irrigazione ad aspersione che altrimenti avrebbero bisogno di un rilancio di pressione aziendale a spese private dell'azienda agricola. Con un sistema di tipo volumetrico questo servizio non viene formalmente riconosciuto e quindi la tariffazione non tiene conto del livello di pressione a cui l'acqua viene fornita, che è invece un fattore basilare del costo.

Nei distretti caratterizzati da reti in canalette a pelo libero sono più rilevanti le superfici, visto che il pompaggio avviene solo in alcuni casi e comunque è poco significativo. Per quanto riguarda le reti che non hanno un sistema di sollevamento, addirittura il volume d'acqua distribuito su ogni ettaro risulta irrilevante. Infatti, il volume va comunque messo in relazione alla superficie sulla quale l'acqua viene distribuita e quindi alla dimensione operativa della rete di distribuzione. Questa tecnologia solleva poi un aspetto d'interesse per quanto riguarda i costi e i benefici associati all'uso della risorsa idrica.

Con lo studio dell'area e la stima dei modelli sviluppati, si è visto come la distribuzione per gravità comporti delle elevate perdite di rete, le quali possono essere limitate solo parzialmente, attraverso un elevato costo di calibrazione del lavoro. Una quota dell'acqua persa è tipica della tecnologia adottata, per via dell'inevitabile tracimazione dai canali di distribuzione, e non può essere eliminata del tutto, se non cambiando tecnologia distributiva. Gli agricoltori che operano in distretti con reti tubate non sono soggetti al pagamento delle perdite, poiché sono serviti attraverso condotte chiuse, che sono molto più parsimoniose di acqua. In breve, una gestione ottimale dell'area a canalette deve sostenere, e quindi recuperare, dei costi che non esistono nell'area servita da condotte. Tuttavia, questi costi associati alle perdite non dipendono certo da scelte degli agricoltori ma da decisioni di investimento pubblico che hanno comportato la presenza sul territorio di alcune tipologie di rete piuttosto che di altre. Nell'appellarsi al principio di recupero dei costi, ci si deve quindi chiedere se sia fondato ritenere che l'efficienza comporti che gli agricoltori paghino queste perdite di rete, poiché comunque associate all'uso dell'acqua irrigua.

Facendo un'istantanea alla situazione attuale, una riduzione delle perdite di rete da parte del consorzio significherebbe che una maggior quantità di acqua diverrebbe disponibile per l'agricoltura ed anche per altri settori, come quelli civile e industriale. Si è visto dai risultati ottenuti che ridurre l'acqua persa durante la distribuzione ha un costo elevato per il consorzio. Questo sforzo di risparmio idrico riguarda perciò solo chi attualmente ne sostiene in qualche modo il costo, e non tutti i soggetti che ne ricevono i benefici. Cercando di ridistribuire tali costi su tutti i beneficiari del risparmio idrico, ne abbasserebbe l'entità e consentirebbe il raggiungimento di un uso più sostenibile delle risorse naturali.

I risultati ottenuti da tutti modelli stimati dicono che, in generale, il sistema di distribuzione dell'acqua utilizzato dal Consorzio del Campidano di Oristano risulta essere sotto utilizzato. Per usare in modo efficiente le strutture che generano i costi fissi, dovrebbe fornire il servizio irriguo a superfici più ampie e distribuire volumi d'acqua maggiori, a volte di molto, come nel caso dei distretti con reti di distribuzione in gravità. Questo è quanto emerge dai risultati sui ritorni di scala specifici e radiali ottenuti attraverso la stima dei 7 modelli di costo operativo realizzati. E' una condizione attribuibile a diverse cause, che riguardano soggetti diversi nel processo di distribuzione dell'acqua a scopo irriguo. Le strutture di distribuzione, come anche gli invasi, sono stati realizzati con fondi pubblici e il loro dimensionamento economicamente corretto potrebbe essere distorto da obiettivi diversi dalla capacità ottimale. A prescindere dalla correttezza dei principi che hanno guidato le scelte di dimensionamento, comunque il sotto utilizzo delle strutture comporta dei costi medi più elevati rispetto a quelli minimi ed ottimali. Dato che gli agricoltori devono coprire i costi della distribuzione idrica consortile, è importante che l'onere si distribuisca sul maggior numero d'imprese e di attività possibili perché esso divenga accettabile per ognuna di esse. La politica, che si occupa delle questioni legate all'equità, sembra ritenere che sono gli agricoltori che dovrebbero pagare questi costi medi più alti, in quanto utilizzatori dell'acqua irrigua, non considerando che i principi di scelta delle dimensioni strutturali hanno prodotto altri benefici che non vengono percepiti dagli agricoltori, che riguardano tutto un territorio e la sua economia.

Capitolo 8

Conclusioni

Esiste ancora una forte necessità di calibrare la gestione delle risorse idriche a scopo irriguo, per perseguire obiettivi di natura economica e politica che riguardano la riduzione degli sprechi e l'allocazione efficiente. Il problema della gestione della risorsa idrica è reso ancora più rilevante e attuale dalle recenti osservazioni e teorie sul cambio climatico globale, che prospettano scenari futuri con una scarsità dell'acqua in aumento, accompagnata da modificazioni della variabilità degli eventi atmosferici che sono alla base della sua disponibilità. L'analisi dei temi economici riguardanti l'uso dell'acqua in agricoltura fornisce risultati utili per l'affinamento degli obiettivi e delle leggi. Infatti, è importante specificare che l'implementazione del recupero costo pieno, richiesto dalla attuale normativa, non determini che in varie circostanze, gli agricoltori si trovino a pagare le inefficienze dei sistemi che gestiscono i servizi idrici.

Certamente, la sola conoscenza dei costi di fornitura è incompleta per adottare un adeguato sistema di tariffazione. Lo studio dei costi operativi ha comunque dato un apporto significativo alla conoscenza sul funzionamento dei consorzi di bonifica e irrigazione ed i risultati ottenuti permettono di fare delle considerazioni sulle indicazioni di tariffazione introdotti dalla WFD. Si è visto come il volume d'acqua fornito sia di fatto un elemento insufficiente per descrivere i costi operativi: la distribuzione dei volumi d'acqua su superfici più o meno estese ha impatti spesso più importanti dei volumi d'acqua in sé. Ciò è facilmente comprensibile, perché le strutture utilizzate nella distribuzione hanno dei costi anche di 'attivazione' e di mantenimento in funzione che è più legato alla loro dimensione piuttosto che a loro livello operativo. Quando l'acqua viene distribuita per gravità si generano delle perdite di rete dovute a necessità tecnologiche e organizzative, che raggiungono anche il 30% dell'acqua immessa nei canali. Queste perdite non assumono alcun valore economico, tranne forse quando l'acqua deve essere pompata per brevi tratti collinari. Ciò è rilevante per la gestione del servizio irriguo, nel momento in cui si vuole regolare l'esternalità dello spreco di acqua generata dal consorzio attraverso la tariffazione.

Bibliografia

2000/60/EC. (2000). *Establishing a framework for Community action in the field of water policy*.

36/1994. *Legge Galli. Disposizioni in materia di risorse idriche*.

ANBI. (2008). *La rivoluzione blu. Acqua, Agricoltura, Ambiente, I nuovi scenari*. Roma: Ambrosetti.

Antonioli, B., & Filippini, M. (2001). The use of a variable cost function in the regulation of the Italian water industry. *Utilities Policy* , 181-187.

Assimacopoulos, D. (2002). Recovery of full cost and pricing of water in the Water Framework Directive. *Re-Assessment of the Water Resources and Demand of the Island of Cyprus*. Nicosia, Cyprus.

Barabaschi, N. (2007). *Analisi delle strutture di costo dell'industria idrica italiana: Le economie di scala, di densità e di scopo*. REF.

Battese, G. E. (2008). A note on the estimation of Cobb-Douglas production functions when some explanatory variables have zero values. *Journal of Agricultural Economics* , 48 (1-3), 250-52.

Baumol, W. J. (1982). Contestable Markets: An Uprising in the Theory of Industry Structure. *American Economic Review* , 1-15.

Bos, M. G., & Walters, W. (1990). Water charges and irrigation efficiencies. *IRrigation and drainage systems* , 4:267-78.

Caves, D., Christensen, L., & Tretheway, M. (1980). Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms. *Review of Economics and Statistics* , 62:477-481.

Chambers, R. G. (1988). *Applied production analysis: a dual approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

Chiang, A. C. (1984). *Fundamental Methods of Mathematical Economics*. Singapore: McGraw Hill Book Co.

Christensen, L. R., & Greene, W. H. (1969). Economics of Scale in U.S. Electricity Power Generation. *Journal of Political Economy* (84), 655-76.

Christensen, L. R., Jorgensen, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics* , 55:28-45.

Coelli, T., Rao, P., O'Donnell, C., & Battese, G. E. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. New York: Springer Science + Business Media.

D'Antonio, M. (1998). *stituzioni di economia. Ingegneria economica-gestionale*. Napoli: ESI.

Diewert, W. E., & Wales, T. J. (1987). Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions. *Econometrica* , 43-68.

- Dono, G. (2003). Costi della distribuzione idrica per l'irrigazione nell'Italia meridionale e problemi della formazione dei prezzi dell'acqua per l'agricoltura. *Rivista di Economia Agraria*.
- Dono, G., Giraldo, L., & Severini, S. (2009). *Pricing Irrigation Water Under Alternative Charging Methods: Possible Shortcomings of Volumetric Approach*. Viterbo: DEAR, Università della Tuscia.
- Dono, G., Giraldo, L., & Severini, S. (2010). *Pricing Irrigation Water Under Alternative Charging Methods: Possible Shortcomings of Volumetric Approach*. Viterbo: DEAR, Università della Tuscia.
- Fabbri, P., & Fraquelli, G. (2000). Costs and Structure of Technology in the Italian Water Industry. *Empirica*, 65-82.
- Färe, R., & Primont, D. (1995). *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Gorman, W. M. (1976). Tricks with utility functions. In M. J. Artis, & A. R. Nobay, *Essay in economic analysis*. New York: Cambridge University Press.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric Analysis, 5th edition*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Hearne, R. R., & Easter, K. W. (1995). *Water allocation and water markets: An analysis of Gains-from-Trade in Chile*. Washington: World Bank.
- INEA. (2000). *Atlante dell'irrigazione, Regioni Meridionali*. Roma: INEA.
- Kemper, K. E. (1996). *The cost of free water: water resources allocation and use in the Curu Valley, Caerá, Northeast Brazil*. Linköping, Sweden: Linköping University, Department of Water and Environmental Studies.
- Kim, H. Y. (1987). Economies of Scale in Multi-Product Firms: An Empirical Analysis. *Economica, New Series*, 185-206.
- Kim, H. Y., & Clarke, R. (1998). Economies of Scale and Scope in Water Supply. *Regional Science and Urban Economies*, 479-502.
- Lau, L. J. (1978). Testing and imposing monotonicity, convexity, and quasi/convexity constraints. In M. Fuss, & D. McFadden, *Production Economics: a dual approach to Theory and Application* (pp. 409-52). Amsterdam: Elsevier/North Holland.
- Martone, R. F. (2007). *La produzione nelle aziende di servizi pubblici*. Padova: CEDAM.
- Massarutto, A. (2002). The full-cost recovery of irrigation: rationale, methodology, European experience. *Irrigation Water Policies: Micro And Macro Considerations*, (pp. 1-21). Agadir, Marocco.
- McFadden, D. (1978). Cost, Revenue and Profit Function. In M. Fuss, & D. McFadden, *Production Economics: A dual approach to theory and applications* (pp. 3-109). Amsterdam: North Holland.
- McKenzie, R. B., & Dwight, R. L. (2006). *The Economic Way of Thinking for Managers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McKenzie, R. B., & Lee, D. R. (2006). *Microeconomics for MBAs: The Economic Way of Thinking for Managers*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Mizutani, F., & Urakami, T. (2001). Identifying Network Density and Scale Economies for Japanese Water Supply Organizations. *Papers in Regional Science* , 211–230.
- Panzar, J. C. (1989). *Handbook of Industrial Organisation*. Amsterdam: North Holland.
- Panzar, J. C., & Willig, R. D. (1977). Economies of scale in multi-output production. *Quality Journal of Economics* (27), 481-93.
- Parker, D., & Saal, S. D. (2000). The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model. *Managerial And Decision Economics* , 21: 253–268.
- Ryan, D. L., & Wales, T. J. (2000). Imposing local concavity in the translog and generalized Leontief cost functions. *Economics Letters* , 253–60.
- Samuelson, P. A. (1948). *Foundations of economic analysis*. Cambridge: Harvard University Press.
- Shephard, R. W. (1970). *Theory of Cost and Production Funtion*. Princeton: Princeton University Press.
- Sydsæter, K., & Hammond, P. (2006). *Essential mathematics for economic analysis*. Harlow: Prentice Hall.
- Tsur, Y. (2000). Water regulation via pricing: the role of implementation costs and asymmetric information. In A. Dinar, *The political economy of water pricing reform*. New York: Oxford University Press.
- Tsur, Y., & Dinar, A. (1995). *Efficiency and equity considerations in pricing and allocating irrigation water*. Washington: World Bank.
- Tsur, Y., & Dinar, A. (1997). On the relative efficiency of alternative methods for pricing irrigation water and their implementation. *World Bank Economic Review* , 11:243-62.
- Tsur, Y., & Zemel, A. (2004). Endangered aquifers: Groundwater management under threats of catastrophic events. *Water Resources Research* , 40, W06S20, doi:10.1029/2003WR002168.
- Tsur, Y., Roe, T., Doukkali, R., & Dinar, A. (2004). *Pricing irrigation water. Principles and cases from developing countries*. Washington: RFF Press.
- Valentine, F. A. (1937). *The problem of Lagrange with differential inequalities as added side-conditions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- WATECO. (2003). *Economics and the Environment. The implementation challenge of the water framework directive. A guidance document*. Bruxelles.
- Weninger, Q. (2003). Estimating multiproduct costs when some outputs are not produced. *Empirical economics* (28,4), 753-65.
- Zeithaml, V. A., & Bitner, M. J. (2002). *Il marketing dei servizi*. Milano: McGraw-Hill.
- Zellner, A. (1962). An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias. *Journal of the American Statistical Association* , 348-68.