



**Università degli Studi della Tuscia di Viterbo
Dipartimento di Economia, Ingegneria, Società e Impresa
in convenzione con il CREA – Centro di Ricerca Politiche e Bioeconomia**

**Corso di Dottorato di Ricerca in
ECONOMIA, MANAGEMENT E METODI QUANTITATIVI XXXIV Ciclo**

**LE RISORSE IDRICHE NELL'ECONOMIA CIRCOLARE:
IL RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE TRA POTENZIALITÀ E LIMITI**

**Settore scientifico-disciplinare
s.s.d. AGR/01**

Tesi di dottorato di:

Dott.ssa Veronica Manganiello

Veronica Manganiello

Coordinatore del corso

Prof. Alessandro Sorrentino

Alessandro Sorrentino

Tutore

Prof. Gabriele Dono

Gabriele Dono

Co-tutore

Dott.ssa PhD Raffaella Zucaro

Raffaella Zucaro

A.A. 2021/22

Sommario

Introduzione.....	4
CAPITOLO 1	12
1.1 Uso dell'acqua e ambiente.....	12
1.2 Uso dell'acqua e cambiamenti climatici.....	14
1.3 Irrigazione, occupazione e reddito agricolo.....	15
1.4 Il riutilizzo di acque reflue depurate come misura di adattamento in agricoltura	16
1.5 Considerazioni di sintesi.....	18
CAPITOLO 2	19
2.1 Il riutilizzo irriguo dei reflui depurati.....	19
2.2 Il quadro normativo internazionale.....	21
2.3 Il contesto normativo europeo e nazionale	22
2.3.1 Il contesto normativo e lo sviluppo del riutilizzo	24
2.4 L'esperienza sullo sviluppo del riutilizzo.....	25
2.4.1 Evidenze tecniche dall'esperienza sul riutilizzo.....	26
2.4.2 Supporto finanziario alle esperienze di riutilizzo	27
2.5 Competenze gestionali e amministrative	27
2.6 Responsabilità e controlli	29
2.7 Ruolo dei consorzi di bonifica e irrigazione.....	30
2.8 Il nuovo regolamento UE 741/2020	31
2.8.1 Le novità rispetto alla normativa nazionale.....	33
2.9 Considerazioni di sintesi.....	35
CAPITOLO 3	37
3.1 L'irrigazione in Puglia.....	37
3.2 Il riutilizzo irriguo dei reflui depurati in Puglia.....	39
3.3 Tariffazione Irrigua	40
3.4 Il Consorzio per la Bonifica della Capitanata.....	41
3.5 Il Contributo Irriguo applicato in Capitanata	46
3.6 Il riutilizzo delle acque reflue in Capitanata.....	47
3.7 Le sperimentazioni in corso in Capitanata.....	48
3.8 Il divario tra domanda e disponibilità di acqua nel Consorzio della Capitanata	50
3.9 Alcune considerazioni riassuntive	50
CAPITOLO 4	52
4.1 Il quadro teorico e metodologico.....	52
4.1.1 Approccio metodologico: stima della domanda irrigua.....	55

4.2 Materiali: i dati per le stime econometriche	57
4.2.1 Materiali: la banca dati SIGRIAN	57
4.2.2 Materiali: la banca dati RICA.....	59
4.3 Metodi: ricostruzione dei dati sull'irrigazione aziendale con integrazione tra le banche dati SIGRIAN e RICA	60
4.3.1 Metodi: il modello SEM di equazioni strutturali	64
4.3.2 Metodi: il modello di regressione lineare multipla.....	67
4.3.3 Metodi: il calcolo delle Elasticità della domanda.....	68
4.4 Considerazioni riassuntive.....	69
CAPITOLO 5 - RISULTATI	70
5.1 Le caratteristiche strutturali ed economiche delle aziende agricole analizzate	70
5.2 I risultati dei Modelli SEM per i tre Gruppi di Aziende	76
5.3 I risultati dei modelli di regressione multipla con polinomiale OLS.....	84
5.4 Considerazioni riassuntive.....	88
CAPITOLO 6 - DISCUSSIONE	89
CONCLUSIONI	94
BIBLIOGRAFIA.....	96
SITOGRAFIA	101
APPENDICE 1	102
APPENDICE 2	111

Introduzione

La disponibilità e la gestione delle risorse naturali influiscono notevolmente sullo sviluppo economico di un Paese e sulla relativa sostenibilità nel lungo periodo. La difficoltà nel conoscerne con precisione la disponibilità e, talora anche il fabbisogno, ne comporta inevitabilmente l'utilizzo non ottimale, in particolar modo quando si ritiene che la risorsa sarà sempre e comunque disponibile, dovuto al consumo lento e quindi impercettibile delle risorse ma non per questo meno pericoloso (EEA, 2006).

L'acqua è una delle risorse più interessate da questo tipo di problemi. Dal punto di vista dei fabbisogni, la crescita della popolazione ha un'influenza diretta sull'aumento degli usi idrici per scopi civili. Inoltre, determina effetti moltiplicativi poiché induce un maggior impiego dell'acqua per aumentare la produzione di beni agricoli e industriali. L'incremento della domanda idrica innesca, quindi, processi decisionali complessi che implicano scelte politiche, amministrative, infrastrutturali e ambientali, volte a gestire la risorsa per soddisfarne la domanda (Zucaro *et.al*, 2012).

Dal punto di vista delle disponibilità, l'emergere dei cambiamenti climatici rende ancora più complesso tutto il processo. Questi fenomeni, che sono già in atto, modificano le condizioni di piovosità e di evapotraspirazione, dunque, i livelli di fabbisogno e di disponibilità locale della risorsa. Inoltre, una valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità idrica è difficile e richiede di analizzare innanzitutto gli equilibri idrologici locali e le condizioni geofisiche e climatiche (Lionello e Scarascia, 2018; García-Garizábal *et al.*, 2014). Spesso ciò non basta, giacché la scarsità idrica locale di molte aree mediterranee obbliga a soddisfare la domanda trasferendo l'acqua tra bacini idrografici diversi: per cui vanno considerati equilibri idrologici e condizioni climatiche di aree anche molto lontane (Dono *et al.*, 2019). Secondo García-Ruiz *et al.* (2011) già nel corso del ventesimo secolo sono emerse nette tendenze di lungo periodo all'aumento della temperatura e alla riduzione delle piogge. Ciò comporta che molte scelte del passato possano risultare non più idonee a soddisfare le nuove esigenze idriche e,

addirittura, incoerenti con le ipotesi più accreditate di disponibilità futura dell'acqua. Questo ha messo in discussione sia la tenuta gestionale della risorsa che l'equilibrio preesistente tra domanda e sue disponibilità complessive.

La gestione della risorsa idrica è direttamente influenzata dalle caratteristiche del territorio di utilizzo tra cui, in primis, la disponibilità. Quest'ultima è direttamente legata al ciclo naturale; pertanto, ha caratteristiche dinamiche soggette ad incertezza. In particolare, nel breve periodo, la disponibilità di acqua dipende dalla variabilità annuale delle precipitazioni e dalla ricarica delle riserve superficiali e sotterranee. Nel lungo periodo dipende da vari fattori e relazioni, anche da scelte pubbliche. Tra queste relazioni vi sono sicuramente i tassi di crescita della domanda. C'è, però, anche la capacità di stoccaggio delle acque, dipendente dagli investimenti pubblici nel settore; c'è l'entità delle perdite di risorsa, dovute allo stato delle reti di distribuzione (Massarutto A. & De Carli A.); c'è il potenziale riutilizzo delle acque reflue depurate, soggette a specifici vincoli qualitativi.

Come ben noto, l'agricoltura è il settore produttivo che utilizza la maggior parte della risorsa idrica disponibile. Il rapporto "The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture" della FAO (2020) riporta che, negli ultimi vent'anni, in tutto il mondo le riserve di acqua dolce sono diminuite di oltre il 20%. Il rapporto sottolinea, inoltre, l'importanza di produrre di più con un minor utilizzo di risorse idriche da parte di tutti i settori e, in particolare, dell'agricoltura che, tra i settori produttivi, è quello che utilizza i più elevati volumi di acqua. Lo studio prevede che tra il 2010 e il 2050 le superfici irrigate aumenteranno nella maggior parte delle regioni del mondo. In questo contesto, l'aumento di frequenza e di intensità, dei periodi di siccità (IPCC 2021), ha messo in evidenza la vulnerabilità del settore ai cambiamenti climatici, in particolare dei sistemi colturali irrigui. Per questi ultimi, gli impatti economici derivati dall'interruzione del servizio irriguo sono particolarmente rilevanti (Giannoccaro *et al.*, 2019; Dono & Mazzapicchio, 2010; Massarutto & Carli, 2009).

La richiesta idrica dell'agricoltura è soddisfatta, in parte, con prelievi di acque superficiali, in varie zone resi possibili dalla costruzione di enormi bacini di

accumulo; in parte, con notevoli emungimenti di acque sotterranee, spesso di elevata qualità, e idonee anche a usi domestici e ambientali. Il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura (ISTAT, 2010) ha rilevato per la prima volta un insieme di variabili strutturali relative alla pratica irrigua (Giannoccaro *et. al*, 2020). Ne risulta che la fonte di irrigazione prevalente sono i corpi idrici superficiali naturali, ossia laghi e fiumi, e artificiali, ossia invasi. Il resto dell'approvvigionamento (35%) avviene tramite fonti sotterranee. Nelle varie zone del Paese vi è, però, una situazione differenziata. Al Nord si è sviluppata un'imponente rete di canali di bonifica usati nel corso della stagione per la distribuzione irrigua. Nella gran parte dei casi le fonti di approvvigionamento irriguo sono costituite da prese dirette da corsi d'acqua o sorgenti. La gestione dell'irrigazione è in gran parte collettiva. Nel centro Italia la rete di bonifica è mediamente sviluppata e l'irrigazione collettiva è limitata ad aree di medie e piccole dimensioni, molto specializzate e in grado di garantire qualità e quantità di produzioni agricole ad alto reddito. Nel Sud e nelle Isole le aree soggette alla bonifica sono limitate alle pianure alluvionali lungo le coste. Dal secondo dopoguerra sono stati realizzati invasi e schemi irrigui a gestione collettiva. L'irrigazione autonoma è comunque molto diffusa e prevale in alcune aree (Puglia e Calabria in particolare) (Zucaro, 2011).

In agricoltura l'acqua viene adoperata in esigui volumi per le irrigazioni di soccorso, nel caso di ordinamenti produttivi in asciutto, e in volumi alti per i regimi irrigui stabili, tipici negli ordinamenti intensivi. Per questi ultimi, la richiesta di acqua aumenta notevolmente durante la stagione estiva, in cui diminuiscono le precipitazioni e cresce l'evaporazione dal terreno e la traspirazione delle piante, ossia aumenta l'evapotraspirazione. Secondo Saadi *et al.* (2015) il declino delle precipitazioni e la crescita dell'evapotraspirazione in inverno-primavera potrebbero rendere necessaria l'irrigazione supplementare anche per le colture alimentate a pioggia. Una quota dell'acqua d'irrigazione è restituita al reticolo superficiale e alle riserve sotterranee: ciò contribuisce a ricaricare i corpi idrici e, tuttavia, può anche concorrere a inquinarli, se favorisce la percolazione dei residui di fertilizzanti. Un prelievo irriguo non sostenibile può essere, dunque, caratterizzato dal ricorso ad acque di invaso di grande qualità che, però, sono restituite al reticolo idrografico in condizioni tali da aumentarne la concentrazione dei

carichi inquinanti. Dunque, uso di acque di grande qualità e peggioramento della qualità di altre acque, anch'esse originariamente di altissimo livello, come nel caso delle falde idriche. La situazione può aggravarsi se cresce anche l'emungimento dai pozzi, soprattutto in periodi di bassa piovosità e scarsa disponibilità generale negli invasi. In questi frangenti, la gestione razionata della risorsa disponibile negli invasi soddisfa principalmente le esigenze primarie delle popolazioni e, in successione, i fabbisogni dei settori economici strategici del territorio.

Negli ultimi anni ciò ha spesso finito col minacciare le disponibilità per l'agricoltura, dirottando il soddisfacimento delle esigenze irrigue, soprattutto nelle aree agricole delle zone aride e semi-aride, sugli attingimenti alle falde idriche e peggiorandone inevitabilmente e, forse, irreversibilmente i livelli qualitativi (IPCC, 2021). In questo contesto, il riutilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura può essere considerato per integrare le disponibilità idriche per l'agricoltura e, in tal modo, limitare i prelievi a carico di risorse di qualità. In particolare, esso può essere usato per aumentare le disponibilità idriche per l'agricoltura favorendo un processo di sostituzione dei prelievi di acque di grande qualità sia dagli invasi idrici, sia dalle falde sotterranee. Le acque reflue, infatti, usciranno dagli impianti di trattamento, e saranno immesse nelle reti irrigue, con caratteristiche chimico-fisiche, organolettiche e microbiologiche tali da permetterne il riutilizzo agricolo su tutti i gruppi colturali presenti nelle specifiche aree in cui saranno utilizzate (allegato 1 al Reg UE 741/2020). In altre parole, il riciclo agricolo di queste acque sarà svolto adeguandone le caratteristiche di qualità in modo da non generare alcun nocumento alle produzioni agricole delle zone in cui sono utilizzate. Questa tesi di Dottorato ha cercato di indagare le potenzialità e i limiti connessi all'introduzione di tale pratica, in considerazione dell'adozione del Regolamento (UE) 741/2020 sul riutilizzo irriguo dei reflui depurati in agricoltura che entrerà in vigore da giugno 2023. In particolare, la tesi si pone il problema del migliore utilizzo di queste acque valutandone le possibilità d'impiego come risorsa sostitutiva di acque di qualità attualmente usate a scopo irriguo, oppure come risorsa che accresce le disponibilità idriche del settore per espanderne con l'irrigazione la capacità produttiva. Di questa problematica si è dimostrato consapevole il Parlamento europeo che, già nella

sua risoluzione del 9 ottobre 2008 si esprimeva su come affrontare il problema della carenza idrica e della siccità nell'UE, ricordando che nella gestione delle risorse idriche si dovrebbe privilegiare un approccio orientato alla domanda¹. In particolare, la risoluzione del Parlamento afferma che l'UE dovrebbe adottare un approccio olistico alla gestione delle risorse idriche, che abbinasse misure di gestione della domanda, misure per l'ottimizzazione delle risorse esistenti nel ciclo dell'acqua e misure per la creazione di nuove risorse, e che tale approccio debba includere considerazioni ambientali, sociali ed economiche. La Commissione ha affidato al regolamento 741/2020, con il piano di gestione dei rischi sito specifico, il compito di affrontare tale questione. Il regolamento stabilisce, infatti, le prescrizioni minime applicabili alla qualità dell'acqua trattate da destinare al riciclo agricolo e al relativo monitoraggio. La stessa norma stabilisce anche le disposizioni sulla gestione dei rischi e l'uso sicuro delle acque affinate nel quadro di una gestione integrata delle risorse idriche. L'Italia si sta preparando a recepire questo regolamento con propri decreti che dovranno contenere i criteri per la gestione del rischio che non può prescindere da una valutazione della domanda d'acqua. Questa tesi analizza le condizioni di riutilizzo agricolo delle acque reflue depurate che possono generare adeguati benefici privati, sociali e ambientali. Questi benefici riguardano innanzitutto la possibilità di sostituire una parte dei prelievi agricoli dagli invasi idrici a utilizzo plurimo, consentendo che quelle acque convenzionali siano destinate in maggiore quantità agli utilizzi prioritari di tipo civile. Altri benefici si possono generare aumentando le forniture irrigue da parte degli impianti collettivi in modo da ridurre i prelievi di acque sotterranee da parte delle aziende agricole, che in stagioni di carenza idrica e incremento delle temperature generano estrazioni eccessive, ai limiti del sovrasfruttamento. È, poi, rilevante il beneficio dovuto all'aumento della disponibilità irrigua che permette all'agricoltura di accrescere le capacità produttive, generando occupazione e redditi aggiuntivi. Infine, non va trascurato che il processo di depurazione permette di ridurre la quantità degli inquinanti rilasciati, soprattutto nei corpi idrici superficiali, con tutte le implicazioni di miglioramento delle loro condizioni ecologiche.

¹ Proposta di risoluzione del Parlamento europeo su come affrontare il problema della carenza idrica e della siccità nell'Unione europea (2008/2074(INI))

Naturalmente, per programmare in maniera adeguata l'uso agricolo di questa risorsa è necessario valutare le caratteristiche generali della domanda per acque irrigue da parte dell'agricoltura. Ciò richiede di valutare la possibile reazione del settore all'aumento delle disponibilità d'acqua irrigua e, allo stesso tempo, alla variazione dei pagamenti richiesti agli agricoltori per quella risorsa. A tale scopo, è da considerare la relazione tra impiego di acque fornite dagli impianti consortili e di acque prelevate dalle falde. Il timore, evidenziato anche dalla Corte dei conti Europea, è che l'integrazione tra uso irriguo di quelle due risorse irrigue possa generare un effetto di rimbalzo che con la maggiore disponibilità delle prime accresca anche l'uso delle seconde². Altri aspetti rilevanti riguardano i problemi di accettazione per il rischio percepito di scarsa qualità dell'acqua, nonché la fattibilità tecnico-economica della realizzazione degli impianti di depurazione e immissione della risorsa riciclata nelle reti idriche collettive.

Questo lavoro di tesi si concentra sulla prima delle questioni enunciate sopra, esaminando la domanda irrigua in un territorio di grande rilevanza agricola per valutare come questa potrebbe reagire all'aumento delle disponibilità idriche provenienti da risorse non convenzionali derivanti da acque reflue depurate. L'area in esame è quella del Consorzio di Bonifica della Capitanata, in provincia di Foggia, che è di grande rilevanza per l'irrigazione pugliese e, addirittura, italiana, in cui sono già predisposti impianti di depurazione dei reflui e c'è già un parziale impiego di questi ultimi in agricoltura. La zona è una delle più importanti aree di produzione orticola d'Italia. Essa è caratterizzata da un clima semi-arido che rende fondamentale l'irrigazione per la produzione delle colture intensive ad alto reddito, ortive ma anche viticole e olivicole, necessarie per mantenere adeguati livelli di reddito per le comunità locali e, conseguentemente, la stabilità del tessuto socioeconomico. L'irrigazione di questa zona è svolta anche con prelievi di acque sotterranee da pozzi privati; il fenomeno raggiunge particolare intensità nelle stagioni di carenza idrica e maggiore incremento delle temperature e concorre a causare la problematica ambientale relativa alla risalita del cuneo salino e al

² Relazione speciale Corte dei conti UE 20/2021: “ Utilizzo idrico sostenibile in agricoltura: i fondi della PAC promuovono più verosimilmente un maggiore utilizzo dell'acqua, anziché una maggiore efficienza”.

conseguente deterioramento qualitativo delle falde idriche³. I prelievi di acque sotterranee sono svolti sia da aziende che sono raggiunte dalle reti irrigue consortili e che, però, richiedono ulteriori disponibilità per soddisfare i fabbisogni irrigui delle loro colture; sia da aziende che non sono raggiunte da quelle reti e, dunque, non hanno altre fonti di approvvigionamento idrico. Il lavoro sperimentale si è basato su un'analisi di tipo econometrico che ha mirato a valutare le caratteristiche della domanda di acqua per l'irrigazione espressa da quell'agricoltura. In particolare, sono stati stimati vari modelli econometrici per distinguere tra la domanda d'acqua espressa dalle aziende che attingono alle falde per integrare le forniture consortili e la domanda espressa dalle aziende che possono attingere solo alle acque sotterranee. L'obiettivo era di capire come potrebbe reagire l'attività di queste due tipologie di aziende a fronte di usi diversi di questi reflui che integrino le disponibilità idriche di quel territorio. Specificamente, si è considerato, da una parte, un impiego dei reflui che incrementi le disponibilità idriche gestite dal Consorzio di Bonifica, per espanderne la rete alle zone che non sono attualmente raggiunte e fornire, così, un'alternativa a chi attualmente irriga attingendo solo alle falde idriche. Dall'altra, un impiego che aumenti le disponibilità delle aree già servite dalla rete irrigua consortile per comprimere al massimo i prelievi di acque sotterranee in quelle zone. Dall'altra parte ancora, un impiego di questi reflui che riduca i prelievi agricoli dall'invaso a usi plurimi cui attinge il Consorzio e destinare una quota maggiore di quelle acque a impieghi civili, ritenuti preminenti da tutte le istituzioni di governo della risorsa idrica.

Lo studio della domanda d'acqua espressa dalle diverse tipologie di aziende agricole è stato dunque svolto per comprendere se i reflui depurati andrebbero usati per incrementare le disponibilità idriche consortili, estendendo la rete per ridurre al minimo i prelievi irrigui delle aziende agricole dai pozzi; oppure, se andrebbero usati per sostituire fonti idriche di pregio attualmente impiegate per l'irrigazione, senza favorire l'eventuale espansione della pratica irrigua sul territorio.

³ PTA Regione Puglia (2015). Aggiornamento Piano di Tutela delle Acque.

In considerazione di ciò, il CAPITOLO 1 descrive le tre problematiche di rilievo della gestione idrica nel settore agricolo, quella ambientale, quella dei cambiamenti climatici e quella del reddito e dell'occupazione, definendo come il riutilizzo dei reflui depurati possa contribuire ad affrontarle.

Il CAPITOLO 2 propone una panoramica della normativa internazionale, comunitaria e nazionale sul riutilizzo irriguo dei reflui depurati, indagandone la gestione amministrativa, le responsabilità e il ruolo dei Consorzi di Bonifica e concludendo con un focus sul nuovo Regolamento UE 741/2020.

Il CAPITOLO 3 analizza l'uso dell'acqua nell'area agricola in cui si inserisce il caso studio, descrivendo le condizioni della gestione consortile, con i volumi d'acqua distribuiti nelle varie zone del territorio, le tariffe irrigue applicate e le condizioni nelle quali si trova la pratica del riutilizzo irriguo dei reflui depurati.

Il CAPITOLO 4 descrive, il quadro teorico-metodologico che si è considerato per sviluppare l'analisi; i materiali e i metodi usati per specificare i fattori che determinano la domanda dell'acqua espressa dalle varie tipologie di azienda agricola che potrebbero essere interessate da una politica di reimpiego dei reflui depurati.

Il CAPITOLO 5 riporta i relativi risultati.

In tutti questi capitoli un paragrafo di considerazioni di sintesi descrive i principali aspetti emersi nella trattazione.

Infine, ci sono i due capitoli che riportano le discussioni e le conclusioni.

CAPITOLO 1

Quando si vuole sviluppare una politica che favorisca l'allocazione ottimale dell'acqua disponibile tra i suoi vari usi è opportuno, innanzitutto, considerare gli effetti ambientali del suo impiego civile o produttivo. Non va poi ignorato che tali effetti vanno modificandosi a causa delle alterazioni di disponibilità e fabbisogno idrico dovute ai cambiamenti climatici. Infine, è fondamentale definire le implicazioni dell'uso dell'acqua in termini di benessere, reddito e occupazione generati nelle attività che impiegano la risorsa.

1.1 Uso dell'acqua e ambiente

Tra le componenti della domanda di acqua una voce importante è quella ambientale. L'equilibrio idrologico e idrogeologico di un ecosistema, infatti, è una condizione di stabilità formatasi nel tempo attraverso diversi processi geologici di interazione tra acqua e suolo. Tali equilibri sono di natura dinamica in quanto garantiti da processi ciclici naturali continui di apporto, deflusso superficiale, accumulo (superficiale e sotterraneo) e utilizzo di acqua, quest'ultimo rappresentato dal fabbisogno idrico delle specie vegetali e animali sviluppatasi nello stesso contesto ecologico. Queste dinamiche ambientali sono essenziali per la sostenibilità ecologica di un territorio e sono anche alla base della stabilità fisico-chimica dei suoli. Pertanto, al fine di garantire una gestione ottimale e sostenibile della risorsa idrica, è essenziale che la stima della disponibilità per usi antropici venga effettuata al netto delle esigenze ambientali che dovranno essere volutamente considerate nei bilanci idrici.

La crescita degli agglomerati urbani e industriali, associata allo sviluppo moderno dell'agricoltura, implica notevoli pressioni sugli equilibri ecologico-ambientali dovute alla diversione della risorsa idrica verso impieghi che sono diversi dalle esigenze naturali, nonché al deterioramento delle condizioni in cui si trovano i corpi idrici.

Predisporre un bilancio idrico capace di rispettare le esigenze degli equilibri ecologici contribuisce a definire un vincolo d'uso territoriale dell'acqua, in quanto sia il suo prelievo che la sua restituzione ai corpi idrici possono

determinare impatti negativi sulle condizioni ecologiche di questi ultimi. Il prelievo eccessivo sottrae risorsa utile alle normali funzioni ecologiche dell'acqua, mentre la restituzione di acqua di qualità inferiore, oltre a contribuire all'incremento dell'inquinamento ambientale, limita la capacità d'uso della risorsa per impieghi alternativi, generando pertanto esternalità negative⁴.

Quando si valuta la diversione dell'acqua dalle destinazioni naturali agli usi civili o produttivi è opportuno esaminare l'utilità prodotta in questi ultimi impieghi, nonché le esternalità positive e negative che vi si accompagnano. Nel caso dell'agricoltura vanno considerate le esternalità ambientali positive, come la conservazione/realizzazione di paesaggi rurali gradevoli, in grado di favorire l'uso ricreativo da parte dei residenti nei centri abitati. Vanno, però, considerate anche le esternalità ambientali negative, dovute agli eccessivi prelievi di risorsa idrica di migliore qualità dalle falde sotterranee, con il rilascio di fertilizzanti azotati che possono inquinare i corpi idrici in cui si riversano. Ormai da anni la Politica Agricola Comunitaria (PAC) va configurandosi con l'obiettivo di sostenere la produzione di esternalità positive da parte del settore agricolo e contrastarne la generazione di esternalità negative. Nella sua edizione per il periodo 2014-2020, la PAC ha disincentivato l'uso dei fertilizzanti, tramite la condizionalità, ovvero collegando l'erogazione di contributi all'adozione di *buone pratiche agronomiche*, alla razionalizzazione delle concimazioni, oppure al ricorso a varie tecniche di agricoltura a basso impatto ambientale oltre che perseguire un uso sostenibile delle risorse idriche in agricoltura. La PAC in progettazione per i prossimi anni include obiettivi ambientali ancora più ambiziosi e prevede di adottare vari strumenti per promuovere l'uso sostenibile delle risorse idriche e perseguire la loro tutela qualitativa e quantitativa. Questi obiettivi sono in linea con quanto previsto dal *Green Deal* Europeo e dalla strategia *Farm to Fork* che mira ad una riduzione dell'uso dei pesticidi chimici e di fertilizzanti (Cortignani R. *et al.*, 2021).

⁴ Zucaro, R. (2014). Condizionalità Ex-Ante Per Le Risorse Idriche. Opportunità e Vincoli per il mondo agricolo. INEA, Roma.

1.2 Uso dell'acqua e cambiamenti climatici

Già nel 1977, Schneider nel suo libro “La strategia della genesi: modificazioni climatiche e sopravvivenza globale” allertava la comunità globale circa le ricadute negative di una crisi climatica sul sistema agro-alimentare mondiale. In particolare, si riferiva all'intensificarsi dei periodi siccitosi e all'aumento generalizzato delle temperature, invocando politiche di adattamento che consentissero il corretto funzionamento dei mercati agricoli, anche e soprattutto, durante i periodi di scarsa produzione. L'adattamento ai cambiamenti climatici prospettato da Schneider si basava essenzialmente sulla creazione di riserve di *commodities* e di beni di consumo intermedi da utilizzare per mitigare gli effetti negativi della variabilità climatica sulla produzione dei beni agricoli e del relativo consumo.

La consapevolezza politica dei potenziali effetti negativi dei cambiamenti climatici ha avuto concretezza con la costituzione dell'*Intergovernmental panel on climate change* (IPCC) nel 1988 che ritenne fondamentale approfondire la conoscenza delle modifiche del clima a scala regionale o locale per definire le strategie più appropriate di gestione degli ecosistemi e della disponibilità idrica. La linea d'azione proposta dall'IPCC è stata condivisa dalla Direttiva Quadro sulle Acque (DQA – 2000/60/CE) e dalla Direttiva sulla valutazione e gestione dei rischi di alluvione (2007/60/CE). La DQA è stata recepita in Italia nel d.lgs. 152/2006 “Norme in materia ambientale” che ripartisce il territorio nazionale in sette Autorità di distretto idrografico⁵, cui affida il compito di redigere un Piano Gestione Acque⁶

⁵ Unità territoriale di riferimento per la gestione e la pianificazione dell'uso e della tutela dell'acqua su scala di bacino idrografico. L'attuale assetto normativo, individua livelli di pianificazione, articolati per ciascuno dei 7 distretti idrografici individuati: il Distretto Idrografico del Fiume Po, il Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, il Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, il Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale, il Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, il Distretto Idrografico della Sicilia, il Distretto Idrografico della Sardegna.

⁶ Il Piano di gestione delle acque è lo strumento di attuazione delle politiche di tutela delle acque comunitarie e definisce le misure necessarie al raggiungimento di obiettivi ambientali, quali il "buono stato" dei corpi idrici superficiali e sotterranei naturali ed il "buon potenziale ecologico" di quelli superficiali artificiali o "fortemente modificati", nonché obiettivi di qualità per specifica destinazione dei corpi idrici superficiali e sotterranei del distretto idrografico.

(PGA) in coordinamento con le finalità della Politica Agricola Comune (PAC).

In termini generali, riferendosi agli scenari di cambiamento climatico previsti, la politica di adattamento per l'agricoltura dovrebbe raggiungere un equilibrio dinamico tra domanda di acqua ad uso irriguo, disponibilità della risorsa e riduzione dell'inquinamento dei corpi idrici. Le azioni da intraprendere per raggiungere tale obiettivo sono volte ad aumentare la disponibilità idrica e a calibrare opportunamente l'offerta e la domanda irrigua a livello territoriale. Le azioni per l'aumento della disponibilità della risorsa irrigua possono essere intraprese sia a livello settoriale che aziendale, focalizzando l'attenzione sul risparmio idrico, sull'accumulo di risorsa, e sull'uso di fonti alternative rispetto a quelle convenzionali dei corpi idrici superficiali e delle falde sotterranee. La politica di sviluppo rurale della PAC per il periodo 2014-2022 e per il 2023-2027 cofinanziano i costi necessari a realizzare le azioni di adattamento da parte delle imprese agricole (Dono *et al.*, 2015).

1.3 Irrigazione, occupazione e reddito agricolo

L'analisi dei punti precedenti è la cornice necessaria in cui si deve sviluppare la valutazione degli effetti di occupazione, reddito e benessere che si genera impiegando la risorsa idrica nelle sue diverse utilizzazioni alternative. Quest'analisi è basilare per allocare in modo ottimale l'acqua disponibile tra questi vari impieghi. In questo lavoro di tesi noi ci concentreremo sull'uso agricolo dell'acqua che è quello che assorbe le maggiori quantità di risorsa e che, per i motivi illustrati nel prossimo capitolo, si avvarrà direttamente delle maggiori disponibilità idriche generate dal riciclo dei reflui depurati.

L'acqua riveste un ruolo fondamentale per lo sviluppo delle aree agricole in quanto permette la presenza di quella parte di agricoltura irrigua che porta con sé occupazione e reddito. Uno studio del CREA sulle aziende RICA della Capitanata (CREA PB, 2010) evidenzia come la produttività per ettaro è maggiore per le aziende con irrigazione rispetto a quelle senza irrigazione (rapporto 1 a 3); il valore aggiunto per ettaro delle aziende irrigue è quasi quattro volte quello delle aziende in asciutto; l'intensità di lavoro, ovvero il numero di ore di lavoro per ettaro impiegate nelle aziende con l'irrigazione,

è il triplo di quello impiegato per le aziende senza irrigazione; ed infine, le aziende con irrigazione riescono a remunerare meglio il lavoro, rispetto alle aziende senza irrigazione⁷.

L'irrigazione è strettamente connessa alle condizioni di sostenibilità sociale ed economica. Dal punto di vista occupazionale, il settore primario traina la maggior parte dell'economia del mezzogiorno soprattutto con gli stagionali, in buona parte impiegati nella raccolta di produzioni irrigue. Le condizioni di arruolamento sono in genere molto sfavorevoli. Secondo le statistiche della Commissione il reddito netto per unità di lavoro familiare nel 2017 era pari al 46,5% del salario medio dell'economia, e il salario pagato agli occupati in agricoltura era meno della metà di quello che mediamente percepisce un occupato nell'insieme dell'economia. Porsi il problema della sostenibilità economica e sociale delle aree più deboli, come fa la PAC per il periodo 2023-2027, richiede dunque di promuovere le attività che generano occupazione e crescita in quelle zone. Tra queste attività, vi è sicuramente la produzione delle colture irrigue.

La disponibilità di acqua diventa, pertanto, un fattore necessario a sostenere il settore primario. Negli ultimi anni l'agricoltura ha dovuto assecondare varie spinte che l'hanno condizionata nel suo utilizzo dell'acqua. Ha dovuto seguire sollecitazioni al risparmio idrico, alla tutela ambientale e, contestualmente, ha dovuto fronteggiare un aumento di frequenza di fenomeni estremi, come alluvioni e siccità con i loro effetti di perdite ingenti di raccolto e di reddito.

1.4 Il riutilizzo di acque reflue depurate come misura di adattamento in agricoltura

Una soluzione che risponde simultaneamente alle tre problematiche messe precedentemente in evidenza è individuata nel riutilizzo irriguo delle acque reflue depurate. Questo richiede di accentuare il grado di trattamento di questi reflui in modo da accrescere le potenzialità del loro impiego agricolo per integrare o, per converso, sostituire e proteggere risorse idriche di migliore qualità. In entrambi questi casi è opinione diffusa che il riutilizzo delle acque

⁷ Aspetti economici dell'agricoltura irrigua in Puglia, CREA PB, 2010, Roma.

reflue depurate contribuisca ad aumentare la disponibilità idrica di un territorio favorendo la tenuta dei redditi agricoli e dell'occupazione⁸.

La gestione delle acque reflue in agricoltura è ritenuta fondamentale per vari motivi (Plan Bleu-GWP, 2012; FAO, 2012). In primo luogo, perché essa può ridurre il livello dei prelievi dai corpi idrici superficiali e sotterranei. Inoltre, perché, contenendo nutrienti per le piante, l'uso irriguo delle acque reflue può essere di particolare beneficio per la produzione agricola. In terzo luogo perché, trattando le acque reflue in modo da adeguarle ai parametri che permettono il riciclo agricolo, si riduce la quantità di acqua reflua scaricata nell'ambiente nelle sue condizioni originarie, contribuendo così ad un beneficio ambientale dovuto ad un minor inquinamento dei corpi idrici recettori. Infine, il riutilizzo agricolo delle acque reflue trattate è ritenuto importante perché attualmente è più conveniente del ricorso ad altre fonti non convenzionali, come la dissalazione, principalmente a causa del minor fabbisogno energetico del processo che consente l'uso agricolo della risorsa (Plan Bleu-GWP, 2012). I principali ostacoli nell'applicazione di tale pratica sono solitamente vincoli istituzionali e normativi, guidati in parte dalla mancanza di accettazione culturale. In alcuni casi, però, anche la fattibilità economica e tecnica di questo sistema, potrebbe essere un fattore limitante⁹. Il dibattito sul riutilizzo irriguo dei reflui depurati in agricoltura ha subito una spinta negli ultimi anni, fino ad arrivare all'approvazione del regolamento 741/2020 del Parlamento e del Consiglio. Fino a quel momento, l'assenza di una legislazione chiara e flessibile sul riutilizzo di acque reflue depurate non aveva facilitato la diffusione di questa pratica, che rimaneva molto limitata su tutto il territorio europeo (Pistocchi *et al.*, 2018).

⁸ Approvato il nuovo Regolamento europeo sul riutilizzo dell'acqua: la situazione italiana. Pianeta PSR: numero 92 giugno 2020

⁹ *Possibilità di impiego delle acque reflue trattate in agricoltura e delle acque salmastre dissalate per usi potabili* Cotecchia V. & Liberti L.

1.5 Considerazioni di sintesi

La definizione dell'allocazione ottimale delle risorse idriche disponibili tra i vari usi non può prescindere da valutazioni che tengano conto della componente ambientale, del fabbisogno idrico necessario a soddisfare la domanda in condizioni climatiche alterate e, infine, da valutazioni che tengano conto della componente socioeconomica. L'agricoltura è il settore che maggiormente utilizza la risorsa idrica, quindi, è di maggiore rilievo esaminare l'impatto delle suddette componenti. Il riutilizzo delle acque reflue in agricoltura è una misura che può aiutare il settore a adattarsi al cambiamento climatico attraverso l'aumento delle disponibilità idriche, calibrando però opportunamente, l'offerta e la domanda irrigua a livello territoriale. Il riuso irriguo delle acque reflue trattate permette di disporre di una risorsa idrica aggiuntiva non legata alla stagionalità, garantendo una maggiore stabilità delle produzioni agricole, e quindi del reddito e dell'occupazione generata dall'agricoltura irrigua, soprattutto nelle aree mediterranee dove l'acqua è un fattore produttivo indispensabile. Allo stesso tempo, prolungando il ciclo di vita dell'acqua, il riuso genera impatti positivi sull'ambiente riducendo i prelievi dai corpi idrici naturali e l'uso di fertilizzanti di sintesi.

CAPITOLO 2

La strategia di ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche in agricoltura delineata nei paragrafi precedenti attribuisce una certa importanza al riutilizzo irriguo delle acque reflue urbane depurate. Il potenziale riutilizzo delle acque reflue può coinvolgere tutti i diversi usi, potabile, industriale, agricolo, altri. Esso può consentire di calibrare meglio l'uso di risorse naturali di pregio, come quelle dei grandi invasi idrici o delle falde sotterranee, destinandole agli impieghi con maggiori esigenze di qualità. Aiuta a ridurre il deterioramento dei corpi idrici naturali nella misura in cui riesce a sostituire gli attingimenti con i pozzi privati aziendali. Infine, può temperare le condizioni più gravi di carenza idrica naturale aggiungendo nuova risorsa idrica alle disponibilità classiche per l'irrigazione. Ognuno dei potenziali riutilizzi richiede specifici trattamenti per rispettare dei requisiti minimi di qualità a cui sono associati dei costi; quello irriguo è considerato di maggiore interesse per la possibilità di incontrare più facilmente le esigenze della domanda espressa dal settore agricolo. Di seguito vediamo alcuni aspetti delle condizioni di riutilizzo in agricoltura.

2.1 Il riutilizzo irriguo dei reflui depurati

L'uso dei reflui depurati in agricoltura ha diverse potenzialità. Tra i suoi effetti positivi vi sono quelli dovuti agli apporti al terreno di elementi nutritivi (quali azoto, fosforo, potassio). Non bisogna poi dimenticare che, l'effluente che fuoriesce dagli impianti di depurazione ha un sensibile miglioramento delle caratteristiche che, di conseguenza, migliora la qualità dei corpi idrici recettori. Inoltre, contribuisce alla tutela delle risorse idriche grazie all'azione auto depurante del suolo e ai meccanismi che si innescano al momento dell'irrigazione (disinfezione naturale dovuta alla radiazione solare, azione dei batteri umificanti, ecc.). Altro beneficio per l'ambiente è dovuto alla riduzione e razionalizzazione degli emungimenti idrici, in quanto il ricorso a fonti di approvvigionamento non convenzionali consente di ridurre le portate munte dalle acque sotterranee, contribuendo ad arginare il problema dovuto

alla risalita dell'acqua marina che comporta la salinizzazione delle falde e dei suoli¹⁰.

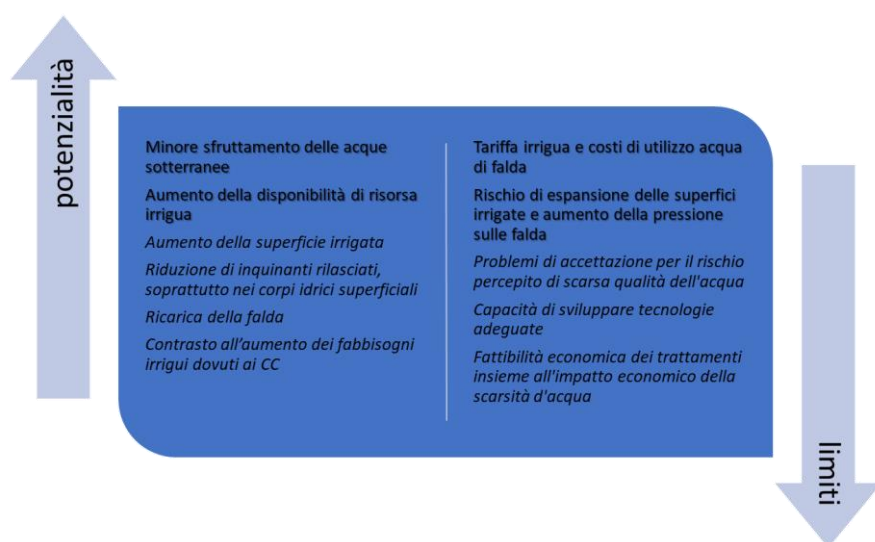
Dal punto di vista dei limiti di tale pratica va evidenziata la disponibilità di risorsa: ad esclusione delle aree e dei periodi in cui la presenza di popolazione varia apprezzabilmente con le vacanze, soprattutto estive, questa disponibilità è sostanzialmente costante nel tempo; invece, il settore agricolo presenta importanti picchi stagionali di domanda irrigua che, generalmente, non coincidono con le variazioni di disponibilità dovute agli spostamenti della popolazione. Questo limite può essere ovviato con la costruzione di vasche di accumulo che, tuttavia, possono presentare problemi dovuti al fenomeno di eutrofizzazione¹¹(Brignoli e Ansferri, 2004).

Vi è, poi, la questione tariffaria, ovvero l'incertezza su quanto dovrebbe costare l'acqua generata dagli impianti di trattamento e a chi devono essere imputati i costi dei trattamenti aggiuntivi per consentire il riutilizzo irriguo di questa risorsa in maniera sicura.

Infine, non è sempre del tutto compresa la normativa che regola i livelli qualitativi di queste risorse e ciò contribuisce a ostacolarne l'impiego.

Il prossimo paragrafo passa in rassegna questa normativa soffermandosi sui suoi aspetti più controversi.

Figura 1. Le principali potenzialità e limiti del riutilizzo in agricoltura



Fonte: ns elaborazioni

¹⁰ PTA: piano tutela acque Puglia, 2015.

¹¹ Inquinamento dei corpi idrici da sostanze naturali innescata da un accumulo di nitrati e fosfati

2.2 Il quadro normativo internazionale

Il quadro delle norme internazionali inerenti al riutilizzo irriguo delle acque reflue si è molto evoluto negli ultimi 40 anni, rispecchiando lo sviluppo degli standard di qualità delle acque reflue. In particolare, le problematiche dovute alla diffusione di malattie legate all'uso di tali acque hanno indotto i Paesi più avanzati a definire regolamentazioni e norme per il riuso (Lonigro *et al.*, 2007). Queste seguono due obiettivi fondamentali: impedire l'uso non autorizzato dei reflui e permettere lo sviluppo realistico della pratica.

Le norme e le linee guida per il riuso sono condizionate principalmente dagli standard di vita e dalle condizioni sanitarie esistenti nei vari Paesi in cui sono applicate. La California è stato il primo stato americano ad attivare il riuso delle acque reflue urbane depurate (ISPRA, 2007), col primo tentativo di regolamentazione del 1918 (Regulation Governing Use of Sewage for Irrigation Purposes). La diffusione della pratica si ebbe però dagli anni Settanta con l'emanazione del Codice delle acque dello Stato della California. Questo stabiliva "è intenzione dell'assemblea legislativa che si adotti ogni possibile misura per promuovere lo sviluppo di servizi per il recupero delle acque, in modo che esse contribuiscano a soddisfare le sempre più crescenti esigenze idriche dello Stato". I benefici del riuso delle acque reflue urbane depurate sono stati riconosciuti dalla maggioranza degli altri Stati federati che hanno adottato e adeguato il loro contesto normativo al modello californiano. Nel 2002, quasi la metà delle acque reflue recuperate in California sono state destinate all'uso agricolo, secondo il principio *fit for purpose*, ovvero secondo gli specifici usi finali dell'acqua recuperata. L'Agenzia per la Protezione Ambientale (EPA) nel 2019 ha annunciato di voler facilitare lo sviluppo del Piano d'Azione per il riutilizzo di acqua (Water Reuse Action Plan) in modo da integrare meglio le politiche federali.

Questo processo è in linea con quanto avviene in Europa, dove da tempo la Commissione Europea raccomanda al Parlamento e al Consiglio di produrre una proposta legislativa di adattamento ai cambiamenti climatici nella visione della *circular economy*. Vediamo il dettaglio delle norme che sono scaturite in seguito a queste pressioni.

2.3 Il contesto normativo europeo e nazionale

Oggi esistono due strumenti dell'Unione Europea che incoraggiano il riuso dell'acqua ma non ne specificano le condizioni: la Direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) e la Direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane (91/271/CEE). Nel primo caso, l'allegato VI, parte B, menziona il riutilizzo dell'acqua come una delle possibili misure supplementari; nel secondo caso l'articolo 12 dispone che "le acque reflue (...) devono essere riutilizzate, ogniqualvolta ciò risulti appropriato. Le modalità di smaltimento devono rendere minimo l'impatto negativo sull'ambiente".

La normativa italiana in materia ha considerato il possibile ruolo del riutilizzo dei reflui nel mitigare i problemi di scarsità e deterioramento della qualità delle risorse idriche. A tale scopo il primo decreto legislativo emanato in Italia d.lgs. n.152, 11 maggio 1999, ha il titolo "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE, concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e della direttiva 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole". Questo decreto ha definito gli aspetti della qualità dei corpi idrici naturali e artificiali, stabilendo gli obiettivi minimi di qualità (buono stato ecologico ed ambientale) da raggiungere per le acque a specifica destinazione. Il titolo IV del d.lgs. 152/99 definisce le competenze nella gestione e le differenze nell'utilizzo delle acque reflue depurate, riprendendo (art. 5 e 6) quanto riportato dalla Legge 36/94. In particolare, sancisce che "alle Regioni è affidato il compito di individuare [...] le misure necessarie all'eliminazione degli sprechi e alla riduzione dei consumi e a incrementare il riciclo e il riutilizzo e le Regioni sono invitate ad adottare misure volte a favorire il riutilizzo delle acque reflue depurate, mediante incentivi ed agevolazioni alle imprese che adottano impianti di riciclo". Inoltre, l'articolo 6 è dedicato alle acque reflue recuperate destinate ad usi agricoli. In esso si distingue tra i prodotti destinati al consumo umano previa cottura, che vanno irrigati con metodi capaci di ridurre al minimo il contatto dell'acqua reflua con le parti eduli, e prodotti destinati al consumo crudo umano e animale, che devono rispettare i limiti fissati dal decreto.

Per attuare il d.lgs 152/99 è stato emanato il **Decreto ministeriale 12 giugno 2003 n.185** “Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell’art. 26 comma 2 del d.lgs. 152/99”. Tale decreto è il quadro regolamentare vigente e fa riferimento al riutilizzo diretto delle acque reflue urbane depurate in agricoltura, ovvero quello svolto mediante condotte appositamente dedicate e senza miscelare con acque di diversa provenienza. Il decreto richiede che l’uso dei reflui avvenga in condizioni di sicurezza per l’ambiente, evitando alterazioni agli ecosistemi, al suolo e alle colture, nonché rischi igienico-sanitari per la popolazione e che deve essere realizzato con modalità che assicurino il risparmio idrico. All’articolo 3 indica fra le destinazioni d’uso ammissibili per il riutilizzo dei reflui depurati “il lavaggio delle strade nei centri urbani; l’alimentazione dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento; l’alimentazione di reti duali di adduzione, separate da quelle delle acque potabili, con esclusione dell’utilizzazione diretta di tale acqua negli edifici a uso civile, ad eccezione degli impianti di scarico nei servizi igienici”. L’uso irriguo riguarda sia colture destinate a produrre alimenti per il consumo umano ed animale, sia a colture per fini non alimentari, nonché per aree destinate al verde o ad attività ricreative o sportive. Infine, prevede l’uso industriale come acqua antincendio, di processo di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, escludendo gli usi che comportano un contatto tra acque reflue e alimenti o prodotti farmaceutici e cosmetici.

Il decreto fornisce poi i criteri di riuso produttivo delle acque reflue trattate e fissa gli standard per il riuso delle acque reflue in agricoltura. In particolare, le acque provenienti da impianti di depurazione dei reflui urbani possono essere impiegate per usi agricoli se rispettano i limiti prescritti nell’allegato 5 al decreto. Tra questi, il limite di *Escherichia coli*, l’indicatore di inquinamento fecale a regime, è fissato in 10 UFC/100ml ovvero unità formanti colonie, per l’80% dei campioni e 100 UFC/100ml come massimo valore puntuale. Per le acque reflue depurate recuperate provenienti dal *lagunaggio* e dalla fitodepurazione il decreto innalza i limiti per *Escherichia coli* a 200 UFC/100ml per il valore puntuale massimo e a 50 UFC/100ml per il valore misurato dell’80% dei campioni. Altri parametri critici sono la salmonella, lo ione sodio, il SAR (rapporto di assorbimento del sodio) e il

boro¹². L'art.5 del Decreto ministeriale chiama le Regioni a pianificare le attività di recupero delle acque reflue ai fini del riuso, in particolare, individuando gli impianti in grado di produrre un effluente con caratteristiche di qualità idonee al riuso. Le reti di distribuzione dell'acqua devono essere isolate in modo da scongiurare il rischio di contaminazione della rete delle acque potabili da cui devono essere rese distinguibili in modo immediato¹³. Infine, il titolare della distribuzione delle acque reflue recuperate deve provvedere a informare gli utenti del servizio *sulle modalità di impiego, sui vincoli da rispettare e sui rischi connessi a riutilizzi impropri*.

Il decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 "Norme in materia ambientale" che recepisce la DQA ribadisce gli obiettivi e i principi di riutilizzo riprendendo i contenuti del precedente decreto 185/2003. In particolare, ribadisce che il riutilizzo irriguo deve avvenire garantendo il risparmio idrico e subordinando il metodo di distribuzione utilizzato al codice di buona pratica agricola (D.M. del MiPAAF, n. 86 del 19/04/1999).

2.3.1 Il contesto normativo e lo sviluppo del riutilizzo

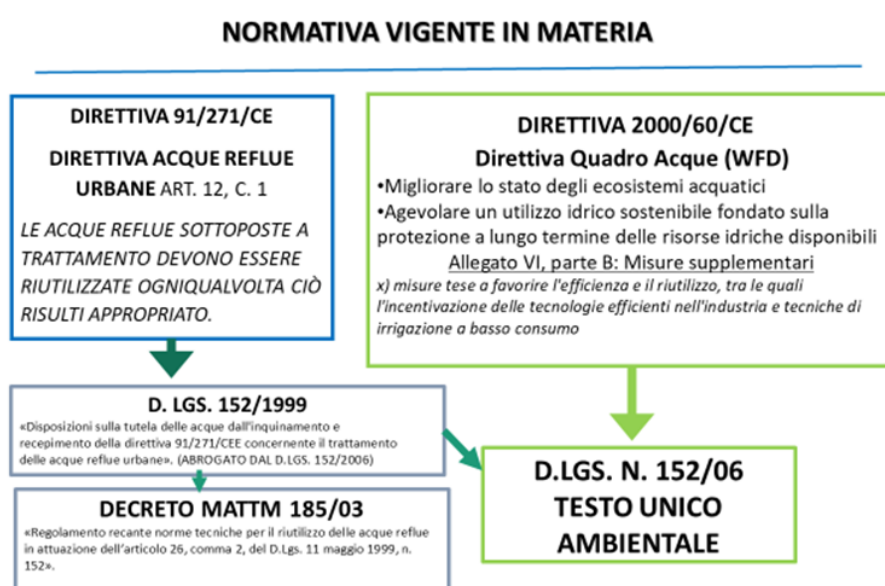
Lo sviluppo di questo quadro normativo ha suscitato negli anni vari problemi che hanno limitato lo sviluppo e la diffusione della pratica del riutilizzo irriguo dei reflui depurati. Le esperienze dei Paesi, che hanno intrapreso da tempo la strada del riutilizzo delle acque reflue depurate, indicano l'estrema importanza della normativa igienico-sanitaria. Ogni investimento in materia deve necessariamente ricondursi a elementi certi sui criteri di trattamento ed

¹² Il D.M. 185/2003 fornisce importanti definizioni. In particolare, è inteso come **recupero** la riqualificazione di un'acqua reflua, mediante adeguato trattamento depurativo, al fine di renderla adatta alla distribuzione per specifici riutilizzi. L'**impianto di recupero** è dato da strutture destinate al trattamento depurativo, incluse eventuali strutture di equalizzazione e stoccaggio delle acque reflue recuperate presenti nell'impianto, prima dell'immissione nella rete di distribuzione delle acque reflue recuperate. La **rete di distribuzione** è data dalle strutture destinate all'erogazione delle acque reflue recuperate, incluse le eventuali strutture per la loro equalizzazione, l'ulteriore trattamento e lo stoccaggio. Il **riutilizzo** è l'impiego di acqua reflua recuperata di determinata qualità per specifica destinazione d'uso, per mezzo di una rete di distribuzione, in parziale o totale sostituzione di acqua superficiale o sotterranea.

¹³ In particolare, i punti di consegna devono essere adeguatamente marcati e chiaramente distinguibili da quelli delle acque destinate al consumo umano", mentre "le tubazioni utilizzate per l'alimentazione degli scarichi dei servizi igienici devono essere adeguatamente contrassegnate mediante apposita colorazione o altre modalità di segnalazione.

utilizzo dell'acqua. La chiarezza normativa è cioè una condizione indispensabile per assicurare una “accettabilità”, non sempre scontata, dell'acqua riciclata. Tra i fattori che hanno finora limitato la diffusione di questa pratica agricola di risparmio idrico c'è, quindi, quello normativo, che alcuni osservatori indicano come troppo restrittivo sugli aspetti sanitari (Conte G., 1999) e, invece, limitato rispetto ai parametri ambientali e agronomici soprattutto in relazione alle linee guida tracciate dall'OMS e dagli altri Paesi.

Figura 2. La Normativa Vigente in Europa e in Italia



Fonte: ns elaborazioni

2.4 L'esperienza sullo sviluppo del riutilizzo

Negli anni successivi all'emanazione del D.M. 185/03, di fatto, il riutilizzo non si è diffuso sul territorio nazionale, anche se diversi progetti sono stati definiti e presentati nella programmazione nazionale e regionale sugli investimenti irrigui. L'Italia, da anni, ha sperimentato il riutilizzo delle acque reflue a fini irrigui soprattutto in quelle aree della Puglia e della Sardegna che storicamente hanno sofferto e hanno dovuto affrontare problemi di scarsità idrica. Sono stati realizzati vari progetti di ricerca, finanziati con fondi nazionali e comunitari, che hanno restituito informazioni sugli effetti positivi e negativi del ricorso all'utilizzo delle acque reflue a fini irrigui.

2.4.1 Evidenze tecniche dall'esperienza sul riutilizzo

Gli aspetti agronomici rilevanti emersi da queste esperienze si possono sintetizzare in alcuni punti importanti. Questi si riferiscono alle acque trattate ed utilizzate in proporzione variabile con le acque di superficie, che apportano benefici alle proprietà fisiche del suolo. I tre principali elementi di fertilità (N,P,K) pur trovandosi a concentrazioni estremamente variabili, e dipendenti dal tipo di reflu, risultano migliorare la fertilità chimica del terreno. La salinizzazione ha effetti negativi solo in suoli già caratterizzati da salinità elevata. Non si hanno effetti negativi sulla microflora tellurica e sulle attività biochimiche del suolo. Diversa attitudine dei terreni all'irrigazione con acque reflue depurate in relazione ai diversi sistemi di irrigazione presenti.

Gli aspetti economici emersi da queste esperienze evidenziano un valore di non-uso della risorsa relativo al miglioramento qualitativo dei corpi idrici (maggior valore d'uso futuro, ovvero ai costi della risorsa che concorrono alla scelta dell'uso o non uso a cui destinare l'acqua, la scarsità della risorsa da utilizzare, la qualità della stessa e la rinuncia ai benefici dell'uso alternativo rispetto a quello scelto). Per le colture energetiche irrigate con acque caratterizzate da un grado di depurazione inferiore consentono di ottenere significativi incrementi di produzione in termini di biomassa secca e di rendimento energetico¹⁴ (+18%). Il beneficio economico dell'investimento è potenzialmente molto più alto in zone a maggiore carenza idrica. Gli investimenti per l'adeguamento degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane ai fini di riutilizzo irriguo diretto procurano benefici ambientali ed economici di lungo periodo tali da garantire la piena copertura dei costi¹⁵.

¹⁴ Progetto PON In.Te.R.R.A – Linee guida. Impatti agronomici ed ambientali. Rubino P. et al., 2015.

¹⁵ Valutazione tecnico-economica delle potenzialità di riutilizzo irriguo dei reflui depurati: il caso della Valpadana . Zucaro R. et al. - INEA (2012).

2.4.2 Supporto finanziario alle esperienze di riutilizzo

L'Italia ha già supportato gli investimenti per il riuso irriguo delle acque reflue a partire dal Piano irriguo nazionale e proseguendo con i Fondi della Politica di coesione dell'attuale ciclo di programmazione. Gli impianti di trattamento delle acque reflue sono stati finanziati dai fondi di Sviluppo e Coesione nazionali e regionali. Le infrastrutture di connessione dei depuratori alle reti di distribuzione e/o di accumulo delle acque reflue sono state finanziate dal Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale, attivato con i Programmi di Sviluppo Rurale, e dal fondo nazionale di Sviluppo e Coesione, attivato con il Sottopiano 2 del Piano operativo agricoltura. Il PSR finanzia anche attività di informazione e trasferimento della conoscenza che possono favorire la diffusione del ricorso al riuso delle acque reflue. Analogamente sono stati sfruttati fondi nazionali e comunitari, quali Horizon 2020, Life, PON, ecc., a favore della ricerca che supporta la diffusione del riuso delle acque reflue, che prevedono anche il coinvolgendo degli stakeholder del settore.

Il FEASR, con il Programma nazionale di sviluppo rurale (PSRN) 2014-2020, Sottomisura 4.3 - Operazione 4.3.1, finanzia investimenti per l'uso irriguo di acque reflue depurate in sostituzione di prelievi da corpi idrici superficiali o sotterranei. I beneficiari sono gli enti irrigui, che sono finanziati per *realizzare e adeguare* i sistemi di connessione della rete irrigua consortile a impianti di depurazione di acque reflue urbane esistenti.

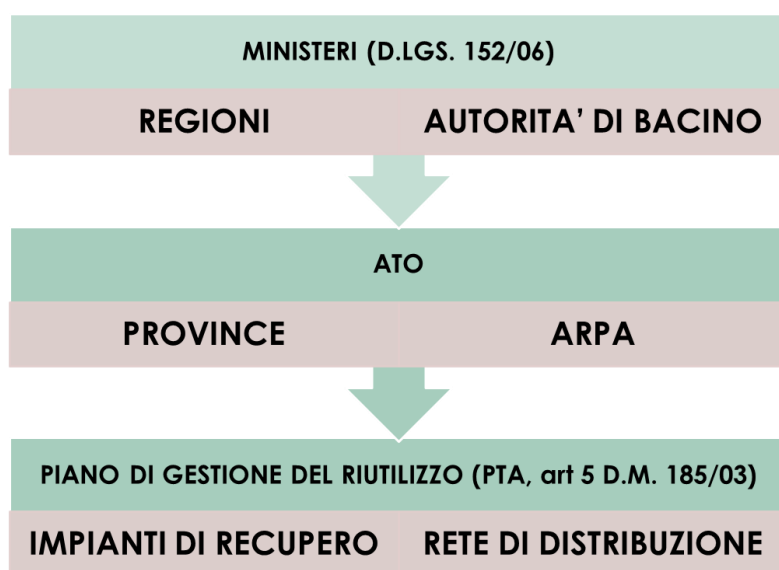
2.5 Competenze gestionali e amministrative

La definizione delle competenze di pianificazione e programmazione, nonché di gestione, tra le amministrazioni e gli Enti che si occupano di riuso dei reflui è molto articolata per la complessità del sistema e per la confusa posizione normativa e giuridica dei numerosi Enti coinvolti. Il d.lgs. 152/06 incarica i Ministeri della Transizione Ecologica, delle Politiche Agricole, della Salute e dello Sviluppo Economico di definire le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue. Questi rimandano alle Regioni, gli enti più vicini al territorio, le responsabilità e l'adozione di misure e azioni in materia. Le

Regioni, sentite le Autorità di bacino, adottano e approvano le norme e le misure sul risparmio idrico in agricoltura, basato sulla pianificazione degli usi, sulla corretta individuazione dei fabbisogni del settore, sui controlli degli effettivi emungimenti e il riutilizzo delle acque reflue depurate. Inoltre, le Regioni individuano gli ambiti territoriali ottimali (ATO) su cui sono organizzati i servizi integrati di gestione delle acque superficiali e sotterranee. Le Province rilasciano le autorizzazioni a scaricare le acque reflue urbane industriali, assimilate alle domestiche e meteoriche, in acque superficiali e sul suolo. Le Agenzie regionali per la protezione ambientale (ARPA) esprimono i pareri tecnici per il rilascio delle autorizzazioni allo scarico di acque reflue contenenti sostanze pericolose in fognatura e in corpo idrico superficiale; inoltre, controllano e vigilano su tutti gli scarichi.

La gestione del riutilizzo va definita in un vero e proprio *Piano*, necessario per quei singoli impianti di depurazione o per gruppi di essi con carico superiore a 2000 abitanti equivalenti (AE). Il *Piano di gestione del riutilizzo* è elaborato dalle Regioni e dalle ATO, insieme ai titolari dell'impianto di depurazione e delle reti di distribuzione, e in accordo con gli Enti locali competenti. Il *Piano* definirà la filiera del riutilizzo, con i vari soggetti coinvolti, i ruoli e le relative competenze, le caratteristiche dell'impianto di affinamento, quelle del reffluo, le verifiche di idoneità del reffluo all'utilizzo, la portata e le modalità di gestione del riutilizzo, i sistemi di controllo e monitoraggio sugli effetti, nonché il Piano per le situazioni di emergenza. Il progetto del riutilizzo definirà dunque l'impianto di recupero, comprensivo delle strutture per i trattamenti depurativi, delle vasche di stoccaggio e di eventuali canali a cielo aperto o sistemi di lagunaggio o di fitodepurazione, attraverso i quali completare la depurazione. Vi sarà il sistema delle reti di distribuzione (o canali di bonifica esistenti o nuovi tracciati in zone agricole) compresi, eventualmente, di invasi per lo stoccaggio e l'utilizzo in tempi dilazionati. Vi sarà il sistema dei dispositivi per la diversione dei deflussi in caso di necessità.

Figura 3: Assetto delle competenze gestionali



Fonte: ns elaborazioni

2.6 Responsabilità e controlli

Nelle esperienze italiane i soggetti che gestiscono gli impianti di depurazione (recupero) e quelli che gestiscono la distribuzione finale sono differenti. Il riutilizzo delle acque reflue deve essere perciò controllato secondo un programma di monitoraggio che prevede due differenti fasi: un controllo sull'impianto di recupero e un controllo sulla rete di distribuzione e sugli effetti igienico-sanitari come definito dagli articoli 7 ed 11 del D.M. 185/03. L'ARPA controlla gli impianti di recupero, verificando il rispetto dei limiti e delle prescrizioni allo scarico, con 12 – 24 verifiche annue alle quali può anche essere delegato il titolare stesso dell'impianto di recupero. Il titolare della rete di distribuzione riceve le acque reflue dell'impianto di recupero senza oneri a suo carico e le distribuisce, dopo eventuali trattamenti aggiuntivi nel caso di richieste più restrittive da parte di utenze industriali. Questo soggetto fissa la tariffa per la distribuzione delle acque reflue recuperate e verifica i parametri chimici e microbiologici dei reflui distribuiti, con gli effetti ambientali, agronomici e pedologici del riutilizzo. I risultati del monitoraggio sono trasmessi alla Regione con cadenza annuale. L'autorità

sanitaria valuta gli eventuali effetti igienico-sanitari dell'impiego delle acque reflue recuperate e può disporre divieti e limitazioni, sia temporali sia territoriali alle attività di riutilizzo.

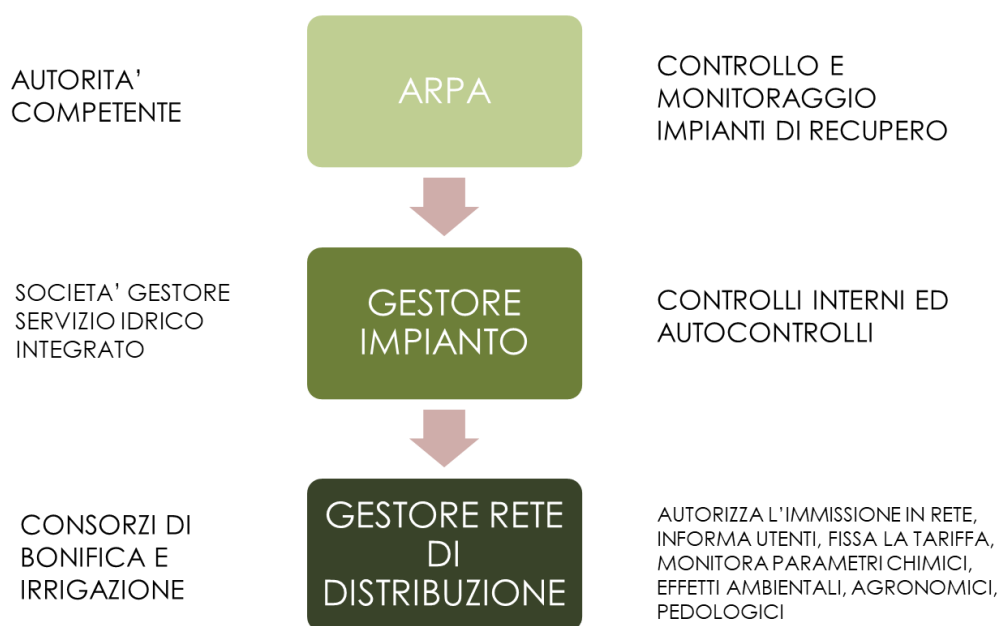
In sintesi, la manutenzione della rete irrigua, con la responsabilità tecnica e legale della distribuzione dei reflui agli utenti finali dell'acqua, spetta al titolare delle reti di distribuzione. Emergenze e disservizi nell'impianto di recupero sono di stretta competenza del soggetto gestore. Se i campionamenti rivelano superamenti nei valori limite dei parametri, soprattutto i nitrati e gli inquinanti microbiologici nelle acque reflue, si sospende l'erogazione con lo scarico nell'ambiente di parte o di tutta l'acqua depurata; in questo caso, il gestore dell'impianto di recupero è responsabile del *Piano operativo di intervento per le emergenze e i fuori norma*, che definisce i sistemi di controllo dei parametri fuori norma, i sistemi di scarico e di accumulo d'emergenza, i sistemi di blocco della distribuzione, le procedure di segnalazione dei fuori norma autorizzatori, all'Arpa, ai gestori della rete e agli utenti interessati, e di eventuali sistemi alternativi atti a garantire il soddisfacimento della domanda di risorsa nel caso di interruzione dell'erogazione delle acque recuperate.

2.7 Ruolo dei consorzi di bonifica e irrigazione

I Consorzi di bonifica e irrigazione sono i maggiori gestori dell'acqua per l'irrigazione e svolgono importanti funzioni per la corretta pianificazione dell'uso della risorsa idrica. I Consorzi hanno un ruolo fondamentale nel sistema del riutilizzo irriguo. La legge n. 36 del 5 gennaio 1994 "Disposizioni in materia di risorse idriche" all'art. 27 prevede che i Consorzi possono "realizzare e gestire le reti a prevalente scopo irriguo, gli impianti per l'utilizzazione in agricoltura di acque reflue (...)". Il d.lgs. 152/99 all'art.3 comma 6 afferma che i Consorzi "anche attraverso appositi accordi di programma con le autorità competenti, concorrono alla realizzazione di azioni di salvaguardia ambientale e risanamento delle acque, anche al fine della loro utilizzazione irrigua, della rinaturalizzazione dei corsi d'acqua e della fitodepurazione".

Il d.lgs. n. 152/2006 e l'art.12 D.M. 185/2003 prevedono che l'acqua reflua recuperata è conferita dall'impianto di recupero alla rete di distribuzione, senza oneri a carico del titolare di quest'ultima. Sono invece a suo carico i costi per il trasferimento delle acque reflue recuperate dall'impianto di affinamento alla rete di distribuzione o agli eventuali serbatoi di accumulo, nonché i costi necessari per rendere idonei i reflui per destinazione d'uso agricolo nel caso di valori limite d'emissione più restrittivi. Inoltre, i gestori delle reti fissano la tariffa per le acque reflue dopo il trattamento di affinamento e forniscono la corretta informazione sulle modalità di impiego delle acque recuperate, sui vincoli da rispettare e sui rischi connessi agli usi impropri. Per tali finalità possono avvalersi degli eventuali contributi delle Regioni per le politiche di sostegno al riutilizzo.

Figura 4: Responsabilità e controllo degli impianti e delle acque reflue



Fonte: ns elaborazioni

2.8 Il nuovo regolamento UE 741/2020

Il riutilizzo delle acque reflue trattate può contribuire a raggiungere gli obiettivi delle direttive europee in materia di acque. Il 26 giugno 2020 è entrato in vigore il nuovo Regolamento UE 741/2020 sui requisiti minimi per il riutilizzo

dell'acqua reflua depurata ai fini irrigui. L'obiettivo comunitario è di incentivare il riutilizzo aumentando l'armonizzazione a livello normativo e riducendo le barriere economiche che ostacolano il riutilizzo. Questa norma discende da quanto prescritto nel *Piano d'azione sull'economia circolare* [COM (2015) 614]. Gli studi propedeutici alla proposta di Regolamento contengono varie indicazioni di un certo interesse¹⁶. Innanzitutto, questi hanno stimato che l'attuazione del Regolamento potrebbe portare ad un riutilizzo di acque per uso irriguo dell'ordine di 6,6 miliardi di m³/anno a fronte di 1,7 miliardi di m³/anno in assenza di un quadro giuridico a livello dell'UE. Si tratta di una risorsa idrica aggiuntiva che, non essendo legata alla stagionalità, garantisce una maggiore stabilità delle produzioni rispetto alle fluttuazioni climatiche, soprattutto in area mediterranea. A fronte di questa opportunità, il ricorso al riutilizzo dell'acqua nell'UE rimane molto al di sotto delle sue potenzialità, con grandi differenze da uno Stato membro all'altro. Per l'Italia tali studi hanno stimato un potenziale utilizzo di acque reflue depurate di circa il 50%, considerando solo la vicinanza dei depuratori alle aree agricole situate nei pressi, indipendentemente dai costi. La materializzazione del potenziale dipenderà dalla compatibilità tra il tipo di trattamento effettuato e le condizioni agronomiche (colture) e ambientali (vulnerabilità ai nitrati) delle aree agricole ad esso limitrofe; inoltre, peserà la fattibilità economica del trasporto¹⁷.

Il regolamento che si applica dal 26 giugno 2023 entrerà, dunque, in vigore nel pieno della nuova programmazione della PAC 2023-2027 e in relazione agli obiettivi previsti nei Piani Strategici. Esso può quindi contribuire agli obiettivi in materia di cambiamenti climatici declinati nel *Green Deal* e agli obiettivi di sviluppo sostenibile (OSS), in particolare l'OSS n. 6 sull'acqua pulita e i servizi igienici, che mira ad aumentare il riciclaggio e il riutilizzo delle acque depurate a livello mondiale entro il 2030.

¹⁶ Commission Staff Working Document Impact Assessment: "Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on minimum requirements for water reuse"

¹⁷ Valutazione tecnico-economica delle potenzialità di riutilizzo irriguo dei reflui depurati: il caso della Valpadana Zucaro R. et al. (2012)

2.8.1 Le novità rispetto alla normativa nazionale

Il Reg. UE 741/2020 si basa su alcuni pilastri con cui si tenta di colmare la carenza normativa e di renderla uniforme sul territorio dell'Unione. Questi pilastri riguardano, innanzitutto, la *gestione del rischio* che prevede un'analisi sito specifica per definire eventuali misure supplementari che azzerino i rischi sanitari e ambientali. Il gestore dell'impianto di affinamento redige un Piano dei rischi sito specifico, coinvolgendo e consultando anche gli utilizzatori finali. Il Piano descrive i trattamenti applicati, le colture irrigate e i relativi volumi idrici, identifica gli attori coinvolti (dalla produzione all'utilizzo finale), con le prescrizioni sulla distribuzione, lo stoccaggio e l'utilizzo. Vi sono, poi, le prescrizioni minime, appropriate a ciascuna destinazione d'uso (*fit for purpose*) con riferimento sia ai requisiti di qualità (4 parametri) che ai requisiti di monitoraggio (6 parametri). Seguono gli obblighi di monitoraggio (gestore) e le verifiche di conformità (autorità competente). Si conclude con l'informazione e la sensibilizzazione del pubblico. L'obiettivo della norma è di creare parità di condizioni delle pratiche di riutilizzo tra gli Stati membri, rimuovendo gli ostacoli alla libera circolazione dei prodotti agricoli irrigati con acque reflue. Tali regole, tutelando la salute umana e l'ambiente da forme di contaminazione, mirano ad aumentare la fiducia dei consumatori nei confronti del riutilizzo.

Questo approccio costituisce una novità rispetto all'impianto attuale del D.M. Ambiente n.185 del 2003 (Tabella 1), che definisce valori limite di qualità delle acque molto restrittivi per 40 parametri chimico fisici e microbiologici per le varie destinazioni d'uso (civile, agricola, industriale). I valori limite dei parametri di qualità per l'uso irriguo sono unici e non sono differenziati per tipologia di colture. Il nuovo Regolamento consente di adottare il trattamento tecnicamente ed economicamente più appropriato e sostenibile in base alle colture presenti nell'area da servire, applicando ulteriori trattamenti o barriere per le colture che richiedono classi di qualità superiori, anche per il rispetto di eventuali disciplinari di produzione.

L'entrata in vigore del reg. UE 741/2020 sfiderà gli Stati membri a adeguarsi sotto diversi aspetti. In particolare, essi dovranno preparare i *Piani locali di gestione del rischio*. Dovranno, poi, *differenziare il livello di trattamento*

delle acque reflue secondo le necessità delle attività produttive locali, valutando l'eventuale aggravio di costo a carico degli utilizzatori. Dovranno organizzare le *strutture di erogazione, distribuzione e stoccaggio*, definendo i ruoli e le responsabilità nella gestione degli impianti di depurazione e/o della rete di distribuzione delle acque trattate. Infine, dovranno specificare i sistemi di *copertura dei costi di trattamento e di distribuzione*. La normativa in vigore in Italia (D.M. MATTM 185/2003) prevede che la copertura dei costi del trattamento sia a carico del servizio idrico integrato, mentre i costi di distribuzione sono a carico dell'utente finale dell'acqua di riuso (agricoltori tramite Consorzi). Il piano di gestione dei rischi dovrebbe prevedere di non applicare un costo elevato all'agricoltore in funzione dei trattamenti necessari per l'irrigazione.

Un altro importante aspetto riguarda l'interazione della normativa con il *ciclo di programmazione della PAC 2023-2027*: per non gravare l'agricoltura di ulteriori oneri, si potrebbe considerare il riutilizzo nella definizione delle programmazioni post 2020 dei diversi fondi europei e nazionali. Infine, c'è *l'informazione al pubblico* per superare la resistenza dei mercati all'acquisto di alimenti irrigati con reflui trattati che ostacola la circolazione, anche a fronte della disuniformità normativa in materia, sul territorio dell'Unione. A tal proposito, si porrà anche il problema di rivedere molti disciplinari relativi a produzioni di qualità, che non prevedono l'uso di acque non convenzionali.

Tabella 1 – Le principali novità del Regolamento rispetto alla vigente normativa italiana

	REGOLAMENTO (UE) 2020/741	DM 185/2003
DESTINAZIONI D'USO	IRRIGUO	Irriguo - civile - industriale
APPROCCIO	ANALISI DI RISCHI SITO SPECIFICA	Prescrizione limite distinti per destinazione d'uso
PRESCRIZIONI vs VALORI LIMITE	<i>FIT FOR PURPOSE</i>	Un unico valore limite per ogni destinazione d'uso
INFORMAZIONI AL PUBBLICO	FONDAMENTALE PER AUMENTARE TRASPARENZA E FIDUCIA CONSUMATORI	Nessun obbligo nei confronti degli utenti finali

Fonte: ns elaborazioni

2.9 Considerazioni di sintesi

Il riutilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura non ha mai avuto una spinta notevole verso la sua attuazione in quanto, nonostante siano state emanate una serie di norme che menzionano e incoraggiano il riutilizzo dell'acqua, queste non ne specificano le condizioni. Parliamo della Direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) che all'allegato VI, parte B, menziona il riutilizzo dell'acqua come una delle possibili misure supplementari. La Direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane (91/271/CEE) all'articolo 12 dispone che "le acque reflue (...) devono essere riutilizzate, ogniquale volta ciò risulti appropriato". Anche l'Italia e sin dal 2003 ha legiferato per disciplinare tale pratica (D.M. n.185/2003). Ciononostante, il riutilizzo delle acque reflue urbane in agricoltura non è mai stato messo adeguatamente in

pratica. Tra gli ostacoli principali all'attuazione del riuso a scopi irrigui vi è la normativa rigorosa, ma poco chiara, sui valori limiti per tipologia di coltura, nonché la resistenza dei mercati e dei consumatori all'acquisto di prodotti alimentari irrigati con reflui trattati. Il nuovo Regolamento UE 741/2020 mira a rimuovere queste criticità, creando parità di condizioni delle pratiche di riutilizzo tra tutti gli Stati Membri, prevenendo i potenziali ostacoli alla circolazione sul mercato dei prodotti agricoli irrigati con acque reflue. La struttura del regolamento si basa sulle prescrizioni minime da soddisfare affinché le acque trattate possano essere utilizzate per l'irrigazione: queste sono specificate in dettaglio in modo da poter essere appropriate per ciascuna destinazione d'uso. Poi, è previsto un Piano di gestione dei rischi sito specifico. Infine, c'è un programma di informazione e sensibilizzazione del pubblico. Questo approccio costituisce una novità rispetto all'impianto dell'attuale normativa italiana perché permette di adottare il trattamento più appropriato ed economicamente sostenibile rispetto alle colture presenti nell'area da servire. Ulteriori trattamenti o barriere sono applicati solo per le colture che richiedono classi di qualità superiori, anche per il rispetto di eventuali disciplinari di produzione.

CAPITOLO 3

Esaminata la normativa che disciplina l'uso dei reflui depurati in agricoltura, passiamo ora allo studio di un caso in cui la predisposizione dei sistemi di riutilizzo delle acque reflue è già avanzata e parzialmente operativa. Si tratta dell'area del Consorzio di bonifica e irrigazione della Capitanata in provincia di Foggia per la quale, in questa sezione, cercheremo di delineare i problemi di scarsità idrica e deterioramento della risorsa che motivano il ricorso a questa fonte irrigua in quella zona. Nei capitoli successivi, con l'aiuto di modelli econometrici, cercheremo di valutare la strategia più adatta per impiegare le acque reflue depurate in quel territorio.

3.1 L'irrigazione in Puglia

Il territorio della Puglia presenta un particolare assetto idrogeologico, che unito a frequenti condizioni di carenza idrica, causa seri problemi economici e occupazionali ai suoi sistemi produttivi (CREA PB, 2001). Il territorio regionale si estende per circa 2 milioni di ettari, di cui il 75% dedicati all'agricoltura e rappresenta un quinto di quella dell'intero Mezzogiorno ed il 10% di quella nazionale. L'agricoltura pugliese è prevalentemente interessata dalla cerealicoltura e dall'olivicoltura; tra le innumerevoli specie e varietà orticole coltivate prevalgono il pomodoro ed il carciofo.

L'elevato tasso degli attivi agricoli in Puglia è dovuto al peso economico che l'agricoltura riveste nell'economia regionale e alla tipologia delle colture praticate (olivicole, orticole, viticole, floricole ed altre), caratterizzate da elevata intensità di lavoro e concentrazione stagionali dei calendari di impiego. Per quanto concerne la forma di conduzione aziendale e la provenienza della manodopera nelle aziende, la proporzione tra lavoro fornito dai familiari e quello fornito dai salariati, è molto variabile in funzione della dimensione e dell'indirizzo produttivo. Negli ultimi 20 anni si è assistito ad un cambio nella struttura della produzione agricola regionale, con l'espansione delle colture orticole, dell'uva da tavola e dei fiori, a scapito della cerealicoltura e dell'olivicoltura. L'orticoltura e l'uva da tavola sono

cresciute, in termini di superficie investita, soprattutto grazie all'espandersi dell'irrigazione. La riduzione della cerealicoltura e dell'olivicoltura è dovuta prevalentemente alla continua discesa dei prezzi dei prodotti. La presenza di irrigazione è stata quindi fondamentale per l'aumento della produttività e redditività aziendale (CREA PB, 2001).

Quasi tutto il territorio regionale è coperto dalle aree amministrate dai sei Consorzi di Bonifica e irrigazione. Tra questi, il Consorzio della Capitanata presenta la più alta intensità irrigua ed elevata produttività dei terreni, ed aziende agricole dall'ampiezza medio-alta, spesso superiore ai 20 ettari.

Sebbene la regione Puglia sia servita da grandi consorzi di distribuzione dell'acqua, che coprono quasi il 90% del territorio regionale, le aree in esercizio per l'irrigazione rappresentano meno del 13% del territorio limitando drasticamente l'offerta del servizio irriguo consortile (Giannocaro *et al.*, 2020). L'intensificazione della produzione del settore agricolo e la scarsità di corpi idrici superficiali hanno comportato, di contro, un maggior uso di acque di falda per l'irrigazione, ormai salmastre per l'eccessivo emungimento (PTA Regione Puglia, 2015; 2009). Si stima, infatti, che sul territorio regionale ci siano circa 140 mila pozzi, legali o meno, da cui gli agricoltori attingono per colmare il divario negativo di circa 700 Mmc tra domanda d'acqua e disponibilità di risorsa (Lopez, 2008). I pozzi per il prelievo in auto-provvigionamento sono distribuiti su tutto il territorio regionale con una densità variabile in funzione di una serie di fattori incentivanti (assenza di reti collettive, inefficienza del servizio idrico collettivo, costo o facilità di trivellazione) (Giannocaro *et al.*, 2020). Nelle aree in cui le acque sotterranee sono la principale fonte di acqua dolce, le portate di prelievo superano le portate di ricarica naturale causando il continuo assorbimento della falda freatica, l'esaurimento dei pozzi, un aumento dei costi di emungimento e una grave intrusione di acqua marina negli acquiferi costieri (PTA Regione Puglia, 2015).

Al fine di gestire il problema, la regione Puglia ha posto dei limiti alla perforazione dei pozzi e ha finanziato programmi per il riutilizzo delle acque trattate (Lopez, 2008). Ciò nonostante, l'effettivo riutilizzo a fini irrigui delle acque reflue trattate è ancora sporadico e limitato.

3.2 Il riutilizzo irriguo dei reflui depurati in Puglia

Con la Legge Regionale n.24/83 la Regione Puglia si è dotata di un Piano di Risanamento delle Acque (PRA) con cui si promuoveva ed incentivava l'utilizzazione delle risorse idriche non convenzionali. In seguito, la legge regionale n. 27 del 2008, art.1, comma 1, lettera b) ha ampliato il ventaglio delle destinazioni d'uso possibili, introducendo il recupero delle acque reflue urbane ai fini ambientali, ovvero per l'alimentazione di aree umide e habitat naturali, nonché di corsi d'acqua caratterizzati da lunghi periodi di secca, per la ricarica indiretta di corpi idrici sotterranei, nonché per la ricarica di sistemi di approvvigionamento idrico ad uso non potabile.

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) del 2009, individua il riuso come soluzione a più problemi. Innanzitutto, mira a ridurre l'impatto ambientale sui corpi idrici individuati quali recapiti finali delle acque reflue depurate, conseguendo il vantaggio del minor scarico o scarico zero. Poi, è volto a sostituire l'approvvigionamento da falda nelle aree in cui è necessario ridurre i prelievi o limitare il progredire dei fenomeni di contaminazione salina, con conseguente risparmio di risorsa idrica pregiata per usi potabili. Quindi, nel caso di riuso irriguo, mira a ridurre l'utilizzo di fertilizzanti chimici nella produzione agricola e, in caso di riuso ambientale, mira a riattivare processi di autodepurazione naturale e ricarica indiretta della falda, nonché riappropriazione del territorio attraverso il recupero di aree a notevole valenza ambientale.

Il PTA definisce un primo elenco di 122 impianti di trattamento delle acque reflue urbane destinabili al riutilizzo. La Regione, in attuazione al Decreto del Ministero dell'Ambiente n.185/2003, ha individuato gli impianti da destinare al riutilizzo prioritario sul suo territorio, selezionando quelli già esistenti e attrezzati o in fase di realizzazione. La potenzialità di recupero di questi impianti è di circa 108 milioni di metri cubi¹⁸.

¹⁸ Bollettino Ufficiale della Regione Puglia n. 58 del 20 aprile 2012, regolamento regionale n. 8 del 18 aprile 2012, contenente norme e misure volte a favorire il riciclo dell'acqua e il riutilizzo di acque reflue depurate.

3.3 Tariffazione Irrigua

L'acqua è un bene comune e non ha di per sé un costo. Tuttavia, lo Stato può subordinare il diritto all'utilizzo della risorsa al pagamento di una tassa denominata canone demaniale per la concessione di acque pubbliche. Ciò significa che qualsiasi prelievo di acqua è soggetto a un atto pubblico di concessione, che ne determina le modalità di fruizione e restituzione, potendo anche modulare la portata in funzione delle esigenze dell'ecosistema (deflusso minimo vitale). Con il trasferimento del demanio idrico alle Regioni, la materia è divenuta di competenza regionale, e ciò rende difficile acquisire e ricostruire le informazioni su scala nazionale (Zucaro, 2014). L'utilizzo agricolo irriguo è caratterizzato da due modalità di approvvigionamento prevalenti. Innanzitutto, c'è il servizio d'irrigazione in forma collettiva dagli Enti irrigui (SII). Poi, c'è l'autoapprovvigionamento con pozzi dalle falde sotterranee o con attingimenti diretti a corpi idrici superficiali, definito dall'art. 6 del Regio Decreto 1775/1933.

La concessione di derivazione (atto che stabilisce le modalità e i tempi di utilizzo a fronte del pagamento di un canone) nel caso del SII è in capo agli Enti irrigui (Consorzi di Bonifica e irrigazione, Associazioni irrigue, consorzi di miglioramento fondiario, ecc.). Pertanto, l'azienda che si approvvigiona tramite questa modalità deve pagare un contributo all'Ente irriguo. Nel caso dell'auto-approvvigionamento la concessione di derivazione è in capo all'agricoltore, che paga il contributo irriguo alla Provincia o alla Regione. Il sistema di contribuzione è tipico dei Consorzi di bonifica e irrigazione, che percepiscono dagli utenti un contributo calcolato sulla base del beneficio che l'utente trae dall'attività di esercizio e manutenzione degli impianti pubblici di irrigazione e/o di bonifica.

Il contributo irriguo può essere di tipo monomio o binomio. Nel primo caso, il contributo è unico, senza differenziare una quota specifica per l'esercizio irriguo. Nel caso del contributo binomio, l'utente paga una quota fissa per le spese di manutenzione degli impianti e una quota variabile in funzione delle spese di esercizio irriguo. Le modalità di calcolo del contributo monomiale o della quota variabile del binomiale sono diverse. Abbiamo pagamenti per ettaro irrigato; pagamenti per coltura, con ruoli maggiori per le colture irrigue

più idro-esigenti e a maggior reddito; pagamenti per sistema di irrigazione, con ruoli maggiori per i sistemi a bassa efficienza, che impiegano maggiori volumi d'acqua; pagamenti per metro cubo di acqua erogata, utilizzati dove vi sono strumenti di misurazione a utilizzo a livello di distretto irriguo o aziendale (singola utenza). Il Consorzio della Capitanata ricorre a un sistema di *tariffazione a scaglioni*, in cui il contributo varia quando la quantità di acqua utilizzata eccede dei valori soglia.

3.4 Il Consorzio per la Bonifica della Capitanata

Il Consorzio per la Bonifica della Capitanata è un ente pubblico che ha il compito di progettare, eseguire, mantenere e gestire le opere di bonifica e di irrigazione. È situato nella parte nord della Regione Puglia comprendente la piana del Tavoliere e le propaggini estreme dei comuni dell'Appennino Dauno e del Gargano. Costituito nel 1965, a seguito della fusione in unico ente dei preesistenti Consorzi di bonifica, opera nella gran parte del territorio della provincia di Foggia tradizionalmente destinata alla coltivazione del frumento duro, che un tempo costituiva la coltura principale, che oggi si coltiva in rotazione alle colture industriali ed alle orticole. Il territorio negli anni '20 e '30 era diviso in nove aree ognuna delle quali con un Consorzio di bacino oltre al Consorzio generale della Capitanata, con compiti di indirizzo e coordinamento dei consorzi di bacino. Nel 1965 fu disposta la fusione dei nove Consorzi di bacino e del Consorzio generale in un unico ente che assunse l'attuale denominazione di Consorzio per la bonifica della Capitanata.

Con la risorsa idrica fornita dal Consorzio di Bonifica e con quella prelevata dai pozzi privati si irrigano sia colture erbacee (pomodoro, asparago, carciofo) sia arboree (oliveti, vigneti, pescheti ecc.). In Capitanata si concentra ben il 70% di tutta la superficie regionale irrigata con rete idrica pubblica. Nonostante ciò, quest'area si caratterizza anche per la straordinaria diffusione dell'irrigazione basata sullo sfruttamento dei pozzi privati. Il Consorzio si estende per circa 424 mila ettari e interessa gli agri dei 27 comuni di seguito indicati; con una tale estensione rappresenta la zona agricola più importante della Puglia, la cui economia dipende da importanti

riserve idriche come la diga di Occhito, la diga di Capaccio sul Celone, San Pietro sull'Ossento e Marana Capacciotti.

Le spese per la realizzazione delle opere di accumulo e distribuzione idrica sono state sostenute dallo Stato o dalla Regione Puglia. I consorziati sono i proprietari degli immobili inclusi nel Consorzio che pagano il contributo consortile. Il contributo è commisurato al beneficio che ciascun immobile ricava dalle opere e dalle attività di bonifica sulla base dei criteri stabiliti con il piano di classifica nel quale, mediante l'utilizzo di parametri tecnici ed economici, è individuato e quantificato il beneficio che gli immobili traggono dalla bonifica. Il piano di classifica, attraverso la puntuale individuazione dei benefici, è quindi garanzia del corretto esercizio del potere impositivo (cioè del potere di imporre i contributi consortili) che la legge assegna al Consorzio per far fronte alle spese che devono essere sostenute dai consorziati.

Tabella 2. Comuni rientranti nell'area amministrativa del Consorzio di Bonifica della Capitanata¹⁹.

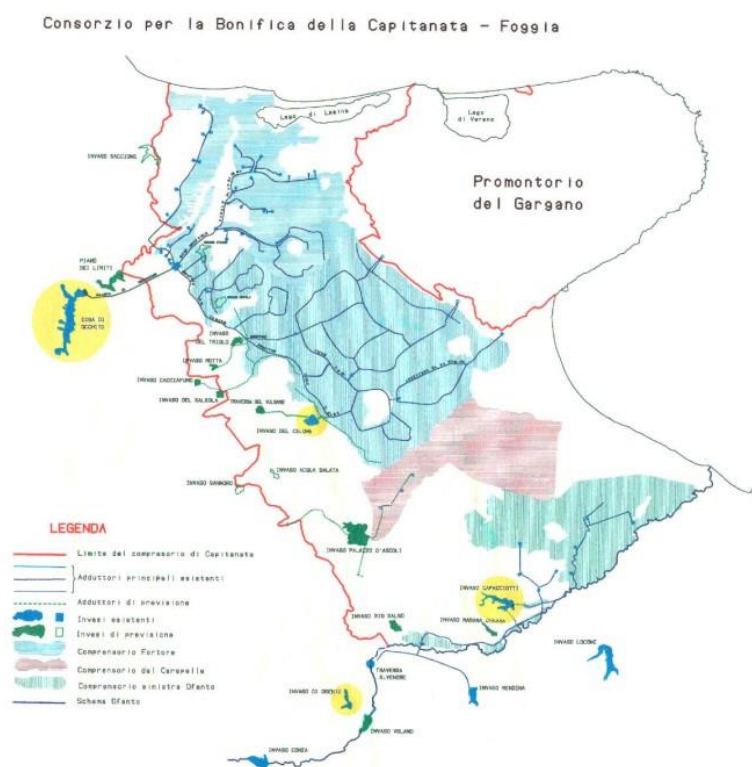
COMUNE	AREA_COMUNE(mq)	AREA_COMUNE (ha)	A_perc_comune nel consorzio
Manfredonia	352.008.990	35.201	74,59
Troia	167.210.636	16.721	77,62
Castelnuovo della Daunia	61.138.709	6.114	79,9
Apricena	171.421.507	17.142	80,68
Casalvecchio di Puglia	31.753.220	3.175	88,11
Candela	96.166.473	9.617	95,36
Margherita di Savoia	35.416.208	3.542	99,02
Chieuti	61.171.522	6.117	99,58
San Ferdinando di Puglia	40.911.284	4.091	99,64
Cerignola	589.563.281	58.956	99,72
Ascoli Satriano	334.392.164	33.439	99,75
Lucera	337.715.169	33.772	99,78
Zapponeta	41.438.635	4.144	99,81
Lesina	159.181.611	15.918	99,85
Trinitapoli	147.610.872	14.761	99,88
Serracapriola	142.539.406	14.254	99,89
Torremaggiore	208.785.662	20.879	99,93
Castelluccio dei Sauri	51.142.700	5.114	100
Stornara	33.622.411	3.362	100
Stornarella	33.576.193	3.358	100
San Severo	334.212.868	33.421	100
Ordona	39.298.720	3.930	100
Foggia	505.884.516	50.588	100
San Paolo di Civitate	90.627.652	9.063	100
Orta Nova	104.505.545	10.451	100
Carapelle	24.829.204	2.483	100
Poggio Imperiale	52.560.561	5.256	100
TOTALE	4.248.685.718	424.869	

Fonte: ns elaborazioni su dati Istat 2018 e Sigrian

¹⁹ Le elaborazioni sono state effettuate con software QGIS interpolando il layer dei comuni ISTAT 2018 e del CdB Capitanata dal database SIGRIAN. Si considerano solo i comuni che ricadono nei limiti amministrativi dell'ente irriguo per più del 70%.

Per quanto riguarda le opere di irrigazione, il Consorzio di bonifica della Capitanata è costituito da due grandi comprensori: Fortore e Ofanto. Il Comprensorio irriguo è un'unità territoriale fisico-amministrativa servita, tutta o in parte, da uno specifico sistema di opere irrigue. In genere, lo stesso Ente irriguo distingue i vari comprensori irrigui in base al bacino di accumulo idrico dal quale si approvvigionano. I comprensori irrigui sono poi divisi in distretti irrigui, in base alla conformazione della rete per la distribuzione idrica, ossia rifacendosi agli snodi che ripartiscono l'acqua tra le diverse zone del territorio. Nel paragrafo successivo si riporta la conformazione dei due schemi, ossia dei due comprensori irrigui da cui è costituito il consorzio della Capitanata e, poi, dei distretti irrigui che compongono queste due entità.

Figura 5: Il consorzio per la Bonifica della Capitanata



Fonte: CdB Capitanata

Il Comprensorio Fortore è alimentato dalle acque invase dalla diga di Occhito in agro di Carlantino della capacità massima di 250 milioni di mc e dalla diga del Celone in agro di Lucera della capacità massima di 16 milioni

di mc. Lo schema rende potenzialmente disponibili 96 Mmc /anno di acqua, sebbene mediamente siano distribuiti circa 72 Mmc nella stagione irrigua che, solitamente, ha inizio ad aprile e termina a novembre. Le dotazioni idriche consortili dipendendo dalle precipitazioni invernali, pertanto, una riduzione delle precipitazioni comporta situazioni di criticità nella stagione irrigua successiva. In realtà, bisognerebbe distinguere tra siccità meteorologica e siccità idrologica; infatti, quest'ultima, sebbene sia la conseguenza della prima, si verifica con un ritardo temporale di alcuni mesi (Giannoccaro *et.al*, 2019). Negli ultimi trent'anni sul territorio regionale si sono verificate condizioni di grave siccità meteorologica negli anni 1982, nel 1988-89 e nel 2002 (PTA, 2009).

Secondo i dati SIGRIAN, inseriti dal Consorzio e validati dalla regione Puglia, il Comprensorio Fortore è costituito da 14 distretti irrigui che riguardano circa 106 mila ettari di superficie attrezzata²⁰, ovvero quella superficie su cui insistono una serie di infrastrutture dedite all'irrigazione e, quindi, potenzialmente irrigabile, e da circa 35 mila ettari²¹ di superficie irrigata, ovvero la superficie effettivamente occupata dalle colture e irrigata. I volumi utilizzati, ovvero i volumi consegnati ai distretti irrigui del comprensorio Fortore sono in media di 70 milioni di mc²².

Il comprensorio dell'Ofanto è alimentato dalle acque invase dalla diga di Capacciotti in agro di Cerignola della capacità massima di 48 milioni di mc e dalla diga di Osento in agro di Monteverde (AV) della capacità massima di 16 milioni di mc.

Il Comprensorio dell'Ofanto si divide in comprensorio in sinistra Ofanto zona alta e comprensorio in sinistra Ofanto zona bassa. I distretti irrigui in sinistra Ofanto zona alta sono sette, mentre quelli in sinistra Ofanto zona bassa sono dieci. Il Comprensorio dell'Ofanto, secondo i dati SIGRIAN, è costituito da un valore medio di 40.725 ettari di superficie attrezzata e da un valore medio di 29.000 ettari di superficie irrigata (media del periodo 2014-2020) per un volume utilizzato medio di 39 milioni e mezzo di mc.

²⁰ Media dei valori di superficie attrezzata SIGRIAN nel periodo dal 2014 al 2020.

²¹ Media dei valori di superficie irrigata SIGRIAN nel periodo dal 2014 al 2020.

²² Media dei valori di volume utilizzato nel periodo dal 2014 al 2020.

Le macrocategorie culturali maggiormente presenti nei Comprensori Fortore ed Ofanto includono colture arboree, come olivo e vite, fruttiferi come pesco, albicocco, ciliegio, mandorlo e frutta in genere; nonché colture ortive estive, come pomodoro, peperone, patata, zucchine, e ortive invernali, come asparago, broccolo rapa, carciofo e cavolfiori. Tra le colture non irrigue troviamo il frumento duro, le leguminose e altri cereali da granella.

La stagione irrigua nel consorzio varia a seconda delle macrocategorie culturali. Le colture arboree vengono irrigate maggiormente da giugno a luglio, mentre i fruttiferi vengono irrigati da maggio ad agosto. Discorso a parte per le ortive, in cui il pomodoro, che è la coltura maggiormente presente, viene irrigato da aprile a settembre, ovvero dalla semina al raccolto. Le altre colture ortive variano da maggio ad agosto, come la barbabietola che viene seminata nei mesi autunnali e raccolta tra giugno e luglio, per questa coltura la stagione irrigua è relativa ai mesi di maggio-giugno, o gli altri ortaggi in genere che vengono seminati nella stagione estiva per essere raccolti nel periodo autunno-vernino (bietola, spinaci, asparagi, broccolo rapa, cicoria, ecc.). Visti i volumi di acqua impiegati per il pomodoro e viste le esigenze irrigue delle altre colture presenti, si può affermare che il periodo in cui c'è maggiore impiego di risorsa irrigua varia da aprile a settembre con picchi tra giugno e agosto.

Secondo i dati SIGRIAN fino al 2015 il Consorzio di bonifica della Capitanata ha utilizzato un esercizio irriguo a domanda. Questo metodo di consegna dell'acqua irrigua alle aziende consorziate non prevede turni e orari prestabiliti: ogni utente può prelevare l'acqua dalla rete consorziale quando lo ritiene più opportuno, tenuto conto delle proprie esigenze culturali e del proprio calendario dei lavori agricoli. Dal 2016 è stato introdotto anche l'esercizio irriguo in continuo ovvero una modalità per cui l'acqua viene erogata all'utenza in modo continuo nel tempo nell'arco delle 24 ore. I sistemi irrigui adottati sono l'irrigazione per aspersione, l'irrigazione localizzata e l'irrigazione per scorrimento.

3.5 Il Contributo Irriguo applicato in Capitanata

Il consorzio di Bonifica della Capitanata adotta una tariffazione volumetrica a scaglioni. Ad una quota fissa pagata euro per ettaro catastale, riguardante le spese di mantenimento della rete consortile, è aggiunta una quota variabile che varia quando la quantità di acqua utilizzata eccede dei valori soglia. I volumi sono assegnati in funzione degli ettari-diritto del consorziato e non per utenza, ossia sono assegnati al proprietario del fondo e non a chi lo gestisce, e non sono trasferibili né alienabili (Giannoccaro *et al.*, 2016). Gli scaglioni hanno lo scopo di incentivare il risparmio della risorsa e al contempo di assicurare una dotazione minima accessibile a tutti. All'inizio di ogni stagione irrigua, in funzione del volume di risorsa disponibile in diga a marzo, sono definite le condizioni relative alla dotazione idrica con cui si potrà operare nel successivo periodo irriguo. In particolare, si definisce la dotazione della prima fascia tariffaria, quella con pagamenti unitari più bassi, la cui entità dipende dalla quantità d'acqua disponibile a inizio stagione e rispecchia l'eventuale condizione di scarsità idrica (siccità idrologica). In condizioni di scarsa disponibilità idrica negli invasi il sistema di contribuzione a blocchi crescenti viene, infatti, modificato.

Fino al 2019 la quota fissa è stata di 15,5 €/ha e la quota variabile è stata basata su tre scaglioni, ossia: da 0 a 2050 mc/ha al costo di 0,12 €/mc, da 2051 a 4000 mc/ha al costo di 0,18 €/mc, > 4000 mc/ha al costo di 0,24 €/mc. I dati SIGRIAN riportano che, in tutti i distretti irrigui, dal 2015 al 2017 è stata pagata sempre una quota variabile di 0,12 €/mc. Nel 2018 e nel 2019 la quota variabile pagata, in tutti i distretti irrigui, è aumentata a 0,24 €/mc, a indicare livelli maggiori di utilizzo della risorsa da parte delle aziende.

Nel 2020 la quota fissa è aumentata a 31,1 €/ha e la quota variabile è stata modificata negli scaglioni e differenziata tra i due comprensori. Nel Fortore si applicano 0,12 € al mc fino a 1000 mc a ettaro e 1,00 € sopra i 1000 mc a ettaro. Nel comprensorio Ofanto si applicano 0,12 € al mc fino a 1750 mc a ettaro e 1,00 € al mc sopra quel livello. Questo aumento del costo dell'acqua è segno della volontà del Consorzio di applicare una politica di risparmio idrico volta a ridurre gli sprechi per fornire a tutti gli agricoltori associati un ammontare sicuro di acqua consortile. Nonostante ciò, la pressione sulle

risorse idriche non è diminuita. Il fabbisogno irriguo complessivo delle colture irrigate nella pianura del Tavoliere non è pienamente soddisfatto dall'offerta del servizio idrico collettivo; in molte aziende il servizio idrico collettivo è integrato dal servizio in auto-provvigionamento aziendale²³.

3.6 Il riutilizzo delle acque reflue in Capitanata

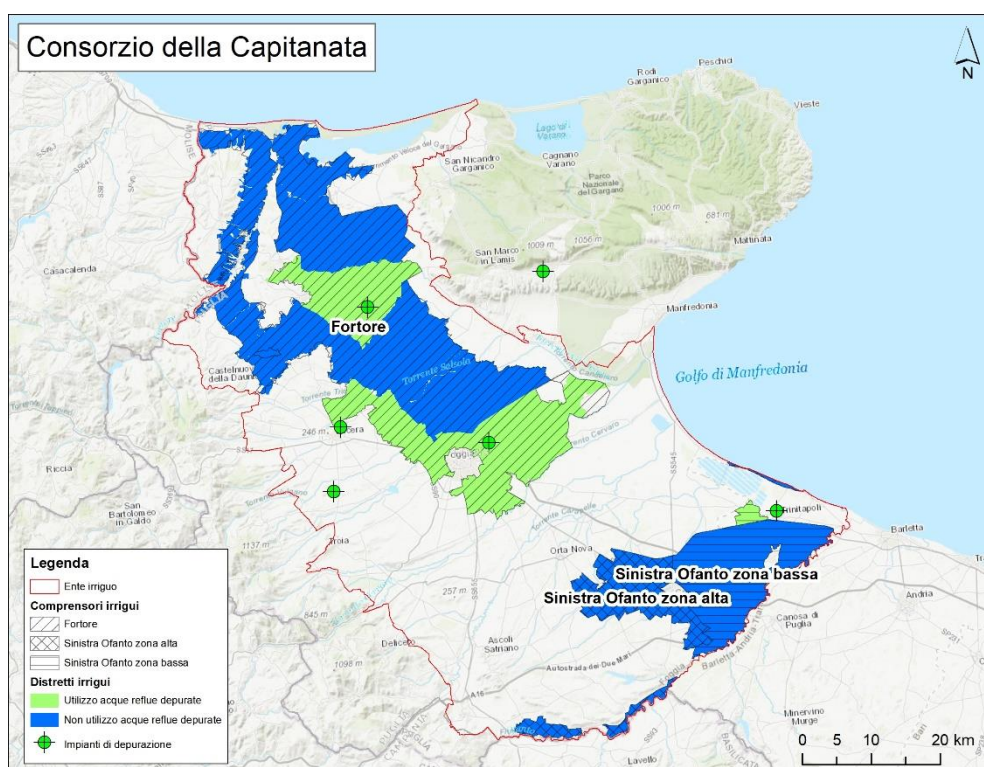
A seguito del piano regolatore degli acquedotti e con l'estensione dello schema idrico del Fortore al settore industriale, l'Acquedotto pugliese preleva dall'invaso di Occhito un volume annuale di 60 milioni di mc di acqua a uso potabile, mentre 5 milioni di mc sono prelevati dalle industrie presenti sul territorio (Poligrafico dello Stato e agroindustrie – SFIR, Compagnia Generale Agroindustriale, Cooperativa il Sole ecc.). A breve si aggiungerà la domanda di acqua degli insediamenti previsti dal Contratto d'Area di Manfredonia e dal PIP di Lucera, stimata in 30 milioni di mc. A questa si somma la domanda di una prevista centrale termoelettrica a turbogas, della potenza complessiva di 370 MW, da realizzarsi in prossimità del ripartitore di Finocchito. L'insieme di questi fabbisogni ammonta a 395 milioni di mc. In sintesi, i 102.500 ettari di superficie attrezzata hanno un fabbisogno irriguo di 200 milioni di mc, l'Acquedotto pugliese ha un fabbisogno di 60 milioni di mc (ma è previsto un prelievo fino a 80 milioni di mc), mentre i prelievi per usi industriali si attestano intorno ai 5 milioni di mc. A fronte di tali fabbisogni, negli ultimi 15 anni, nell'invaso di Occhito sono stati registrati afflussi medi di 150 milioni di mc. Ne scaturisce un deficit che, al momento è di 120 milioni di mc ma a medio termine sarà di oltre 200 milioni di mc. L'entrata in esercizio dell'invaso sul torrente Celone, con 16 milioni di mc di capacità d'invaso e la costruenda traversa sul Vulgano, in grado di aumentare le dotazioni di altri 6,5 milioni di mc, riusciranno a mitigare di poco il deficit idrico²⁴.

²³ Intervista al Dott. Agr. Luigi Nardella, Direttore Area Agraria del CdB della Capitanata.

²⁴ La situazione è analoga nel Comprensorio Sinistra Ofanto, in cui si stima la disponibilità di 76 milioni di mc che, con la dotazione di 2.000 mc/ha, come per il Fortore, servono una superficie irrigabile di 38.000 ettari.

Per colmare questi deficit, il piano generale delle acque pugliesi prevedeva, tra l'altro, l'utilizzo delle acque reflue dei principali comuni della provincia e ha avviato programmi di recupero e riutilizzo dei reflui dei comuni di Foggia, S. Severo, Lucera e Manfredonia. Si sono usati gli impianti di distribuzione già esistenti e in esercizio e si è completata la costruzione di un impianto di distribuzione (1000 ettari tra primo e secondo lotto) per sfruttare le acque reflue del comune di Cerignola. Il prossimo paragrafo ricostruisce in dettaglio l'origine e l'entità di questi reflui.

Figura 6: Distretti irrigui del CdB Capitanata potenzialmente irrigabili con acque reflue.



Fonte: ns elaborazioni su dati SIGRIAN

3.7 Le sperimentazioni in corso in Capitanata

L'Acquedotto Pugliese preleva dal nodo idraulico di Finocchito oltre 60 milioni di mc, che previa potabilizzazione, distribuisce ai centri urbani della Capitanata. Lo scarico dell'acqua nella rete fognaria dopo l'uso si stima in una percentuale dell'80%. La stima dei volumi reflui scaricati nei corsi idrici è di 48 milioni di mc, di cui 42 defluenti negli alvei dei corsi idrici di pianura del Consorzio di Bonifica. I restanti 6 milioni competono al territorio della

rete idrografica del Gargano. Tutti i comuni sono dotati di impianti di depurazione che abbattano l'inquinamento dal 30 al 40%. Solo qualche comune ha iniziato ad attrezzarsi per affinare le acque reflue a livelli idonei al riutilizzo, rientranti nei parametri previsti dalle norme vigenti.

Come detto, le acque reflue urbane, provenienti dagli impianti di depurazione e di affinamento della provincia di Foggia, vengono recapitate, quasi totalmente, nella rete scolante di bonifica gestita dal Consorzio. Il totale delle acque reflue rilasciate dai grandi, medi e piccoli comuni in fognatura è di 42.700.000 mc/annui. Il regime di tali acque presenta una portata in genere costante, con fluttuazioni legate solo ai consumi stagionali inverno-estate.

Per l'utilizzo delle acque reflue depurate si può fare la seguente distinzione.

Agricoltura: periodo irriguo (aprile-novembre) le acque con caratteristiche idonee di utilizzo possono essere immesse subito in rete; le acque disponibili *nel periodo non irriguo (dicembre-marzo)* possono essere accumulate in bacini o vasche, oppure scaricate direttamente nei canali recettori.

Industria: immesse in rete direttamente in continuo e consegnate agli utenti per l'intero arco dell'anno; accumulate parzialmente in appositi bacini o vasche per l'uso nei periodi irrigui oppure scaricate direttamente nei canali.

Ambiente: restituzione dell'acqua depurata nei corpi idrici recettori, senza ulteriore utilizzazione.

Gli impianti nelle aree amministrate dal Consorzio presentano tre casistiche: nel primo caso, tramite gli impianti funzionati, è possibile immettere in rete consortile le acque derivanti dagli impianti di affinamento di Foggia e Trinitapoli; nel secondo, l'utilizzazione è possibile a seguito di investimenti minori quali vasche di accumulo (Lucera); nel terzo gli investimenti da affrontare risultano maggiori e riguardano gli impianti di sollevamento e il collegamento con la rete consortile (San Giovanni Rotondo e San Severo) (*cfr Appendice 2*).

3.8 Il divario tra domanda e disponibilità di acqua nel Consorzio della Capitanata

Le infrastrutture irrigue consortili coprono solo una parte dei circa 400 mila ettari dei 27 Comuni inclusi nell'area consortile e, comunque, anche nelle zone raggiunte dalla rete collettiva, l'irrigazione avviene integrando l'acqua attinta dagli invasi con prelievi dalle falde sotterranee da parte delle aziende. In varie zone, invece, le reti consortili non giungono proprio e l'irrigazione avviene solo con prelievi dai pozzi aziendali.

In particolare, le infrastrutture dei comprensori Fortore e Ofanto potrebbero irrigare circa 150 mila ettari l'anno per un fabbisogno potenziale stimato di oltre 200 Mmc. Tuttavia, ne irrigano in media 64 mila ettari, ovvero meno della metà, prelevando dagli invasi circa 110 Mmc. Ciò è dovuto alla ridotta disponibilità idrica negli invasi che negli anni hanno registrato afflussi medi di circa 227 Mmc e dai quali prelevano anche altri usi, il civile (60 Mmc) e l'industriale (5 Mmc). Le disponibilità potenziali di acque reflue dagli impianti presenti nell'area potrebbero coprire un fabbisogno di circa 42 Mmc, che potrebbe alleviare la pressione sulle falde che, a causa dei significativi e continui prelievi sono ormai divenute salmastre, con gravi problemi per le colture che le utilizzano. L'obiettivo di contenere l'eccessivo emungimento è, quindi, di notevole importanza per la gestione consortile.

3.9 Alcune considerazioni riassuntive

Il Consorzio di Bonifica della Capitanata è il più grande consorzio pugliese in termini di superficie amministrata e ricopre tutta la piana del Tavoliere delle Puglie. L'approvvigionamento della rete idrica consortile avviene attingendo a invasi destinati a usi plurimi che presentano un apprezzabile deficit di disponibilità idrica rispetto ai fabbisogni agricoli, dei settori industriali e del sistema civile. L'irrigazione soffre questa condizione perché l'uso civile è considerato preminente sull'impiego agricolo. Essa è, però, fondamentale in questa area dove la produzione delle colture intensive ad alto reddito, ortive ma anche viticole e olivicole, mantiene adeguati livelli di reddito per le comunità locali ma viene costantemente minacciata dalle

condizioni di clima semi-arido. Ciò comporta che, solo in parte del territorio consortile, l'irrigazione avvenga usando acque degli invasi idrici e che, in ogni caso, anche in quelle zone, gli agricoltori integrino quella risorsa idrica con prelievi dalle falde sotterranee. In altre aree importanti di quel territorio la rete idrica consortile non arriva proprio e l'irrigazione avviene con ricorso solo alle acque di falda. Tutto ciò porta a un eccessivo prelievo di acque sotterranee che causa un ormai importante intrusione del cuneo salino che, da una parte, riduce le disponibilità di questa risorsa, dall'altra, la deteriora rendendo salmastre quelle acque. Il divario tra domanda e disponibilità d'acqua è, pertanto, una caratteristica ormai strutturale di questo territorio e la disponibilità consortile non riesce a fornire tutta l'area attrezzata da infrastrutture irrigue, ma solo una parte. Per tale motivo nell'area sono già predisposti impianti di depurazione dei reflui, di cui se n'è già sperimentato l'uso agricolo.

CAPITOLO 4

In questo capitolo descriviamo il quadro-teorico metodologico con cui si sono inquadrate le condizioni di utilizzo dei reflui depurati nel settore agricolo della Capitanata. Poi si descrivono i materiali usati per l'analisi, ossia le banche dati SIGRIAN e RICA. Infine, si passa alla descrizione dei metodi di analisi, che sono dei modelli econometrici di domanda irrigua dell'acqua, utilizzati per valutare le possibili risposte degli agricoltori ad eventuali incrementi di disponibilità idrica generati, fornendogli l'acqua costituita dai reflui urbani depurati.

4.1 Il quadro teorico e metodologico

L'acqua ha un valore economico in tutti i suoi usi concorrenti e dovrebbe essere riconosciuta come un bene economico (GWP, 2004). Ciò giustifica la necessità di un'allocazione razionale dell'acqua come risorsa scarsa attraverso l'uso di diversi strumenti. A tale riguardo, gli strumenti economici svolgono un ruolo importante giacché indicano gli aspetti che vanno considerati per allocare in maniera ottimale una risorsa scarsa tra utilizzi diversi. Questa allocazione può essere svolta ricorrendo a uno schema di incentivi tra gli usi dell'acqua che permetta di destinare l'acqua al suo più alto valore di uso economico (efficienza economica) senza ostacolare l'equità, gli obiettivi ambientali e la sostenibilità finanziaria (recupero dei costi). L'economia neoclassica indica nel mercato e nei prezzi che scaturiscono dalla sua allocazione il meccanismo attraverso il quale si dovrebbe soddisfare tale finalità. Dal confronto tra la domanda e l'offerta si determina la distribuzione di equilibrio e, contemporaneamente, la determinazione dei prezzi relativi dei prodotti in termini di equilibri di domanda e offerta. Tale impostazione permette, quindi, di determinare simultaneamente la quantità prodotta, la sua distribuzione tra i diversi fattori di produzione ed i relativi prezzi.

Non per tutti i beni e i servizi è possibile un'allocazione ottimale attraverso meccanismi di scambio basati sul mercato. Questi meccanismi funzionano,

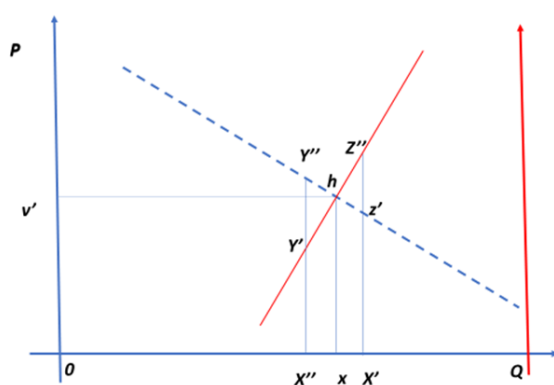
infatti, solo nei casi in cui, sugli oggetti dello scambio, siano precisamente specificati diritti di proprietà di tipo privato. Sono, infatti, questi ultimi che spingono i soggetti che li detengono a cercare nello scambio l'allocazione di massimo valore. Quello che accade è che vari beni, e anche per alcuni servizi, non è possibile specificare diritti di proprietà di tipo privato, dunque, non è possibile conseguire l'ottima allocazione ricorrendo a scambi di mercato regolati dai prezzi. L'acqua, in un regime di diritti di proprietà come quello che vige nel nostro Paese, è uno di questi beni, dal momento che la sua proprietà è pubblica e tutti i soggetti coinvolti nei suoi vari impieghi ne sono utilizzatori ma non proprietari.

Tutto ciò non significa, però, che i meccanismi di mercato non indichino elementi interessanti per un'allocazione ottimale, sia pure conseguita con sistemi diversi dal gioco dei prezzi. In particolare, studiando i risultati che si ottengono con il funzionamento dei meccanismi di mercato, emerge che la migliore allocazione di ogni tipo di risorsa scarsa è quella che si determina in seguito a una ripartizione che genera un uguale valore del prodotto marginale, o dell'utilità marginale, che si consegue nei suoi vari impieghi. In questo caso, un'allocazione diversa della risorsa produrrebbe un aumento di valore nel settore che viene favorito dallo scambio ma, al contempo, genererebbe una maggiore riduzione di valore nel settore che viene sfavorito.

La figura 7 riproduce queste condizioni per un sistema costituito da due utilizzatori, di cui mostra le funzioni di domanda per la risorsa (linea rossa continua e linea blu tratteggiata, rappresentata specularmente alla prima). Queste funzioni corrispondono all'utilità marginale o al valore del prodotto marginale che i due soggetti traggono dall'uso della risorsa. Il grafico mostra che l'allocazione della risorsa disponibile in quantità limitate (OQ) genera il massimo valore di utilità o di valore prodotto nel sistema quando l'utilizzatore con la linea di domanda blu tratteggiata ne riceve Ox e l'utilizzatore con la linea di domanda rossa continua ne riceve xQ . Infatti, se spostiamo una quantità di risorsa pari a xX' a favore dell'utilizzatore con linea di domanda tratteggiata in blu, otteniamo un incremento di utilità pari all'area del trapezio sotto quella funzione ma, allo stesso tempo, subiamo un decremento di utilità pari all'area del trapezio sotto la linea continua rossa, che è la funzione di domanda dell'utilizzatore che perde risorsa. Quando l'utilizzatore, che riceve

la risorsa, consegue un aumento di utilità minore della perdita che subisce invece, l'utilizzatore che cede la risorsa, allora il sistema subisce una riduzione generale di utilità. Ci si è dunque allontanati dalla condizione di massima utilità, o benessere, possibile che, appunto, corrisponde alla distribuzione in cui le utilità marginali dei singoli utilizzatori sono uguali.

Figura 7: allocazione di una risorsa scarsa tra due utilizzatori



Fonte: ns elaborazioni

Ora, un sistema di mercato in cui sono, precisamente, specificati i diritti di proprietà dei due utilizzatori sulla risorsa scarsa ricorre allo scambio tra quei due soggetti per giungere alla sua allocazione ottimale ($0x - xQ$). Questa si consegue quando il valore del prodotto marginale, o dell'utilità marginale, generata nei due impieghi è uguale e corrisponde al prezzo v' al quale avviene lo scambio.

Tutto ciò non può avvenire nel caso di un bene per il quale non esistono specifici diritti privati di proprietà, come accade per l'acqua, che in Italia è di proprietà pubblica.

Nonostante questo problema, anche in quest'ultimo tipo di sistemi, l'analisi condotta, e su esposta, rappresenta un riferimento di grande interesse per individuare l'allocazione della risorsa che massimizzerebbe l'utilità generale del suo impiego. In particolare, si può ricorrere al concetto che l'allocazione ottimale avviene con la distribuzione della risorsa che rende uguali i valori dei prodotti marginali nei diversi utilizzi. In altre parole, stimate le funzioni

di domanda per l'acqua a uso irriguo, industriale e civile è possibile confrontarle e, data una disponibilità globale limitata della risorsa, allocarla in modo che sia uguale il valore del prodotto marginale in ognuno di quegli utilizzi.

4.1.1 Approccio metodologico: stima della domanda irrigua

La tesi segue questo quadro teorico, anche se non lo sviluppa completamente. In particolare, l'analisi non stima una domanda idrica dei settori industriale e civile e si concentra sulla domanda del settore agricolo. Ciò accade per due motivi. Innanzitutto, perché l'applicazione completa di quel quadro teorico richiederebbe la conoscenza delle disponibilità generali di risorsa idrica per l'area, nonché la conoscenza dei vincoli tecnologici che ne condizionano l'uso delle sue varie componenti nei vari impieghi. In altre parole, si dovrebbe ricostruire un bilancio dell'acqua d'invaso, di quella di falda e di quella da reflu depurato, insieme ai vincoli che ostacolano l'uso soprattutto di queste ultime due componenti nel settore industriale e civile. Quest'ultimo aspetto non è particolarmente complesso ma lo è sicuramente il primo, e soprattutto per le disponibilità di acqua di falda e, almeno in parte, per quelle da reflu depurato nei vari periodi della stagione irrigua²⁵.

La tesi si concentra dunque sulla stima della domanda per l'acqua irrigua e lo fa con la consapevolezza che anche in quest'orizzonte limitato dovrebbero emergere aspetti di rilievo per gli impatti generati dalla distribuzione delle nuove risorse idriche da reflu depurato. In particolare, dovrebbe emergere la relazione tra uso dell'acqua di fonte consortile e uso dell'acqua di falda che, peraltro, s'intende stimare differenziando tra la condizione delle aziende che già ricevono il primo tipo di risorsa e quelle che ancora non la ricevono. Come si è visto sopra, in alcune aree della Capitanata, la rete consortile non fornisce risorsa idrica alle aziende e l'irrigazione avviene tutta con prelievi da pozzi.

²⁵ La difficoltà di costruire la domanda d'acqua per gli usi diversi dall'agricolo ha concorso a far decidere di non utilizzare la programmazione lineare.

Nelle altre zone l'acqua dei pozzi è invece usata solo per integrare le cospicue forniture consortili. Un problema di un certo interesse è, dunque, se sia meglio usare i reflui depurati per ridurre gli attingimenti alle falde idriche nelle aree pienamente servite dalla rete consortile; oppure, usarla per espandere la rete nelle zone che non sono attualmente servite dagli impianti collettivi, cercando di limitare gli usi della risorsa sotterranea.

L'analisi della domanda per l'acqua irrigua sarà, dunque, svolta differenziando tra gli utilizzatori in queste diverse condizioni. In particolare, ci si aspetta di ottenere risposte relative all'ipotesi che la relazione tra la domanda di queste due componenti possa essere diversa, variando da un rapporto di sostituzione a uno di complementarità.

Per svolgere questa stima si sono dapprima reperite le informazioni che in un normale contesto si sarebbero potute raccogliere con rilevazioni *ad hoc*, dalle stesse aziende agricole. Non potendo effettuare delle visite in presenza, nei due anni di pandemia che hanno caratterizzato il lavoro di questa tesi, si sono utilizzate le due banche dati del CREA PB, SIGRIAN e RICA che, congiuntamente, hanno permesso di ricostruire le informazioni necessarie per implementare i modelli econometrici sulla domanda d'acqua in aziende agricole che hanno diverse modalità di approvvigionamento irriguo. L'approccio così impostato può essere replicato in altre aree di studio, dove i dati siano carenti, essendo le due banche dati di profilo nazionale.

4.1.2 Approccio metodologico: la risorsa idrica da allocare

Come detto in precedenza, a seguito dell'entrata in vigore delle norme dettate dal Reg. UE 741/2020, le acque reflue devono fuoriuscire dall'impianto di depurazione con caratteristiche qualitative che le rendono idonee alla destinazione d'uso prescelta (*fit for purpose*). Pertanto, esse saranno assolutamente idonee all'impiego in agricoltura e non si distingueranno dalle acque convenzionali usate dal settore. Ciò significa che non ci sarà distinzione di qualità e, quindi, si presume anche di prezzo, tra l'acqua irrigua proveniente dal bacino di accumulo e il refluo depurato che, anzi, sarà immesso in condotta direttamente a monte della rete principale.

L'implicazione fondamentale è che l'agricoltore non dovrà fare nessuna scelta tra queste due tipologie di risorsa e che sarà compito degli organismi decisionali pubblici definire come gestire questa risorsa. In particolare, andrà valutata la possibile reattività dell'agricoltura, di produzione, occupazione e reddito, all'aumento di disponibilità idrica dovuta a questa ulteriore risorsa. Nel caso di effetti limitati sarà, infatti, preferibile lasciare la risorsa idrica convenzionale attualmente destinata al comparto agricolo, nell'invaso a favore degli altri usi (civile e industriale) e utilizzare i reflui depurati in sostituzione delle acque convenzionali mantenendo inalterate le disponibilità agricole. Qualora, invece, l'agricoltura possa reagire in maniera significativa all'incremento delle disponibilità idriche, allora sarà d'interesse che queste acque trattate siano destinate al settore.

4.2 Materiali: i dati per le stime econometriche

I dati utilizzati per le stime econometriche della domanda irrigua, nelle aree servite dalle reti consortili e in quelle irrigate solo con attingimento alle falde idriche, sono stati ricostruiti integrando tra loro informazioni di provenienza diversa. In particolare, sono state integrate le informazioni provenienti da due banche dati gestite dal CREA PB: SIGRIAN e RICA. Vediamo le principali caratteristiche di queste due banche dati e il lavoro di integrazione che è stato svolto.

4.2.1 Materiali: la banca dati SIGRIAN

Il Sistema informativo Nazionale per la Gestione delle risorse idriche in Agricoltura - SIGRIAN nasce nel 1994 ad opera dell'Istituto Nazionale di Economia Agraria (INEA) per le regioni del Sud Italia e Isole, al fine di raccogliere in un unico database i dati riguardanti il settore irriguo. Negli anni 2000, anche il Nord e il Centro Italia sono stati implementati nel Sistema, che successivamente è diventato un database nazionale. Il Decreto MiPAAF del 31 luglio 2015 approva le Linee Guida sulla quantificazione dei volumi idrici

ad uso irriguo in risposta alle condizionalità ex-ante²⁶ e il CREA-PB (ex-INEA) ha adattato il SIGRIAN alle finalità di gestione e monitoraggio delle informazioni di misura e/o stima dell'acqua utilizzata in agricoltura.

Il SIGRIAN raccoglie tutte le informazioni gestionali, infrastrutturali e agronomiche relative all'irrigazione collettiva nazionale. È un geo database, strutturato come un WebGis in cui tutte le informazioni sono associate a dati geografici, collegati tra loro nei vari campi. Esso funziona, dunque, anche da banca dati storica per l'analisi dell'evoluzione dell'uso irriguo dell'acqua nelle diverse aree del Paese. Le informazioni contenute nel SIGRIAN non sono riferite alle singole aziende agricole bensì ai Distretti irrigui, nella cui area un numero variabile di aziende agricole utilizza il volume d'acqua fornita dall'Ente irriguo.

Il SIGRIAN è costituito da due sezioni. La prima riguarda il Servizio Idrico di Irrigazione (SII), implementata dagli Enti irrigui e validata da Regioni e Province Autonome; l'altra sull'autoapprovvigionamento di acqua per l'irrigazione da pozzi, le cui informazioni sono imputate da Regioni e Province autonome.

Nella sezione dedicata al SII il territorio degli Enti Irrigui è articolato in Comprensori irrigui, ossia unità territoriali fisico-amministrative servite, in tutto o in parte, da un sistema di opere irrigue²⁷. I Comprensori irrigui sono suddivisi a loro volta in Distretti Irrigui, ossia aree dove si sviluppa la rete di distribuzione idrica alimentate da un proprio ripartitore²⁸.

La sezione relativa all'uso agricolo di irrigazione in autoapprovvigionamento comprende le informazioni riguardanti le concessioni di derivazione, con i corpi idrici di prelievo, i volumi concessi e le colture su cui è autorizzata l'irrigazione con quella fonte. Questa sezione, al momento, risulta non implementata dalle Regioni e PP.AA.

²⁶ Le disposizioni dell'art. 9 della Direttiva Quadro sulle Acque sono state inglobate nella politica per lo sviluppo rurale nell'ambito delle Politiche Agricole comuni per la programmazione 2014-2020, come condizionalità ex ante per le risorse idriche, ovvero come condizioni che gli Stati membri devono rispettare per utilizzare i fondi dell'UE.

²⁷ Le infrastrutture idrauliche che distribuiscono l'acqua per l'irrigazione sono composte da una fonte di approvvigionamento dalla quale si diparte la rete adduttrice a cui si collega la rete di distribuzione che trasporta l'acqua ai singoli distretti irrigui. Attualmente il SIGRIAN raccoglie le informazioni relative alla rete principale e solo parzialmente quella di distribuzione.

²⁸ Il ripartitore è la struttura idraulica di consegna dell'acqua alla rete di distribuzione consortile.

4.2.2 Materiali: la banca dati RICA

Sin dalla formulazione del progetto, la tesi è stata impostata per sviluppare un'analisi econometrica della domanda idrica basata su dati di tipo aziendale. Si è, infatti, ritenuto che varie caratteristiche strutturali delle aziende, dalla disponibilità di lavoro, ai sistemi di approvvigionamento idrico, alla presenza di specifiche colture arboree, influenzino l'organizzazione produttiva e, con essa, la domanda d'acqua. Inoltre, si è ritenuto che il ricorso a pooling di dati sezionali e temporali di origine aziendale potesse accrescere il numero di osservazioni utili per la stima econometrica stessa.

Purtroppo, come detto, il SIGRIAN non contiene informazioni di stampo aziendale ma solo dati dei distretti irrigui da cui sono composti i comprensori degli Enti irrigui. Questo comporta varie carenze di informazioni, ad esempio, quella sulle modalità di approvvigionamento agricolo di acqua per l'irrigazione sia da pozzi che da consorzio. Per questo si è deciso di integrare le informazioni del SIGRIAN con quelle della Rete di Informazione Contabile Agricola (R.I.C.A. – in seguito RICA). Questa banca dati è generata da una indagine campionaria annuale istituita dalla Commissione Economica Europea con il Regolamento CEE 79/65 che, è svolta con impostazione analoga nei Paesi dell'UE e, rappresenta l'unica fonte armonizzata di dati microeconomici sui redditi e sulle dinamiche economico-strutturali delle aziende agricole. Ogni anno la RICA estrae un campione di aziende agricole statisticamente rappresentativo della realtà nazionale, per cui le informazioni ottenute si possono estendere all'universo regionale utilizzando fattori moltiplicativi (*pesi*) relativi alle singole variabili oggetto di studio. Va, però, detto che la RICA non include le aziende con Produzione Standard inferiore agli 8.000 euro, per cui non si può escludere un sia pur lieve effetto distorsivo legato a questa assenza.

Le variabili rilevate dall'indagine RICA riguardano le peculiarità tecniche, strutturali ed economiche delle aziende agricole. Oltre a queste, c'è il comune di appartenenza, il codice aziendale e le coordinate geografiche con cui distinguere le aziende che ricorrono al servizio di irrigazione e ai prelievi da pozzi, svolta con l'analisi cartografica, come spiegato di seguito. Il ricorso a

questi dati sconta senz'altro vari limiti, come la localizzazione aziendale, che può coincidere con la sede amministrativa aziendale e non con l'azienda agricola vera e propria. Inoltre, il campione è costruito su variabili strutturali ed economiche, pertanto le variabili di uso dell'acqua, anche se censite dal 2008, non sempre sono raccolte in maniera continua. Inoltre, il campione è strutturato su base regionale, mentre la nostra analisi si fonda su una porzione di territorio più piccola, l'area della Capitanata, suddivisa a sua volta sulla base dei Distretti irrigui SIGRIAN.

Nonostante questi limiti, abbiamo deciso di usare i dati relativi alle aziende agricole ricadenti nel Comprensorio di Bonifica e Irrigazione della Capitanata, considerando gli archivi dal 2011 al 2019. In tal modo abbiamo costruito una serie di osservazioni spaziali e temporali sulle scelte di irrigazione da parte delle imprese e sui fattori che le hanno influenzate. Purtroppo, si deve ammettere che nel costruire questa serie non si è potuto beneficiare di un panel di aziende equilibrato e stabile nel tempo. Molte delle aziende analizzate sono, infatti, presenti solo per alcune delle annualità considerate e spesso neppure consecutive. Di questo limite va tenuto conto nel valutare l'affidabilità complessiva dei risultati ottenuti, nonché l'adattamento dei modelli sviluppati in termini di *fit*.

4.3 Metodi: ricostruzione dei dati sull'irrigazione aziendale con integrazione tra le banche dati SIGRIAN e RICA

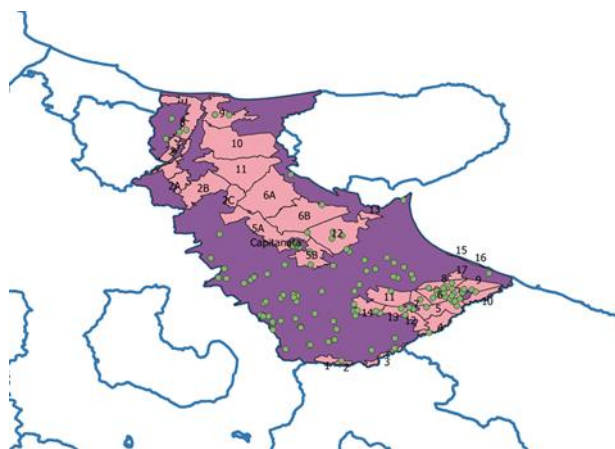
L'utilizzo congiunto delle due banche dati, SIGRIAN e RICA, ha permesso di ottenere le informazioni sulle aziende agricole dell'area, che sarebbe stato difficile ottenere con rilevazioni *ad hoc*, sia per la difficoltà di reperire dati sensibili a scala aziendale, sia per lo stato di pandemia nei due anni in cui si doveva svolgere l'indagine.

Il dataset RICA della Regione Puglia è stato riportato in software GIS, con un file in formato CSV²⁹, utilizzando le coordinate delle aziende del campione

²⁹ *Comma-separated-values*: file di testo costituiti in modo da contenere informazioni in modo simile ad una tabella. È un formato di file che permette il trasferimento di dati da un programma ad un altro.

per gli anni considerati, in modo da incrociare con gli *shape-file* dei Distretti Irrigui del Consorzio della Capitanata presenti nella piattaforma Web-Gis SIGRIAN. Così, si è potuto distinguere tra le aziende ricadenti nei Distretti Irrigui SIGRIAN (di colore rosa in figura 8), analizzate nel Servizio idrico di Irrigazione, e quelle ricadenti fuori i Distretti Irrigui SIGRIAN (di colore viola in figura 8), analizzate rispetto al prelievo irriguo da pozzi.

Figura 8: Rappresentazione dell'elaborazione Gis delle informazioni delle due banche dati. Esempio anno 2016.



Fonte: ns elaborazioni su dati SIGRIAN e RICA

Operata questa distinzione, per le due tipologie aziendali sono state considerate le informazioni relative a specie vegetale, volume totale di acqua (mc) e superficie agricola utilizzata (SAU) delle colture irrigate presenti nell'archivio RICA "Uso acqua". Poi, dall'archivio RICA "Ambiente" sono state estrapolate le informazioni sugli ettari aziendali irrigati con le diverse modalità di approvvigionamento prevalente. Questa operazione, da una parte, ha permesso di consolidare il dato già ottenuto tramite l'incrocio con il SIGRIAN; dall'altra, ha fornito una ulteriore informazione sulle aziende che si approvvigionano sia con acque consortili che da pozzo. Abbiamo così ottenuto un dataset composto da tre tipi aziendali: quelle che si approvvigionano d'acqua solo tramite rete consortile, quelle che prelevano anche acqua da pozzi e quelle che si riforniscono solo con prelievi idrici dai pozzi.

Dall'archivio RICA "Colture", che contiene i dati fisici ed economici dei processi vegetali realizzati in azienda, è stata poi ricavata l'informazione sul

costo dell'acqua (euro). Dal dataset costruito in questo modo sono state eliminate le aziende che, pur presentando un volume di acqua utilizzato maggiore di zero, presentavano un costo per l'acqua pari a zero.

Il dataset è stato, quindi, diviso in tre gruppi differenti in base alle fonti di approvvigionamento:

- 1) COPO - dalla rete consortile e dai pozzi;
- 2) SOCO - solo dalla rete consortile;
- 3) SOPO - solo dai pozzi.

Per ogni azienda, in ogni anno è stata costruita la variabile “costo unitario dell'acqua” (€/mc) per le sue provenienze. Per le aziende del gruppo SOCO e SOPO, che ricorrono a una sola fonte di approvvigionamento consortile o da pozzo, il costo unitario è stato ottenuto rapportando la variabile “costo acqua” dell'archivio RICA a quella del volume dell'acqua. Per le aziende del gruppo COPO, che ricorrono sia alla rete consortile, sia ai pozzi aziendali, si è proceduto in due passi per distinguere il costo dell'acqua consortile da quello dell'acqua prelevata dai pozzi. Innanzitutto, si è usata l'informazione sugli ettari delle varie colture irrigati con acque consortili e da pozzo, per identificare i volumi idrici ottenuti dalle due fonti. Poi, ci si è concentrati sui volumi attribuiti alla fonte consortile e, per ogni azienda, si è ricostruito il pagamento dovuto in base alla tariffazione a scaglione utilizzando i parametri applicati dal Consorzio fino alla campagna irrigua del 2019, come riportato nel SIGRIAN. In particolare, si è applicato 0,12 €/mc fino a 2.050 mc/ha, 0,18 €/mc per addizionali 1950 mc/ha, e 0,24 €/mc per i volumi che eccedono i 4000 mc/ha. Il valore totale di questo pagamento è stato sottratto al costo totale dell'acqua dell'azienda riportato nell'archivio RICA: la differenza così ottenuta è stata identificata con il costo dell'acqua sostenuto dall'azienda per il sollevamento da pozzi. Rapportando questo costo ai volumi prelevati dai pozzi, si è ottenuto il relativo costo unitario (€/mc). Infine, si sono eliminati i valori anomali di costo dell'acqua a metro cubo (negativi o superiori ad 1.50 €/mc) per i tre gruppi aziendali.

Il dataset è stato popolato anche di altre variabili. In particolare, dalla tabella “Colture” si sono ricavate le informazioni sul Margine Lordo (€/ha) e sul Margine Operativo (EUR), in cui al Margine lordo sono sottratti costo lavoro uomo e costo lavoro macchine. I margini delle colture rilevati per ogni anno,

per ogni azienda, sono stati sommati per categorie colturali (ortive estive e invernali, fruttiferi, olivo_vite, colture non irrigue) e rapportati alla SAU irrigua di queste ultime, ottenendo un valore medio annuale per ettaro di quelle categorie. Dalla tabella “Aziende” è stato ricavato il valore relativo alle unità di lavoro familiari. Per l’evapotraspirazione netta è stato considerato il dato della Regione Puglia fornito dal MiPAAF e dal progetto Agridigit del CREA-AA.

Il dataset finale, denominato PORRI, risulta quindi costituito da n. 39 aziende in COPO, n.180 aziende in SOCO, n. 27 aziende in SOPO. Le variabili sono:

SAU: superficie agricola utilizzata aziendale

SAIR: superficie irrigata aziendale

NOIR: ettari colture non irrigue

FRUT: ettari fruttiferi

ORAN: ettari ortive autunnali

ORES: ettari ortive estive

OLVI: ettari olivo e vite

FRUT%: percentuale delle superfici a fruttiferi rispetto alla SAU irrigua

OREA%: percentuali delle superfici a ortive rispetto alla SAU irrigua

OLVI%: percentuale delle superfici a olivo e vite rispetto alla SAU irrigua

COEM: contributo acqua consortile (EUR/mc)

POEM: costo acqua da pozzo (EUR/mc)

VACO: volume acqua da consorzio

VAPO: volume acqua da pozzo

MANI: Margini Lordi medi (EUR/ha) colture non irrigue

MAFR: Margini Lordi medi (EUR/ha) fruttiferi

MAOA: Margini Lordi medi (EUR/ha) ortive autunnali

MAOE: Margini Lordi medi (EUR/ha) ortive estive

MAEA: Margini Lordi medi (EUR/ha) delle ortive

MAOV: Margini Lordi medi (EUR/ha) olivo e vite

MONI: Margini Operativi medi (EUR/ha) colture non irrigue

MOFR: Margini Operativi medi (EUR/ha) fruttiferi

MOOA: Margini Operativi medi (EUR/ha) ortive autunnali

MOOE: Margini Operativi medi (EUR/ha) ortive estive

MOEA: Margini Operativi medi (EUR/ha) delle ortive

MOOV: Margini Operativi medi (EUR/ha) olivo e vite

I margini lordi e operativi al tempo $t-1$, ovvero riferiti all'anno precedente

ULF: unità di lavoro familiare

ETPN e ETNP $t-1$: evapotraspirazione netta della Puglia dell'anno e dell'anno precedente (mm/1000).

4.3.1 Metodi: modelli di domanda per l'acqua a uso irriguo nell'area della Capitanata

Utilizzando queste variabili sono stati costruiti vari modelli econometrici per stimare i fattori che determinano la domanda d'acqua espressa dagli agricoltori di quell'area, ossia la domanda per l'acqua fornita dal Consorzio e quella per l'acqua attinta ai pozzi. L'obiettivo era di valutare se un aumento delle disponibilità idriche, dovuto all'immissione delle risorse aggiuntive date dai reflui depurati, può indurre un processo di sostituzione, con riduzione dei prelievi dai pozzi. La possibilità alternativa è che la maggiore disponibilità di risorse idriche consortili possa accrescere i prelievi dai pozzi, a seguito di un aumento dell'impegno nell'irrigazione. Le due ipotesi testate sono quindi di una relazione di sostituzione rispetto all'acqua da pozzi o di complementarità con esse. Queste ipotesi sono state valutate a diverse condizioni di disponibilità idrica. In particolare, si sono stimate le condizioni nell'area servita dal Consorzio, in cui gran parte delle aziende soddisfa le esigenze irrigue con le forniture consortili ma c'è, comunque, un gruppo che integra quelle forniture con prelievi da pozzi. Poi, abbiamo stimato anche la domanda nella zona non raggiunta dalla rete del Consorzio, in cui ci si approvvigiona solo da pozzi e un apporto di risorsa consortile muterebbe radicalmente gli standard di disponibilità.

Nei prossimi paragrafi esaminiamo i modelli econometrici usati per le stime della funzione di domanda dell'acqua.

4.3.1 Metodi: il modello SEM di equazioni strutturali

I modelli di equazioni strutturali (Structural Equation Modeling, SEM) costituiscono una tecnica di analisi statistica multivariata, che consente di

valutare l'effetto diretto o indiretto di fattori causali sull'evoluzione di uno scenario incidentale e valutare le relazioni. I SEM permettono di verificare l'ipotesi circa l'influenza di un insieme di variabili sulle altre. Consentono, inoltre, di esaminare le relazioni lineari tra una o più variabili indipendenti e una o più variabili dipendenti, che possono essere sia nell'uno che nell'altro caso misurate (ossia direttamente osservabili) o latenti (ossia non direttamente osservabili). In questo caso il modello di equazioni strutturali coniuga all'interno di un unico framework due strumenti:

- 1) L'analisi fattoriale confermativa
- 2) L'analisi di regressione multivariata

La CFA (Confirmatory factor analysis) ha lo scopo di costruire un modello idoneo a studiare le relazioni tra le variabili osservate e le variabili latenti cioè quei costrutti non osservati, ma derivati dalla combinazione delle variabili osservate. L'analisi di regressione ha invece l'obiettivo di spiegare le relazioni casuali tra costrutti. Dalla fusione di questi due obiettivi nasce il SEM.

I modelli SEM senza variabili latenti, come nel nostro caso, sono la coniugazione di due strumenti:

- 1) Il modello di regressione
- 2) La path analysis

Nel modello di regressione vengono inserite solo le variabili osservate; solo alla variabile dipendente viene aggiunto il termine di errore, mentre per l'indipendente non è necessario; i coefficienti di regressione vengono stimati come parziali, ovvero l'effetto di ogni variabile indipendente viene stimato a parità di tutte le altre indipendenti.

La path analysis rappresenta una tecnica per stimare l'importanza dei legami tra variabili e usare poi queste stime per fornire informazioni sui processi causali sottostanti. Il *path diagram* è la rappresentazione grafica di un sistema di equazioni simultanee. La path analysis è strettamente legata alla regressione multipla.

Una variabile viene chiamata esogena (cioè esterna) in relazione ad un modello di nessi causali se è una variabile latente (oppure osservata) che svolge sempre e soltanto funzione di variabile indipendente, ovvero di variabile che causa un effetto. Si chiama variabile endogena (cioè interna)

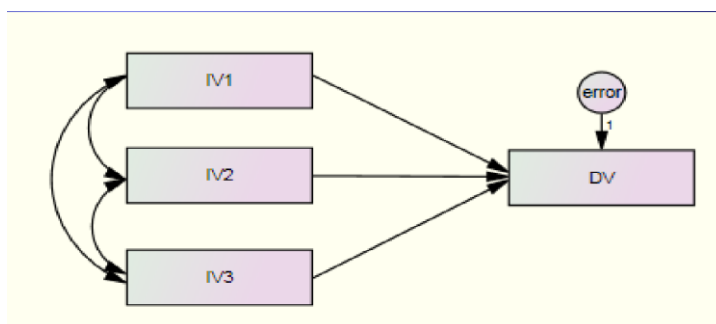
quella variabile che può svolgere sia funzione di variabile dipendente sia di variabile indipendente. Queste variabili possono, cioè, essere effetto di alcune variabili e contemporaneamente causa per altre. È endogena anche una variabile che svolge sempre il ruolo di dipendente.

Con il path diagram si riesce a dare una rappresentazione grafica delle relazioni esistenti tra le variabili oggetto di interesse; con la path analysis si può dare una valutazione numerica di tali relazioni, in modo da rilevarne l'intensità. Il principio che regola questo metodo è quello di esprimere le covarianze o le correlazioni tra due variabili come somma di tutti i percorsi composti che legano le due variabili, tramite dei coefficienti collocati sui suddetti percorsi, detti path coefficients³⁰.

Per stimare i coefficienti del SEM è stato utilizzato IBM® SPSS® AMOS, un potente software SEM (structural equation modeling-creazione di modelli di equazione strutturale), che aiuta a supportare la ricerca e le teorie estendendo i metodi di analisi multivariata standard, tra cui regressione, analisi dei fattori, correlazione e analisi della varianza. AMOS permette di costruire modelli attitudinali e comportamentali, che riflettano relazioni complesse in modo più accurato rispetto alle tecniche statistiche multivariate standard, utilizzando un'interfaccia utente grafica o programmatica intuitiva. La rappresentazione grafica in AMOS si può descrivere nel modo seguente:

- a. Il rettangolo rappresenta la variabile osservata
- b. Il cerchio o l'eclissi rappresentano una variabile non osservata
- c. Freccia bidirezionale: covarianza o correlazione
- d. Freccia unidirezionale: relazione unidirezionale

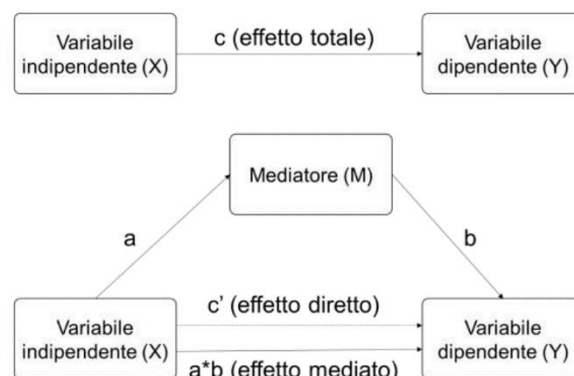
Esempio di Path diagram in AMOS



³⁰ Structural equation modeling using AMOS (2012). Hui Bian, Office for Faculty Excellence.

La freccia a una punta rappresenta una dipendenza lineare. La variabile errore è racchiusa in un cerchio perché non è osservata direttamente. Il modello SEM può prevedere la mediazione, una tecnica correlazionale per lo studio dello sviluppo delle differenze individuali e dei processi che sottendono le differenze individuali e comportamentali. In statistica si parla di mediazione quando si ipotizza che l'effetto della variabile indipendente sulla variabile dipendente non sia diretto o quanto meno soltanto diretto, ma sia legato all'effetto di una terza variabile che interviene nella relazione tra la variabile indipendente e la variabile dipendente.

Schematizzazione modello statistico di mediazione



4.3.2 Metodi: il modello di regressione lineare multipla

E' la generalizzazione del modello di regressione lineare semplice: per spiegare il fenomeno d'interesse Y vengono introdotte p , con $p > 1$, variabili esplicative. Tale generalizzazione diventa molto più semplice utilizzando l'algebra delle matrici. Il modello di regressione multipla genera però nuovi problemi: scelta delle variabili, multicollinearità, test multipli.

Per stimare i parametri del modello di regressione multipla, senza fare ulteriori assunzioni circa la forma distributiva degli errori, si utilizza il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS).

4.3.3 Metodi: il calcolo delle Elasticità della domanda

La variazione della domanda in termini percentuali dovuta a una variazione percentuale unitaria di prezzo è chiamata elasticità della domanda rispetto al prezzo, o semplicemente elasticità della domanda. Questo concetto può essere applicato a qualsiasi funzione di domanda, sia a quella individuale che a quella di mercato. Se conosciamo il valore numerico dell'elasticità possiamo prevedere l'effetto sul prezzo e sulla quantità di una variazione della curva di offerta di un bene. Poiché prezzo e quantità sono misurati in unità diverse, l'unico modo sensato per effettuare tale confronto è usare variazioni percentuali. In questo modo otteniamo la formula per l'elasticità della domanda al suo prezzo (ϵ): il rapporto tra la variazione percentuale della quantità domandata e la variazione percentuale del prezzo, ovvero

$$\epsilon = \frac{\Delta Q_D / Q_D}{\Delta P / p}$$

Dove ϵ è il simbolo usato per l'elasticità e Δ rappresenta una variazione finita. Dell'elasticità va considerato sempre il valore assoluto; tale valore ci dice se la domanda è elastica oppure anaelastica. La domanda è elastica quando è maggiore di uno; anaelastica quando è compresa tra zero e uno; elasticità unitaria ovvero uguale a 1, domanda e prezzo variano nella stessa proporzione.

Nel caso in cui la variabile dipendente, sia logaritmica, si parla di modello log-lineare, ovvero:

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i$$

per piccole variazioni ΔX , $\beta_1 \cong \frac{\Delta Y / Y}{\Delta X}$

$100 \times \frac{\Delta Y}{Y} = \% \text{ di variazione in } Y$

In questo caso, quindi, *una variazione in X di un'unità ($\Delta X = 1$) si associa a una variazione di $100\beta_1\%$ in Y .*

Nel caso in cui la variabile indipendente (X) sia un reciproco ($1/X$), si effettua la derivata prima del coefficiente angolare, sulla x , che sarà la nuova pendenza ovvero $\beta_1 = \beta/x$.

4.4 Considerazioni riassuntive

La tesi si concentra sulla stima della domanda per l'acqua irrigua, in un contesto in cui si andrà ad inserire maggiore disponibilità di risorsa derivante dai reflui depurati. In particolare, si vuole indagare il rapporto tra uso dell'acqua di fonte consortile e uso dell'acqua di falda in un contesto in cui le aziende già ricevono il primo tipo di risorsa e quelle che ancora non la ricevono. Infatti, in alcune aree della Capitanata la rete consortile non fornisce risorsa idrica alle aziende e l'irrigazione avviene tutta con prelievi da pozzi. L'analisi della domanda per l'acqua irrigua sarà, dunque, svolta differenziando tra gli utilizzatori in queste diverse condizioni, al fine di verificarne la relazione esistente variando da un rapporto di sostituzione a uno di complementarità. Il dataset con le aziende operanti nell'area del Consorzio di Bonifica della Capitanata è stato costruito tramite l'uso congiunto delle banche dati SIGRIAN e RICA. Le aziende della RICA sono state implementate nel file CSV e incrociate con i layer dei distretti irrigui del Consorzio presenti in SIGRIAN. Pertanto, è stato possibile discrezionare le aziende che si approvvigionano con acqua del consorzio e quelle in auto approvvigionamento. Tramite la tabella "uso acqua" della RICA è stata ottenuta l'ulteriore informazione relativa alla doppia modalità di approvvigionamento. Per ogni azienda, in ogni anno, è stata costruita la variabile "costo unitario dell'acqua" (€/mc) per le sue provenienze. Il dataset, non panel, è stato strutturato con una serie di variabili strutturali ed economiche oltre quelle relative all'uso dell'acqua al fine di implementare una serie di modelli econometrici per stimare l'elasticità della domanda d'acqua nelle tre tipologie di approvvigionamento irriguo aziendale.

CAPITOLO 5 - RISULTATI

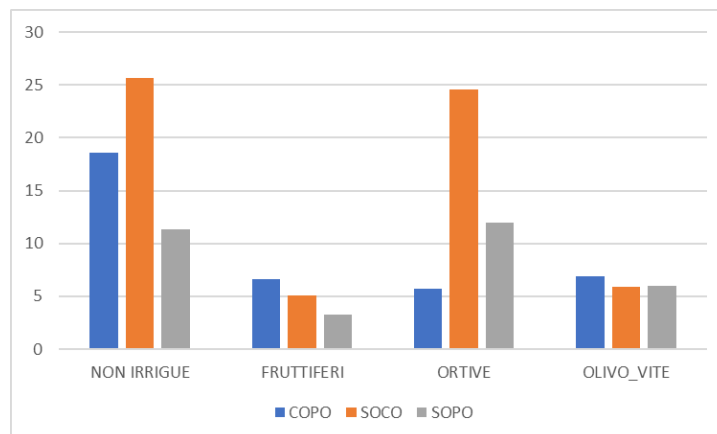
5.1 Le caratteristiche strutturali ed economiche delle aziende agricole analizzate

Gli indici di posizione e variabilità ci permettono di rilevare le caratteristiche di base delle aziende RICA della Capitanata, nel periodo in esame. I grafici e le tabelle ci mostrano che le aziende che utilizzano solo acqua da Consorzio (SOCO) presentano, in media, dimensioni maggiori in termini sia di superficie agricola utilizzata (SAU) che di superficie irrigata (SAIR) rispetto alle aziende che utilizzano la doppia modalità di approvvigionamento (COPO) e a quelle che utilizzano solo l'acqua da pozzo (SOPO). Le aziende RICA della Capitanata che si approvvigionano d'acqua sia dal Consorzio, sia con i pozzi hanno coltivato poco più della metà dei loro ettari con fruttiferi (pesco, pero, albicocco, uva) seguiti da olivo e vite (da olio e da vino) e dalle ortive (pomodoro, zucchine, carciofi). L'agricoltura non irrigua, costituita in prevalenza da frumento e solo in minima parte da legumi e altri cereali, copre il restante 49%. Le aziende che utilizzano solo l'acqua consortile mostrano nel periodo una prevalenza di ortive, seguite dalle colture non irrigue. Le aziende che prelevano solo acqua da pozzo mostrano superfici maggiori per colture irrigue, rispetto agli altri due gruppi aziendali. Anche in questo caso, le superfici ad ortive sono prevalenti sulle altre. Dunque, la maggiore disponibilità idrica nell'area consortile spinge a coltivare le ortive ma è rilevante quest'impegno anche nelle aree servite solo da pozzi. I dati sono estremamente variabili come mostrato dal maggiore valore della deviazione standard rispetto alla media, nei tre gruppi aziendali, per i fruttiferi, le ortive e olivo e vite.

Tabella 3: Indici di posizione e variabilità delle superfici delle aziende

RICA della Capitanata				
gruppo		SAT	SAU	SAIR
COPO	Media	22	22	13
	Mediana	12	12	11
	Deviazione std.	16	16	9
	Intervallo	53	53	32
	Minimo	4	4	4
	Massimo	57	56	35
SOCO	Media	29	29	14
	Mediana	17	16	8
	Deviazione std.	39	39	18
	Intervallo	186	184	96
	Minimo	2	1	1
	Massimo	187	186	97
SOPO	Media	15	15	12
	Mediana	10	10	9
	Deviazione std.	11	11	8
	Intervallo	51	50	33
	Minimo	4	4	4
	Massimo	55	54	37

Grafico 1: Superfici delle varie colture nelle aziende COPO, SOCO e SOPO. Media del periodo 2013-2019 (ha)



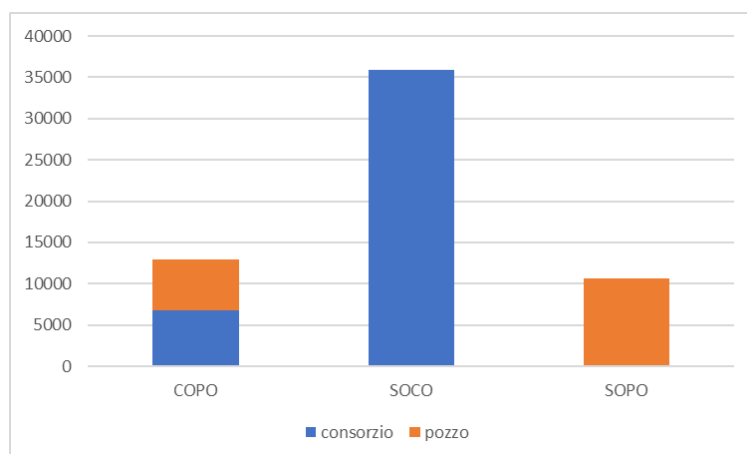
Fonte: ns elaborazioni su dati RICA

Tabella 4: Indici di posizione e variabilità delle superfici delle colture irrigue

<i>gruppo</i>		FRUT	ORAN	ORES	OLVI
COPO	Media	5	0	0	6
	Mediana	5	0	0	3
	Deviazione std.	6	1	1	8
	Intervallo	29	4	7	34
	Minimo	0	0	0	0
	Massimo	29	4	7	34
SOCO	Media	3	4	4	3
	Mediana	1	0	0	1
	Deviazione std.	4	9	11	5
	Intervallo	20	48	78	23
	Minimo	0	0	0	0
	Massimo	20	48	78	23
SOPO	Media	2	2	1	6
	Mediana	2	0	0	5
	Deviazione std.	2	5	3	5
	Intervallo	8	17	15	24
	Minimo	0	0	0	0
	Massimo	8	17	15	24

Con riferimento all'acqua utilizzata per l'irrigazione, il grafico e la tabella successiva mostrano che le aziende COPO hanno mediamente impiegato gli stessi volumi irrigui da consorzio e da pozzo. I volumi maggiori sono utilizzati dalle aziende nell'area che usa solo la risorsa consortile (SOCO), a seguire da quelle in COPO e per finire da quelle in SOPO.

Grafico 2: Volumi utilizzati dalle tre tipologie aziendali, media del periodo. (mc)



Fonte: ns elaborazioni su dati RICA

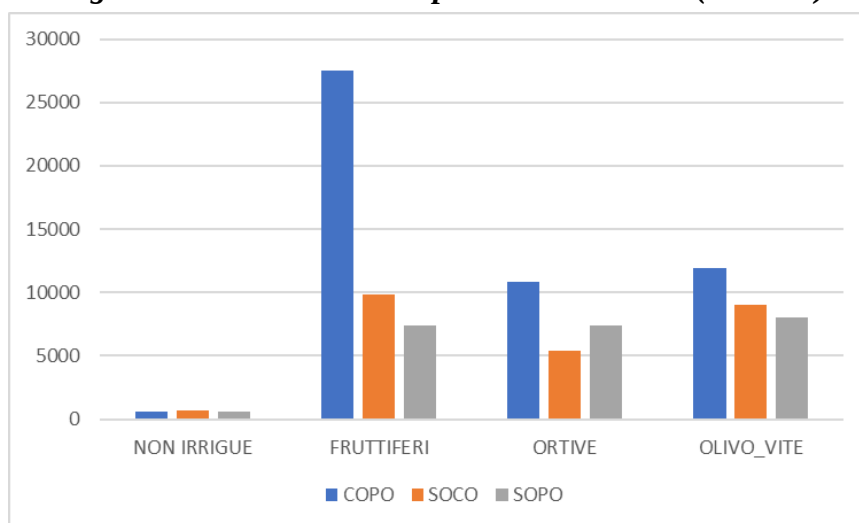
Nelle aziende COPO a variare maggiormente è il volume di acqua da pozzo, rispetto all'acqua del consorzio, che effettivamente risente minimamente di fluttuazioni dovute alla consegna di acqua di consorzio decisa anche su base turnata rispetto alla possibilità di poter prelevare in maniera autonoma.

Tabella 5: Indici di posizione e variabilità dei volumi d'acqua da consorzio e pozzo

<i>gruppo</i>		VACO	VAPO
COPO	Media	6.415	6.089
	Mediana	5.002	5.891
	Deviazione	5.946	3.844
	Intervallo	22.859	16.000
	Minimo	784	1.216
	Massimo	23.644	17.216
SOCO	Media	34.746	0
	Mediana	15.000	0
	Deviazione	56.468	0
	Intervallo	395.332	0
	Minimo	1.411	0
	Massimo	396.743	0
SOPO	Media	0	10.608
	Mediana	0	10.000
	Deviazione	0	6.630
	Intervallo	0	21.200
	Minimo	0	1.800
	Massimo	0	23.000

Il grafico e la tabella che seguono riportano il margine lordo delle varie colture nelle tre tipologie di aziende, come indicatori di redditività delle colture. È evidente che, la categoria colturale più redditizia è, mediamente, data dai fruttiferi, cui seguono l'olivo e la vite e poi le ortive. La redditività generale delle aziende è meno variabile, segno che le varie unità produttive dell'area producono negli anni gli stessi tipi di colture.

Grafico 3: Margini lordi, delle tre tipologie aziendali, per le categorie colturali. Media del periodo 2013-2019. (EUR/ha)



Fonte: ns elaborazioni su dati RICA

Tabella 6: Indici di posizione e variabilità dei margini lordi

gruppo		MAFR	MAOA	MAOE	MAOV
COPO	Media	14	4	8	7
	Mediana	12	4	9	6
	Deviazione	3	2	1	2
	Intervallo	13	5	3	8
	Minimo	11	2	6	4
	Massimo	24	7	9	13
SOCO	Media	13	4	9	6
	Mediana	11	4	9	6
	Deviazione	2	2	1	1
	Intervallo	17	6	6	9
	Minimo	8	1	3	3
	Massimo	24	7	9	13
SOPO	Media	12	3	8	7
	Mediana	12	4	9	8
	Deviazione	3	2	2	2
	Intervallo	17	6	6	9
	Minimo	8	1	3	3
	Massimo	24	7	9	13

I modelli che andremo a stimare nei paragrafi successivi indagano le aziende secondo prospettive diverse. I modelli SEM riguardano tutte le aziende del dataset suddivise solo in base alla tipologia di approvvigionamento. Nei due modelli OLS il dataset è trasformato in panel, in cui le aziende sono indagate tramite due prospettive; la prima OLS VACO in cui è prevalente l'uso dell'acqua da consorzio mentre è marginale quello da pozzo, nel secondo ovvero nell'OLS VAPO in cui le aziende prelevano principalmente acqua dai pozzi, mentre è marginale l'uso delle acqua distribuita dal consorzio.

5.2 I risultati dei Modelli SEM per i tre Gruppi di Aziende

Le variabili dipendenti, il volume di acqua da consorzio (VACO) e da pozzo (VAPO) sono state normalizzate tramite il logaritmo naturale e nominate LN_VACO e LN_VAPO. I margini lordi sono stati trasformati in migliaia. Le variabili economiche sono state deflazionate con l'indice dei prezzi al consumo 2019.

Il modello SEM è stato realizzato distintamente per i tre gruppi di aziende, ovvero per il gruppo COPO, per il gruppo SOCO e per il gruppo SOPO. Come si può vedere dalle loro rappresentazioni grafiche, i tre modelli presentano la stessa impostazione concettuale. Le variabili dipendenti sono i volumi irrigui distribuiti dal consorzio (LN_VACO) e prelevati da pozzo (LN_VAPO). Il modello del gruppo COPO definisce la domanda di entrambe le componenti idriche, consortile e da pozzo. Nei modelli SOCO e SOPO abbiamo, invece, solo LN_VACO e solo LN_VAPO. Lo stesso ragionamento è stato seguito per le variabili COEM e POEM, ossia i costi medi di approvvigionamento dell'acqua consortile e da pozzo: in COPO sono entrambi presenti; in SOCO e SOPO ci sono solo COEM e, poi, solo POEM.

Le variabili indipendenti, utilizzate come mediatori, sono la percentuale di superficie irrigata a ortive (orea%), a fruttiferi (frut%) e a olivo e vite (olvi%). Tra le variabili indipendenti che hanno un effetto sui mediatori abbiamo l'evapotraspirazione netta dell'anno precedente (ETNPt-1): quì assumiamo che essa condizioni la scelta di quanto coltivare di ortive annuali e non di

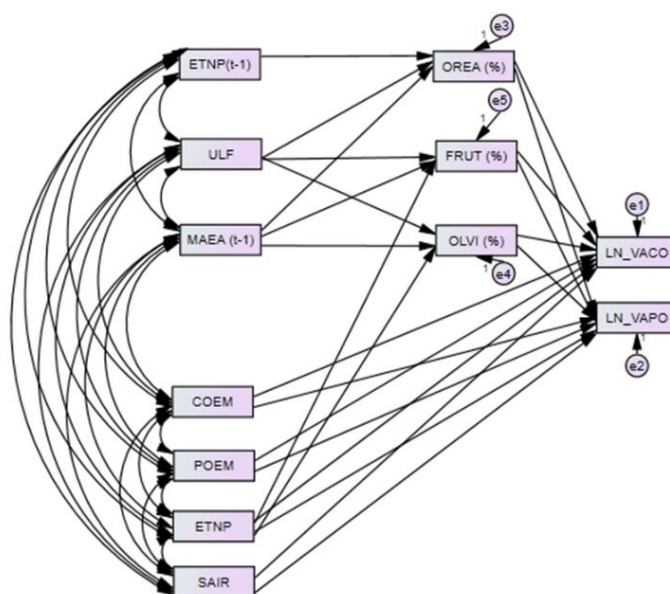
olivo_vite e fruttiferi che sono colture poliennali. ETNP, l'evapotraspirazione dell'anno può avere effetto sulla percentuale di superficie irrigata a fruttiferi e ad olivo e vite perché si riduce la superficie di ortive autunnali a vantaggio del peso delle altre due categorie. Si valuta, poi, l'effetto delle disponibilità di lavoro familiare (ULF) e del margine lordo medio delle ortive dell'anno precedente (MAEA t-1) su tutti e tre i mediatori.

Si assume che COEM, POEM e SAIR abbiano effetto diretto sulle variabili dipendenti LN_VACO e LN_VAPO. Le frecce bidirezionali, ovvero a doppia punta, vengono inserite per evitare che quelle variabili siano impostate come incorrelate dal Software IBM® SPSS® Amos. Non è detto che la correlazione ci sia, ma non inserirle impone un vincolo di incorrelazione tra le due variabili che non è detto che rispecchi la realtà.

Gli indici di fit dei modelli (*cfr. Appendice 1*) sono mediamente accettabili. Alcuni valori non appaiono del tutto ottimali per alcuni indici, fattore da imputare a quanto già enunciato, con riferimento alla disponibilità e alla tipologia dei dati dell'analisi.

Esaminiamo ora i risultati del modello che rappresenta aziende che usano sia acqua di fonte consortile, sia acqua sollevata dai pozzi (COPO).

Modello SEM Gruppo 1- COPO



I dati della tabella mostrano innanzitutto che l'entità degli usi irrigui consortili (VACO) è positivamente legata al valore medio del pagamento, una relazione che si presenta come un'evidente incongruenza teorica. Quest'ultima costituisce un vizio di origine che inficia anche le indicazioni che emergono sulle relazioni tra usi di acque consortili e di acque di falda. Ci si riferisce al rapporto di complementarità tra l'uso delle due fonti, indicato in maniera statisticamente significativa dal coefficiente di segno positivo del rapporto tra COEM e VAPO, in cui quest'ultimo cresce con i pagamenti unitari al Consorzio. Questo rapporto denoterebbe una condizione di complementarità se l'uso dell'acqua consortile si riducesse all'aumentare di COEM. Invece, quest'ultimo aumenta, impedendo di accettare l'ipotesi. Peraltro, un rapporto di complementarità è indicato anche dal segno negativo del coefficiente che collega VACO e POEM (costo di sollevamento dell'acqua da pozzi): questo, però, non è statisticamente significativo.

L'unico risultato teoricamente congruente sui rapporti tra uso delle due fonti e loro costo unitario di approvvigionamento, è la stima del coefficiente che lega l'uso dell'acqua da pozzi e il suo costo di sollevamento. Questo assume l'atteso segno negativo.

Era atteso il legame positivo tra gli usi di acqua consortile e la superficie irrigata. Questo legame non si ripete per l'uso di acqua da pozzo che, infatti, si riduce al crescere delle dimensioni operative dell'irrigazione.

Regression weight group number 1 – default model – COPO						
		Estimate	S.E.	C.R.	P	Elasticity
LN_VACO	<--- COEM	16,972	1,769	9,594	***	2,76
LN_VACO	<--- POEM	-0,071	0,2	-0,354	0,72	
LN_VACO	<--- SAIR	0,018	0,01	1,751	0,08	0,23
LN_VACO	<--- orea_perc	0,005	0,007	0,649	0,52	
LN_VACO	<--- frut_perc	0,004	0,003	1,388	0,17	
LN_VACO	<--- olvi_perc	0	0,003	0,143	0,89	
LN_VACO	<--- ETNP	1,059	1,151	0,92	0,36	
LN_VAPO	<--- POEM	-0,645	0,213	-3,027	0	-0,33
LN_VAPO	<--- COEM	6,106	1,89	3,23	0	3,21
LN_VAPO	<--- SAIR	-0,001	0,011	-0,07	0,94	
LN_VAPO	<--- orea_perc	0,02	0,008	2,535	0,01	0,07
LN_VAPO	<--- frut_perc	0,006	0,003	1,739	0,08	0,26
LN_VAPO	<--- olvi_perc	0,001	0,003	0,42	0,67	
LN_VAPO	<--- ETNP	0,297	1,229	0,242	0,81	
orea_perc	<--- MAEA_t1	0,15	0,626	0,24	0,81	
orea_perc	<--- ULF	4,679	4,384	1,067	0,29	
orea_perc	<--- ETNPt1	-12,504	22,66	-0,552	0,58	
frut_perc	<--- MAEA_t1	-0,156	1,449	-0,108	0,91	
frut_perc	<--- ULF	11,381	10,47	1,087	0,28	
frut_perc	<--- ETNP	76,365	62,24	1,227	0,22	
olvi_perc	<--- MAEA_t1	-2,72	1,537	-1,77	0,08	-1,34
olvi_perc	<--- ULF	-5,799	11,1	-0,522	0,6	
olvi_perc	<--- ETNP	-43,087	66,02	-0,653	0,51	

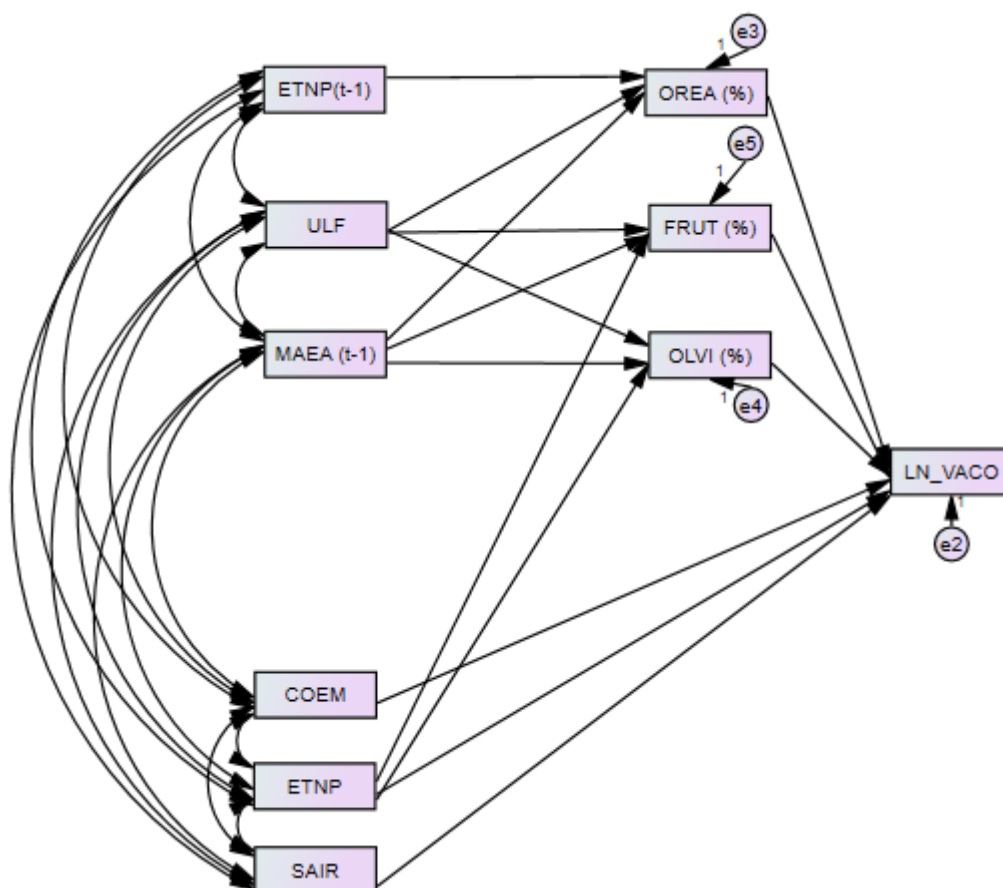
Aumentare il peso percentuale delle superfici delle varie colture irrigue (OREA, FRUT, OLVI) accresce l'uso dell'acqua sia di fonte consortile, sia da pozzi. L'effetto dei margini lordi sul peso di queste superfici è quello atteso, anche se in genere non è significativo: il peso percentuale di OREA aumenta col margine delle colture nell'anno prima, mentre si riduce il peso di fruttiferi e olivo_vite.

Il peso percentuale di queste colture risponde, come atteso, alle dotazioni di lavoro familiare, la cui maggiore disponibilità induce a coltivare OREA e FRUT a scapito di OLVI. Lo stesso vale per l'evapotraspirazione dell'anno precedente, il cui aumento spinge a ridurre la coltivazione di ortive. Invece, l'evapotraspirazione dell'anno agisce positivamente sul peso di FRUT perché si ritiene che faccia ridurre la superficie destinata alle ortive autunnali. Come

atteso, un aumento dell'evapotraspirazione accresce VACO e VAPO, anche se il coefficiente stimato non è significativamente diverso da zero.

Passiamo ora ai risultati del modello che riguarda le aziende che irrigano solo con acqua di provenienza consortile (SOCO). Di seguito si mostra prima lo schema logico del modello e, poi, la tabella con i risultati delle stime.

Modello SEM GRUPPO 2- SOCO



Come per l'altro modello, VACO mostra una relazione positiva con il costo medio di approvvigionamento delle acque consortili; di nuovo, attribuiamo questo all'agire del sistema degli scaglioni, che accresce quel costo con l'aumento dell'uso di quell'acqua da parte delle aziende. È interessante che il coefficiente stimato sia non significativamente diverso da zero, giacché indica che, essendo l'unica fonte idrica, l'agricoltore non reagisce ai livelli di costo per l'approvvigionamento di quell'acqua.

Ovviamente, i volumi dipendono dalla dimensione dell'attività e, soprattutto, dal peso percentuale delle colture ortive estive (OREA). Questa percentuale risponde in maniera sempre contraddittoria all'entità dei margini di quelle colture (MAEA); mentre reagisce nella maniera attesa alle disponibilità di lavoro familiare e all'ETN sperimentata nell'anno precedente. Pertanto, al crescere della percentuale di superficie irrigata ad ortive aumenta il volume di acqua da consorzio, a sua volta mediato dall'effetto dell'evapotraspirazione netta dell'anno precedente. L'impatto dei mediatori, infatti, è effettivo solo se entrambi gli effetti diretti sono significativi.

Regression weight group number 2 – default model – SOCO							
			Estimate	S.E.	C.R.	P	Elasticity
LN_VACO	←-	COEM	0,09	0,568	0,159	0,87	
LN_VACO	←-	SAIR	0,048	0,003	14,13	***	0,69
LN_VACO	←-	orea_perc	0,006	0,001	4,082	***	0,17
LN_VACO	←-	frut_perc	0,003	0,001	2,103	0,04	0,10
LN_VACO	←-	olvi_perc	-0,001	0,001	-0,943	0,35	
LN_VACO	←-	ETNP	-0,356	0,85	-0,419	0,68	
orea_perc	←-	MAEA_t1	-2,028	1,463	-1,386	0,17	
orea_perc	←-	ULF	40,939	8,075	5,07	***	
orea_perc	←-	ETNPt1	-303,687	49,59	-6,124	***	
frut_perc	←-	MAEA_t1	-1,301	1,719	-0,757	0,45	
frut_perc	←-	ULF	-36,478	9,248	-3,944	***	
frut_perc	←-	ETNP	-76,198	51,79	-1,471	0,14	
olvi_perc	←-	MAEA_t1	-0,269	1,797	-0,15	0,88	
olvi_perc	←-	ULF	-10,847	9,667	-1,122	0,26	
olvi_perc	←-	ETNP	96,942	54,13	1,791	0,07	

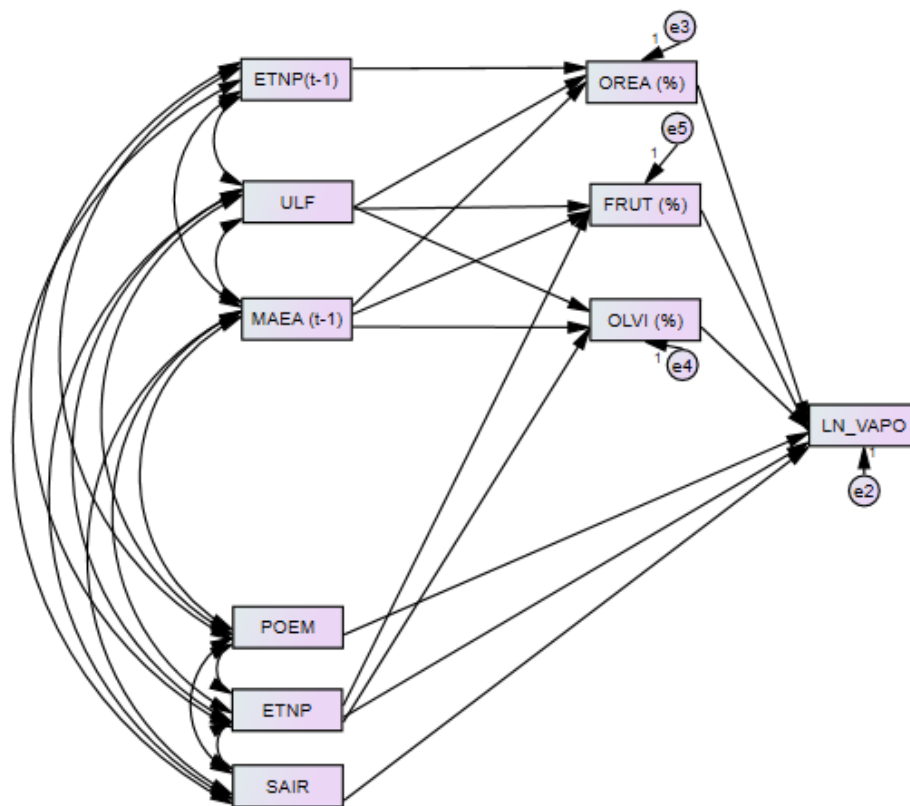
Queste stesse tre variabili (MAEA, ULF, ETNP) agiscono nel modo atteso sul peso percentuale delle colture frutticole e di olivo_vite, con casi rilevanti di significatività statistica dei coefficienti stimati. L'evapotraspirazione netta dello stesso anno è significativa a livello 0,10 con coefficiente positivo: ossia, maggiore è l'evapotraspirazione dell'anno, maggiore sarà il peso relativo della superficie irrigata a olivo_vite. Noi riteniamo che questo accada perché in stagioni molto calde si riduce la coltivazione delle ortive autunnali e ciò fa aumentare il peso percentuale di olivo_vite. ULF dell'anno è significativa a livello 0,001, sia con riferimento alla percentuale di superficie irrigata a ortive con coefficiente positivo, sia con riferimento alla superficie irrigata a fruttiferi

con coefficiente negativo. Ciò indica che all'aumentare della disponibilità di lavoro familiare questa è impiegata maggiormente per le superfici a ortive e meno per i fruttiferi, anche in funzione delle procedure di meccanizzazione presenti in azienda.

La percentuale di superficie irrigata a fruttiferi è significativa a livello 0,05, con coefficiente positivo: ossia, all'aumentare del peso relativo dell'area a fruttiferi cresce l'uso dell'acqua da consorzio. Lo stesso vale per la superficie irrigata aziendale, significativa a livello 0,001, con coefficiente positivo: al crescere di quella superficie aumenta l'uso dell'acqua consortile. In breve, la domanda irrigua delle aziende che usano solo acqua consortile è influenzata dalla loro dimensione operativa e le più grandi ricorrono in misura maggiore all'acqua consortile. Inoltre, essa è influenzata indirettamente dai livelli di evapotraspirazione dell'anno precedente per cui, sperimentare in un anno condizioni difficili spinge le aziende a ridurre gli usi irrigui nell'anno successivo.

Passiamo al modello delle aziende che usano solo acqua sollevata da pozzi (SOPO). Riportiamo anche qui prima lo schema grafico delle relazioni tra variabili, con VAPO che rappresenta il volume d'acqua prelevato dai pozzi e OREA%, FRUT% e OLVI% che sono le percentuali di superficie irrigata con le tre categorie di colture.

Modello SEM GRUPPO 3-SOPO



Nel modello delle aziende che irrigano solo con acqua prelevata da pozzi (SOPO), osserviamo la relazione negativa attesa con il costo di prelievo della risorsa (POEM), anche se il coefficiente stimato non è significativamente diverso da zero. Interpretiamo questo risultato come una relazione coerente con le indicazioni della teoria che, però, non è tale da indurre gli agricoltori a desistere dall'uso dell'unica risorsa idrica disponibile.

Troviamo, poi, che l' aumento nel peso della superficie coltivata, per le varie categorie colturali in esame, ha impatto positivo, e significativo, sugli usi idrici. Per queste colture il margine lordo delle ortive (MAEA), nell'anno prima, agisce come atteso, anche se in misura non significativa: il suo aumento accresce il peso delle ortive a scapito di quello dei frutticoli. Maggiori dotazioni di lavoro familiare inducono le aziende a coltivare ortive a scapito di frutticoli e olivo_vite. È poco congruente il risultato sull'impatto dell'evapotraspirazione dell'anno precedente rispetto alla coltivazione delle

ortive: l'aumento ne fa crescere i livelli, anche se con un coefficiente non significativamente diverso da zero. Per converso, appare congruente, ma non significativo, il risultato sugli effetti di ETNP su FRUT% e OLVI%.

Regression weight group number 3 – default model – SOPO						
		Estimate	S.E.	C.R.	P	Elasticity
LN_VAPO	<--- POEM	-0,448	1,099	-0,408	0,68	
LN_VAPO	<--- SAIR	0,005	0,017	0,318	0,75	
LN_VAPO	<--- orea_perc	0,031	0,004	8,854	***	0,61
LN_VAPO	<--- frut_perc	0,039	0,004	8,624	***	1,10
LN_VAPO	<--- olvi_perc	0,028	0,004	6,952	***	1,39
LN_VAPO	<--- ETNP	-0,403	1,454	-0,277	0,78	
orea_perc	<--- MAEA_t1	3,296	3,629	0,908	0,36	
orea_perc	<--- ULF	31,108	24,98	1,246	0,21	
orea_perc	<--- ETNPt1	64,274	183,6	0,35	0,73	
frut_perc	<--- MAEA_t1	-2,794	1,277	-2,188	0,03	
frut_perc	<--- ULF	-19,417	17,55	-1,106	0,27	
frut_perc	<--- ETNP	30,837	57,99	0,532	0,6	
olvi_perc	<--- MAEA_t1	0,1	1,545	0,065	0,95	
olvi_perc	<--- ULF	-8,923	21,23	-0,42	0,67	
olvi_perc	<--- ETNP	16,667	70,15	0,238	0,81	

5.3 I risultati dei modelli di regressione multipla con polinomiale OLS

La solidità statistica dei risultati ottenuti con i modelli SEM è condizionata dalla ridotta numerosità delle osservazioni che, peraltro, sono sbilanciate, nel senso che i dati di alcune aziende non sono sempre disponibili in tutto il periodo in esame. Si è voluto, allora, effettuare una ulteriore verifica usando un tipo di modellizzazione meno accurata ma, forse, più facilmente gestibile con il panel delle aziende comprese nel nostro dataset. Si sono, dunque, costruiti due modelli, uno per la domanda irrigua delle aziende che usano l'acqua da pozzo e da consorzio: di fatto tutte quelle servite dalla rete consortile. Un altro per le aziende che possono irrigare solo usando l'acqua da pozzo. Questi due modelli sono costituiti da un'unica equazione e sono stimati con metodo OLS.

Un'altra differenza importante ha riguardato la selezione delle aziende su cui si sono stimati i modelli, volta a ottenere un campione più omogeneo. In particolare, si sono considerate solo quelle aziende che nel dataset si ripetevano per più anni, presentando superfici a ortive almeno in alcuni di questi. In questo modo, si sono escluse dal campione le aziende che, non avendo mai superfici a ortive, probabilmente, erano vincolate da problemi tecnici che le ostacolavano nell'inserire quelle colture. Ne è risultato un panel di aziende con meno osservazioni e, tuttavia, più omogeneo, dunque, meno soggetto all'azione di fattori non controllabili che hanno impedito o ostacolato certe scelte. Alla carenza di omogeneità tecnica nel campione si ritiene che si possano imputare i risultati contraddittori ottenuti con i modelli SEM. Dunque, eliminando dal campione le aziende che non hanno mai coltivato ortive, forse per problemi tecnici o professionali a introdurre quelle colture, si cerca di evitare che emergano relazioni incongruenti come la variazione discorde delle superfici di ortive rispetto alla variazione dei margini lordi di quelle colture.

Infine, insieme alle variabili usate per la stima dei modelli SEM visti prima, in questi due modelli OLS è stato inserito anche il margine lordo delle colture annuali non irrigue, sostanzialmente cereali, cui dovrebbe essere legata la scelta di produrre colture ortive annuali.

La tabella successiva riporta i risultati ottenuti per il modello relativo all'uso di acqua consortile (VACO). Questo è stato stimato usando i dati di tutte le aziende che usano questa risorsa, incluse quelle che hanno impiegato anche acqua da pozzo, per un totale di 61 osservazioni. Il modello è stato stimato con il programma EVIEWS7. Come per le analisi precedenti, nell'ultima colonna della tabella si riporta l'elasticità di VACO rispetto ad ognuna delle variabili in esame, stimata ai relativi valori medi. La procedura di calcolo delle elasticità è riportata nell'apposita sezione del paragrafo sui metodi.

Dalla tabella è facile rilevare che i valori di probabilità indicano un'elevata significatività statistica per le stime dei vari coefficienti. La variabile che più incide sugli usi di acqua consortile è data dal margine lordo delle ortive estive, rispetto alla cui variazione c'è una reattività enorme di questa componente della domanda irrigua nell'area della Capitanata. Minore, ma ugualmente di enorme valore, è la reattività rispetto ai margini lordi dei prodotti frutticoli.

In ordine decrescente, e sempre del segno atteso, abbiamo poi la reattività alla variazione dell'evapotraspirazione.

Di segno negativo è la reazione alla crescita del reddito delle ortive autunnali, che induce a ridurre gli usi dell'acqua consortile. Allo stesso modo, ha l'atteso effetto negativo l'aumento del margine lordo delle colture non irrigue, qui principalmente cereali. Non c'è quasi nessuna reazione alla variazione del costo medio di approvvigionamento dell'acqua consortile, anche se il segno stavolta è quello atteso di tipo negativo della domanda di fattori produttivi. Infine, c'è una reazione negativa all'aumento degli usi di acqua da pozzi che qui si delineano come sostituti degli usi di acqua consortile.

Dependent Variable: VACO					
Method: Panel Least Squares					
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Elasticity
MAOET	-10,8645	3,64486	-2,98078	0,0205	5,56
MAOET^2	1,163459	0,360414	3,228117	0,0145	
MAFRT	1,94564	0,502643	3,870821	0,0061	3,81
MAOAT	-2,00079	0,488143	-4,09877	0,0046	-0,99
MANIT	-2,09132	0,538073	-3,88669	0,006	-0,51
MANIT^2	0,049558	0,012493	3,967001	0,0054	
COEM	-67,1199	26,532	-2,52977	0,0392	-0,02
COEM^2	153,9718	59,73641	2,57752	0,0366	
ETNP	20,16188	6,456077	3,122931	0,0168	2,87
FRUT	-0,21443	0,107587	-1,99303	0,0865	-0,17
OLVI	0,454337	0,055067	8,250629	0,0001	0,26
VAPO	-3,42958	0,721075	-4,75621	0,0021	-0,49
R-squared	0,986093	Mean dependent va	5,469896		
Adjusted R-squared	0,96424	S.D. dependent var	6,792648		
S.E. of regression	1,284505	Akaike info criterion	3,603253		
Sum squared resid	11,54967	Schwarz criterion	4,19974		
Log likelihood	-22,2309	Hannan-Quinn criter	3,704202		
Durbin-Watson stat	2,458684				

Il secondo modello di regressione con metodo OLS focalizza, invece, sulle aziende che hanno utilizzato acqua da pozzo, tra cui ve ne sono alcune che hanno impiegato anche acqua da Consorzio, per un totale di 40 osservazioni. La variabile dipendente è l'uso di acqua da pozzo (VAPO) di cui si stima la reattività all'impiego di acqua consortile, all'estensione delle superfici a

colture frutticole e a olivo_vite, nonché al costo medio di utilizzo dell'acqua da pozzo. Il modello è sempre stato stimato con EVIEWS7 e, come per le analisi precedenti, l'ultima colonna della tabella riporta l'elasticità di VAPO rispetto ad ognuna delle variabili, stimata ai relativi valori medi. Anche in questo caso, i valori di probabilità indicano un'elevata significatività statistica per i vari coefficienti stimati.

Dependent Variable: VAPO					
Method: Least Squares					
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Elasticity
VACO	0,491187	0,181213	2,710546	0,0302	0,41
COEM/POEM	-1,331479	0,429131	-3,102736	0,0173	-1,21
1/FRUT	-2,743557	0,409881	-6,693547	0,0003	0,18
1/OLVI	-0,293631	0,084922	-3,457665	0,0106	0,2
1/POEM	0,167443	0,065782	2,545398	0,0384	-1,42
C	2,066997	0,219365	9,422633	0	
R-squared	0,921613	Mean dependent var		0,908622	
Adjusted R-squared	0,865621	S.D. dependent var		0,432346	
S.E. of regression	0,158488	Akaike info criterion		-0,54224	
Sum squared resid	0,175829	Schwarz criterion		-0,28149	
Log likelihood	9,524534	Hannan-Quinn criter.		-0,59583	
F-statistic	16,46	Durbin-Watson stat		1,576044	
Prob(F-statistic)	0,000952				

La variabile che più incide sugli usi di acqua da pozzo è il suo costo medio, e lo fa con il segno negativo atteso. Nelle aziende che hanno la possibilità di usufruire anche di acqua consortile, è importante anche il rapporto tra il costo medio di approvvigionamento alle due fonti. Il segno negativo che lega questo rapporto agli usi di acqua da pozzo indica che l'uso di acqua da pozzo si riduce anche al crescere del costo relativo dell'acqua consortile. Per le aziende che riescono a impiegare anche acqua del Consorzio, l'uso della risorsa dei pozzi ha dunque una funzione di tipo complementare e il suo impiego si riduce con i fattori che limitano l'uso generale della risorsa idrica. Questo è testimoniato anche dall'elasticità positiva degli utilizzi di acqua da pozzo rispetto agli usi di acqua consortile. Infine, c'è un effetto positivo ma relativamente blando della redditività delle colture frutticole e di olivo_vite.

5.4 Considerazioni riassuntive

Le aziende RICA della Capitanata che si approvvigionano d'acqua sia dal Consorzio, sia con i pozzi presentano, in media, poco più della metà di ettari a fruttiferi seguiti da olivo e vite e dalle ortive. Le aziende che utilizzano solo l'acqua consortile mostrano una prevalenza di ortive, seguite dalle colture non irrigue, quelle che prelevano solo da acqua da pozzo mostrano superfici maggiori per colture irrigue, rispetto agli altri due gruppi aziendali. Dunque, la maggiore disponibilità idrica si trova nell'area consortile che spinge, pertanto, a coltivare maggiormente le ortive. Il volume d'acqua da consorzio risente minimamente di fluttuazioni dovute alla consegna di acqua di consorzio decisa anche su base turnata rispetto alla possibilità di poter prelevare in maniera autonoma. La categoria colturale più redditizia sono i fruttiferi, seguita dall'olivo e dalla vite e poi dalle ortive. I modelli stimati hanno indagato le aziende secondo prospettive diverse. I modelli SEM riguardano tutte le aziende del dataset suddivise solo in base alla tipologia di approvvigionamento. Le variabili dipendenti sono i logaritmi naturali di VACO e VAPO. Nel modello SEM COPO, con entrambe le modalità di approvvigionamento irriguo, emerge una relazione di complementarità tra le due modalità; in quello SEM SOCO la domanda d'acqua è influenzata dalla dimensione operativa delle aziende; infine, nel modello SEM SOPO, l'aumento del costo di prelievo ne comporta una minore utilizzazione. Nei due modelli OLS il dataset è trasformato in panel, in cui le aziende sono indagate tramite due prospettive; la prima OLS VACO in cui è prevalente l'uso dell'acqua da consorzio mentre è marginale quello da pozzo; in questo caso vi è una relazione di sostituzione dell'uso dell'acqua da pozzo con quella consortile. Nel secondo ovvero, nell'OLS VAPO in cui le aziende prelevano principalmente acqua dai pozzi, mentre è marginale l'uso dell'acqua distribuita dal consorzio, il rapporto è complementare.

CAPITOLO 6 - DISCUSSIONE

I cinque modelli econometrici sono basati sui dati elaborati tramite l'uso congiunto delle due banche dati. Ciò ha permesso di generare dati aziendali relativi all'uso dell'acqua per l'irrigazione, consentendo di stimare la domanda d'acqua nel territorio amministrato dal consorzio della Capitanata. Le stime dei modelli SEM e OLS, avevano come obiettivo quello di ricostruire la reattività delle variabili in esame alla variazione dei volumi di acqua al fine di verificare quanto la domanda d'acqua sia elastica e, di conseguenza, di stimare la reattività delle aziende alla crescita della disponibilità idrica derivante dall'immissione delle acque reflue trattate nella rete idrica consortile.

I modelli SEM scontano un limite dovuto ad un dataset non panel e, probabilmente, anche al fatto che con poche osservazioni aziendali e, soprattutto, relativamente poco omogenee, si stima un modello a due stadi, ovvero che valuta gli effetti diretti e indiretti delle variabili indipendenti sulla dipendente. L'elasticità positiva nel modello SEM COPO rispetto a LN_VAPO è, infatti, contraddittoria, anche se statisticamente solida. Il modello può essere sicuramente aggiustato considerando maggiori osservazioni e strutturando il dataset in un panel.

Per facilitare la discussione si riportano, in tabella 3 che segue, i risultati sulle elasticità della domanda irrigua rispetto ad alcune variabili rilevanti. Da questi dati emerge che i risultati del modello SEM COPO mostrano che nelle aziende in cui la distribuzione consortile è forte e consolidata, il prelievo di acqua da pozzo funge da sostituto rispetto alle forniture consortili. Osservando, infatti, l'elasticità di COEM su LN_VAPO, nel modello SEM COPO possiamo affermare che all'aumentare del 10% del costo del contributo per le acque consortili, il prelievo dell'acqua da pozzo aumenta del 32%. Ciò suggerisce che, a parità di costi di prelievo dai pozzi e di pagamenti irrigui al Consorzio, un maggior apporto di risorsa idrica, dovuto alla maggiore disponibilità proveniente dalle acque depurate, indurrebbe gli agricoltori a prelevare più acqua da pozzi. Allo stesso tempo, la domanda per acqua da pozzo si presenta rigida rispetto al suo costo unitario di prelievo: se quest'ultimo si riduce del 10%, il volume prelevato aumenta solo del 3%.

Le colture che portano ad un aumento dei volumi d'acqua sono le ortive e i fruttiferi, nel modello SEM COPO e nel modello SEM SOCO, mentre l'olivo e la vite trainano maggiormente i volumi di acqua nelle aziende che hanno solo pozzi. Tali aziende sapendo di non potersi dotare di una disponibilità d'acqua più strutturata non orientano prevalentemente la propria produzione verso le ortive.

In definitiva, i modelli SEM indicano che, a parità di pagamento unitario irriguo richiesto dal Consorzio, un aumento delle forniture idriche consortili nell'area servita dagli impianti collettivi favorirebbe la riduzione dei prelievi da acque sotterranee. Questi modelli non ci dicono invece molto su come potrebbe reagire l'uso di acqua di falda rispetto a un aumento delle disponibilità alternative di fonte consortile.

Il modello SEM sulla domanda d'acqua nell'area servita solo da pozzi non ci dice direttamente come reagirebbe l'uso di questa risorsa all'immissione di acque consortili dovuta all'impiego dei reflui depurati. Esso mostra, però, che in quelle condizioni di approvvigionamento irriguo, l'uso dell'acqua da pozzi reagisce alla variazione dei margini di ortive autunnali, fruttiferi e, poi, olivo, molto più marcatamente di quanto accada nelle aree fornite dal Consorzio. Ciò suggerisce che per ridurre gli attingimenti alle falde, l'espansione della rete consortile dovrebbe rivoluzionare il bilancio delle disponibilità idriche, apportando corpose quantità di risorsa collettiva. Integrazioni marginali potrebbero invece fornire una spinta all'aumento dell'irrigazione, con un possibile incremento anche dei prelievi idrici dalle falde sotterranee.

Tabella 7. Elasticità delle variabili indipendenti rispetto alle dipendenti nei modelli SEM

Gruppo 1: COPO

	COEM	POEM	SAIR	OREA_PERC	FRUT_PERC
LN_VACO	2,76		0,23		
LN_VAPO	3,21	-0,33		0,07	0,26

Gruppo 2: SOCO

	SAIR	OREA_PERC	FRUT_PERC
LN_VACO	0,69	0,17	0,1

Gruppo 3: SOPO

	OREA_PERC	FRUT_PERC	OLVI_PERC
LN_VAPO	0,61	1,1	1,39

Nei due modelli OLS sono state considerate solo le aziende che si ripetevano negli anni e che, almeno in uno di questi, avevano mostrato di produrre colture ortive. Questo ha dato luogo a un dataset panel più omogeneo, che non si è potuto utilizzare con il modello SEM per problemi di gradi di libertà. La tabella 4 riporta i valori di elasticità della domanda d'acqua nelle aziende che usano esclusivamente o prevalentemente acqua consortile e in quelle che usano esclusivamente o prevalentemente acqua da pozzi.

I valori di elasticità del modello relativo al primo tipo di aziende (VACO) confermano l'effetto sostitutivo dell'acqua consortile rispetto a quella da pozzi ($\varepsilon_{VACO_VAPO} = -0,49$). Peraltro, il valore dell'elasticità di VACO rispetto a COEM è molto basso, a confermare la rilevanza della risorsa consortile per l'irrigazione di quelle aziende. Pertanto, in quelle tipologie aziendali una maggiore disponibilità di risorsa irrigua dovuta all'integrazione delle acque consortili con le acque depurate dovrebbe determinare un minore prelievo dai pozzi.

Tabella 8. Elasticità delle variabili indipendenti rispetto alla dipendente nei modelli OLS

VACO	MAOET	MAFRT	MAOAT	MANIT	COEM	ETNP	FRUT	OLVI	VAPO
	5,56	3,81	-0,99	-0,51	-0,02	2,87	-0,17	0,26	-0,49

VAPO	VACO	COEM	FRUT	OLVI	POEM
	0,41	-1,21	0,18	0,2	-1,42

Al contrario, dove prevale l'uso dell'acqua da pozzo (OLS VAPO) e gli apporti di acque collettive sono marginali si osserva una relazione di tipo complementare tra la domanda delle risorse di falda e quella delle acque consortili, che però, si ottiene solo nel modello dove ci sono aziende che già prelevano maggiormente da pozzi. Pertanto, nelle zone in cui non vi è l'infrastruttura irrigua, oppure essa apporta risorse idriche marginali rispetto al bilancio irriguo delle aziende, accrescere le disponibilità irrigue potrebbe essere rischioso.

L'elasticità della domanda rispetto alla redditività delle colture ortive estive mostra che queste relazioni di integrazione/sostituzione tra le acque di consorzio e di pozzo influenzano l'uso della risorsa idrica, laddove le acque consortili non siano sufficienti a soddisfare i fabbisogni. L'elasticità dei margini lordi delle ortive rispetto al volume d'acqua consortile del modello OLS VACO ci conferma come il volume d'acqua aziendale sia dipendente da colture idroesigenti. Mentre per le colture autunnali si osserva l'effetto inverso.

I risultati ottenuti ci portano quindi a valutare la disponibilità di risorse idriche non convenzionali derivanti da acque reflue depurate come un fattore che potrebbe favorire una riduzione dei prelievi di acqua da falda. Questa integrazione dovrebbe, però, essere svolta aumentando le disponibilità idriche consortili, laddove le reti irrigue siano già strutturate e non marginali. Nelle aziende in cui le forniture consortili sono state finora marginali o nulle e prevale l'uso di acqua di pozzo, ridurre le restrizioni all'irrigazione aumentando o generando una disponibilità idrica di fonte consortile, potrebbe avere l'effetto controproducente di incrementare i prelievi da pozzi. Solo una rivoluzione dei bilanci idrici di quelle aziende, con abbondanti e costanti forniture consortili eviterebbe questo effetto di rimbalzo.

In definitiva, come emergeva già dai modelli SEM, i modelli OLS confermano che i reflui depurati andrebbero usati per incrementare le disponibilità idriche consortili, estendendo la rete per ridurre al minimo i prelievi irrigui delle aziende agricole dai pozzi. Questi modelli non ci dicono se quei reflui andrebbero invece usati per sostituire fonti idriche di pregio attualmente impiegate per l'irrigazione, ossia le acque degli invasi. In questo

caso si favorirebbero gli usi civili e industriali senza aumentare la spinta all'ulteriore espansione della pratica irrigua sul territorio. Per valutare questa opzione sarebbe necessario stimare funzioni di utilità marginale della risorsa idrica in quegli utilizzi e confrontarli con i risultati sulla sua produttività agricola. Questo è un campo di ricerca affascinante che, però, non è stato considerato alla portata di questa tesi.

CONCLUSIONI

L'approccio utilizzato in questo lavoro di tesi, pur scontando una serie di limiti oggettivi, ha permesso di ricostruire la domanda d'acqua delle aziende irrigue dell'area in esame che altrimenti sarebbe stata difficile ottenere con rilevazione ad hoc nei due anni di pandemia. La difficoltà maggiore ha riguardato la possibilità di disporre di dati cospicui e utilizzabili per poter arrivare alla definizione della domanda d'acqua in agricoltura nell'area in esame. L'uso congiunto del SIGRIAN e della RICA ha permesso di superare, tale criticità. Tale metodologia, inoltre, basandosi su dati provenienti da banche dati ufficiali e nazionali, può essere replicato a differenti scale e in diversi territori. Ad oggi, gli studi sulla potenzialità e i limiti della pratica del riutilizzo dei reflui depurati in agricoltura si sono maggiormente concentrati sulla verifica della fattibilità tecnico economica o sulle caratteristiche chimico-fisiche. Il presente lavoro ha voluto, pertanto, indagare il riutilizzo dei reflui in una prospettiva diversa, innovativa, che solitamente non viene considerata a pieno, ritenendo che, l'aumento di disponibilità idriche porti necessariamente ad una serie di benefici ambientali, sociali ed economici. In particolare, la domanda che ci siamo posti in termini di economia circolare è se l'uso dei reflui depurati in agricoltura possa consentire di ridurre, effettivamente, la pressione dell'irrigazione sulle falde idriche.

I risultati ottenuti mostrano che le disponibilità idriche aggiuntive dovrebbero essere considerate dopo aver opportunamente considerato i vari fattori che determinano la domanda irrigua e il suo bilancio di approvvigionamento. In particolare, l'area in esame presenta un clima semi-arido, prelievi eccessivi dalle falde sotterranee, e un tessuto sociale ed economico molto connesso con il settore primario. In questa zona, le acque depurate possono fungere da integrazione laddove l'irrigazione consortile è già ben strutturata e soddisfa in maniera esclusiva o largamente prevalente le esigenze irrigue del settore. Laddove, invece, gli apporti consortili sono carenti o assenti e l'irrigazione si avvale soprattutto di acque di falda, la limitatezza della risorsa di riciclo genererebbe una fornitura consortile parziale e ridotta, che non risolverebbe

il problema dell'approvvigionamento idrico e, anzi, potrebbe innescare un *effetto di rimbalzo* che accrescerebbe lo sfruttamento delle acque di falda. In breve, i reflui depurati possono alleviare i problemi di approvvigionamento idrico laddove l'irrigazione si basa su abbondanti risorse consortili. Essi, però, non possono essere la base per espandere la presenza delle reti irrigue consortili in zone nuove, che pure soffrono per un apporto carente o nullo di acque collettive.

Il piano di gestione dei rischi previsto dal nuovo regolamento dovrà tenere opportunamente conto, quindi, delle varie realtà territoriali in cui il riutilizzo si inserisce. Nel caso della Capitanata, o in altri contesti territoriali simili, dove il prelievo da pozzi è a basso costo e senza eccessivi controlli, questo aspetto andrebbe considerato. Per poter effettuare degli studi di fattibilità affidabili il panorama di dati disponibili, relativi all'agricoltura irrigua, dovrebbe essere opportunamente implementato, in modo da permettere una valutazione *ex ante* ed *ex post* della situazione in cui il riutilizzo va ad innescarsi e permettere di effettuare, in questo modo, le giuste valutazioni. Infatti, un risultato del lavoro è stato anche quello di comprendere come la carenza di dati possa impattare sulla qualità dei risultati ottenuti, qualora si utilizzassero modelli più ambiziosi come lo è, ad esempio, il SEM; è, infatti, stimolante e interessante poter lavorare con modelli che collegano la domanda irrigua alla redditività delle colture. Pertanto, in alcuni casi, vanno valutati modelli meno ambiziosi ma che ci permettano di ottenere risultati soddisfacenti con i dati a disposizione.

BIBLIOGRAFIA

Annuario dell'agricoltura italiana, Volume LXXIV. 2021 CREA - Consiglio per la Ricerca in Agricoltura l'analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca Politiche e Bio-economia. ROMA.

Aspetti economici dell'agricoltura irrigua in Puglia, CREA PB, 2010, Roma.

Commissione Europea, 2012. Water Blueprint il Piano Europeo per la Salvaguardia delle Acque.

Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, 2015. L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare COM/2015/0614 final.

Conte, G. 1999. Il riutilizzo irriguo delle acque di scarico: opportunità e vincoli, Enea, Bologna.

Cortignani R., Buttinelli R., Dono G., (2022) Farm to Fork strategy and restrictions on the use of chemical inputs: Impacts on the various types of farming and territories of Italy, Science of The Total Environment, Volume810,152259,ISSN0048697,<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152259>.

Cotecchia V. & Liberti L. *Possibilità di impiego delle acque reflue trattate in agricoltura e delle acque salmastre dissalate per usi potabili* in Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol. 92/2014 ISBN: 978-88-9311-003-7 ISSN: 0536-0242.

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006).

Decreto Ministeriale 24 febbraio 2015, n. 39 - Regolamento recante i criteri per la definizione dei costi ambientali e della risorsa per i vari settori d'impiego dell'acqua (G.U. 8 aprile 2015, Serie Generale n. 81).

Decreto Ministeriale MiPAAF del 31 luglio 2015, recante l'“Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo”.

Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007 relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

Direttiva del Consiglio del 21 maggio 1991 concernente il trattamento delle acque reflue urbane (91 /271 /CEE).

Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/EC. European Union. Water Framework Directive (2000/60/EC). Water Framework Directive, 2000.

Dono, G. & Mazzapicchio, G. (2010). L'impatto economico dei cambiamenti climatici sulla disponibilità di acqua irrigua in un'area del Mediterraneo. *Economia delle fonti di energia e dell'ambiente*, doi: 10.3280/EFE2010-001010.

Dono, G., Cortignani, R., Dell'Unto, D., & Mazzapicchio, G. (2015). Una valutazione degli impatti produttivi ed economici del cambiamento della variabilità climatica in aree dell'agricoltura mediterranea. Una valutazione degli impatti produttivi ed economici del cambiamento della variabilità climatica in aree dell'agricoltura mediterranea, 97-116.

Dono, G., Severini, S., Dell'Unto, D., Cortignani, R. (2019). Italy, in: Molle F, Sanchis-Ibor C, Avellà-Reus L, *Irrigation in the Mediterranean, Technologies, Institutions and Policies*, Pages 151-183, Springer Nature Switzerland AG, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03698-0>.

European environmental Agency. (2006). “Environmental statement”. ISBN: 92-9167-878-3.

FAO (2012). *Coping with water scarcity. An action framework for agriculture and food security*. Rome.

FAO (2020). *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Rome.

García-Garizábal, I., Causapé, J., Abrahao, R., Merchan, D. (2014). Impact of CC on Mediterranean irrigation demand: historical dynamics of climate

and future projections. *Water resources management*, 28(5), 1449-1462.
<https://doi.org/10.1007/s11269-014-0565-7>.

García-Ruiz, J.M., López-Moreno, J.I., Vicente-Serrano, S.M., Lasanta-Martínez, T., Beguería, S. (2011). Mediterranean water resources in a global change scenario. *Earth-Science Reviews*, 105 (2011), 121–139.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.006>.

Giannoccaro G., Casieri A., de Vito R., Z.D. & P.I. (2019). Impatti economici dell'interruzione del servizio irriguo consortile nell'area della Capitanata (Puglia). Stima empirica per il pomodoro da industria nel periodo 2001-2016. *Aestimum*, in press.

Giannoccaro G., Sardaro R., de Vito R., Roselli L., de Gennaro Bernardo, (2020). Politiche di gestione della risorsa idrica sotterranea a fini irrigui. Analisi delle preferenze degli agricoltori. *Economia agro-alimentare / Food Economy An International Journal on Agricultural and Food Systems* Vol. 22, Iss. 2, Art. 3, pp. 1-27 - ISSN 1126-1668 - ISSN e 1972-4802 doi : 10.3280/ecag2-2020oa10409.

Giannoccaro, G., Arborea, S., de Gennaro, B.C., Iacobellis, V. & Piccinni, A. F. (2019). Assessing Reclaimed Urban Wastewater for Reuse in Agriculture: Technical and Economic Concerns for Mediterranean Regions. *Water*, 11(7), 1511, doi: 10.3390/w11071511.

Giannoccaro, G., Goduto B., Prosperi, M., de Gennaro, B.C. (2016). Il metodo del prezzo edonico per la stima del valore della risorsa idrica. Un'applicazione empirica nell'area irrigua della Capitanata (Puglia). *AESTIMUM* 68, Giugno 2016: 29-44.

Global Water Partnership, GWP (Editor), 2004. *Catalyzing Change: A handbook for developing IWRM and water efficiency strategies*. Stockholm: Global Water Partnership (GWP).

INEA, 2001. *Analisi delle caratteristiche produttive ed economiche delle aree irrigue*, Roma.

IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental*

Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.

Lionello, P., Scarascia, L. (2018). “The relation between CC in the Mediterranean region and global warming”. *Regional Environmental Change*, 18 (5), 1481-1493. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1290-1>.

Lonigro A., Catalano M., Rubino P., (2007). Impiego in agricoltura di acque reflue urbane depurate nel rispetto della sostenibilità ambientale Ital. J. Agron. / Riv. Agron., 2:217-259.

Lopez A. et Vurro M. (2008), Planning agricultural wastewater reuse in southern Italy: The case of Apulia Region. *Desalination*, Volume 218, Issues 1–3, 5 January 2008, Pages 164-169.

Massarutto, A. & de Carli, A. (2009). I costi economici della siccità: il caso del Po. *Economia delle fonti di energia e dell’ambiente*, doi: 10.3280/EFE2009-002008.

Ministero dell’Ambiente. DECRETO 12 giugno 2003, n. 185 Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. (GU Serie Generale n.169 del 23-07-2003).

P. Brignoli, S. Ansferri. (2004). Esperienze sull’applicazione di Bioattivatori enzimatico-batterici nel trattamento delle acque reflue utilizzate per l’irrigazione. Conference: Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale. Taormina. Paper 228, 49.

Pistocchi, A., Aloe, A., Dorati, C., Alcalde Sanz, L., Bouraoui, F., Gawlik, B., Vigiak, O. (2018). The potential of water reuse for agricultural irrigation in the EU a hydro-economic analysis, doi: 10.2760/263713.

Plan Bleu – GWP, 2012. “Water Demand Management - The Mediterranean Experience”, No. 1. Global Water Partnership Technical Focus Paper.

Proposta di risoluzione del Parlamento europeo su come affrontare il problema della carenza idrica e della siccità nell'Unione europea (2008/2074(INI)).

PTA Regione Puglia. (2009). Aggiornamento Piano di Tutela del Acque.

PTA Regione Puglia. (2015). Aggiornamento Piano di Tutela del Acque.

Rapporto ISPRA, Il riutilizzo delle acque e dei fanghi prodotti da impianti di depurazione di reflui urbani: Quadro conoscitivo generale ed aspetti specifici, Tavolo Tecnico APAT/ARPA/APPA “Gestione sostenibile delle risorse idriche”, 2007.

Regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell’acqua.

Relazione speciale Corte dei conti UE 20/2021: “Utilizzo idrico sostenibile in agricoltura: i fondi della PAC promuovono più verosimilmente un maggiore utilizzo dell’acqua, anziché una maggiore efficienza”.

Rubino P., Lonigro A., (2015) – Linee guida per il riuso irriguo delle acque reflue depurate, Progetto Pon In.Te.R.R.A.

Saadi, S., Todorovic, M., Tanasijevic, L., Pereira, L.S., Pizzigalli, C., Lionello, P. (2015). CC and Mediterranean agriculture: impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. *Agricultural Water Management*, 147, 103-115. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.008>.

Schneider, S.H. (1977). *La Strategia della Genesi*. Milano: Edizioni scientifiche e tecniche Mondadori.

Zucaro R., Pontrandolfi, A., Dodaro, G.M., Gallinoni, C., Pacicco, C.L. & Vollaro, M. (2011). *Atlante nazionale dell’irrigazione*. INEA, Roma.

Zucaro, R. (2014). *Condizionalità Ex-Ante Per Le Risorse Idriche. Opportunità e Vincoli per il mondo agricolo*. INEA, Roma.

Zucaro, R., Ferrigno, M. Approvato il nuovo Regolamento europeo sul riutilizzo dell'acqua: la situazione italiana. Pianeta PSR: *numero 92 giugno 2020*.

Zucaro, R., Rago, C., e Vollaro, M. (2012). “Valutazione tecnico-economica delle potenzialità di riutilizzo irriguo dei reflui depurati: il caso della Valpadana”. INEA, Roma.

SITOGRAFIA

1. <https://rica.crea.gov.it/>
2. <https://sigrian.crea.gov.it/>
3. <http://www.bonificacapitanata.it/>
4. <https://trasparenza.regione.puglia.it/organizzazione/articolazione-degli-uffici/servizio-sistema-idrico-integrato-e-tutela-delle-acque>
5. <https://www.normattiva.it/>
6. <https://eur-lex.europa.eu/>

APPENDICE 1

Output di IBM® SPSS® Amos per lo sviluppo dei modelli SEM

1. Modello SEM gruppo 1-COPO

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments:	78
Number of distinct parameters to be estimated:	56
Degrees of freedom (78 - 56):	22

Result (Default model)

Minimum was achieved
Chi-square = 76,748
Degrees of freedom = 22
Probability level = ,000

Covariances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
MAEA_t1 <--> ULF	,096	,198	,486	,627	
ETNPt1 <--> ULF	,002	,005	,413	,679	
ETNPt1 <--> MAEA_t1	-,110	,046	-2,375	,018	
COEM <--> ETNP	,000	,001	,019	,985	
POEM <--> ETNP	,004	,006	,776	,437	
COEM <--> POEM	,009	,004	2,168	,030	
MAEA_t1 <--> COEM	-,036	,025	-1,400	,161	
COEM <--> ULF	,006	,003	1,832	,067	
ETNPt1 <--> COEM	,001	,001	,873	,383	
MAEA_t1 <--> POEM	-,003	,239	-,014	,989	
POEM <--> ULF	-,003	,031	-,092	,926	
ETNPt1 <--> POEM	-,014	,007	-1,987	,047	
MAEA_t1 <--> ETNP	,079	,038	2,085	,037	
ETNP <--> ULF	,002	,005	,451	,652	
ETNPt1 <--> ETNP	-,003	,001	-2,899	,004	
MAEA_t1 <--> SAIR	-,989	4,594	-,215	,829	

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ETNPt1	<-->	SAIR	-,246	,133	-1,849	,065	
ULF	<-->	SAIR	,116	,591	,196	,844	
ETNP	<-->	SAIR	,038	,107	,356	,722	
COEM	<-->	SAIR	,179	,080	2,242	,025	
POEM	<-->	SAIR	2,313	,815	2,840	,005	

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ETNPt1	,007	,002	4,183	***	
MAEA_t1	9,075	2,169	4,183	***	
COEM	,002	,001	4,183	***	
POEM	,220	,053	4,183	***	
ETNP	,005	,001	4,183	***	
ULF	,150	,036	4,183	***	
SAIR	81,278	19,429	4,183	***	
e3	98,890	23,639	4,183	***	
e4	641,431	153,331	4,183	***	
e5	570,098	136,279	4,183	***	
e2	,229	,055	4,183	***	
e1	,201	,048	4,183	***	

Model Fit Summary

CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	56	76,748	22	,000	3,489
Saturated model	78	,000	0		
Independence model	12	234,583	66	,000	3,554

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	47,809	,762	,156	,215
Saturated model	,000	1,000		
Independence model	52,819	,516	,428	,437

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	,673	,018	,742	,026	,675
Saturated model	1,000		1,000		1,000
Independence model	,000	,000	,000	,000	,000

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	,333	,224	,225
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	1,000	,000	,000

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	54,748	31,777	85,311
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	168,583	125,618	219,139

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	2,193	1,564	,908	2,437
Saturated model	,000	,000	,000	,000
Independence model	6,702	4,817	3,589	6,261

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	,267	,203	,333	,000
Independence model	,270	,233	,308	,000

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	188,748	254,930	277,425	333,425
Saturated model	156,000	248,182	279,514	357,514
Independence model	258,583	272,765	277,585	289,585

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	5,393	4,736	6,266	7,284
Saturated model	4,457	4,457	4,457	7,091
Independence model	7,388	6,161	8,833	7,793

HOELTER

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	16	19
Independence model	13	15

Execution time summary

Minimization: ,024
 Miscellaneous: ,600
 Bootstrap: ,000
 Total: ,624

2. Modello SEM gruppo 2-SOCO

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments: 55
 Number of distinct parameters to be estimated: 40
 Degrees of freedom (55 - 40): 15

Result (Default model)

Minimum was achieved
 Chi-square = 648,730
 Degrees of freedom = 15
 Probability level = ,000

Covariances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
MAEA_t1 <--> ULF	-,022	,064	-,341	,733	
ETNPt1 <--> ULF	-,002	,002	-1,026	,305	
ETNPt1 <--> MAEA_t1	-,040	,011	-3,463	***	
COEM <--> ETNP	-,001	,001	-,988	,323	
MAEA_t1 <--> COEM	-,003	,018	-,168	,867	
COEM <--> ULF	,010	,003	3,093	,002	
ETNPt1 <--> COEM	-,001	,001	-1,990	,047	
MAEA_t1 <--> ETNP	,060	,013	4,455	***	
ULF <--> ETNP	-,005	,002	-2,193	,028	
ETNPt1 <--> ETNP	-,001	,000	-3,339	***	
MAEA_t1 <--> SAIR	-1,753	3,209	-,546	,585	
ULF <--> SAIR	3,418	,625	5,472	***	
ETNP <--> SAIR	-,235	,110	-2,134	,033	
COEM <--> SAIR	,398	,164	2,431	,015	
ETNPt1 <--> SAIR	-,206	,096	-2,134	,033	

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ETNPt1	,004	,000	8,485	***	
MAEA_t1	4,438	,523	8,485	***	
COEM	,011	,001	8,485	***	
ULF	,133	,016	8,485	***	
ETNP	,005	,001	8,485	***	
SAIR	333,332	39,284	8,485	***	
e3	1240,029	146,139	8,485	***	
e4	1729,860	203,866	8,485	***	
e5	1583,116	186,572	8,485	***	
e2	,484	,057	8,485	***	

Model Fit Summary**CMIN**

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	40	648,730	15	,000	43,249
Saturated model	55	,000	0		
Independence model	10	1013,076	45	,000	22,513

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	192,833	,821	,344	,224
Saturated model	,000	1,000		
Independence model	219,642	,544	,443	,445

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	,360	-,921	,365	-,964	,345
Saturated model	1,000		1,000		1,000
Independence model	,000	,000	,000	,000	,000

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	,333	,120	,115
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	1,000	,000	,000

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	633,730	554,088	720,777
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	968,076	868,201	1075,356

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	4,505	4,401	3,848	5,005
Saturated model	,000	,000	,000	,000
Independence model	7,035	6,723	6,029	7,468

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	,542	,506	,578	,000
Independence model	,387	,366	,407	,000

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	728,730	735,347	847,800	887,800
Saturated model	110,000	119,098	273,720	328,720
Independence model	1033,076	1034,730	1062,843	1072,843

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	5,061	4,508	5,665	5,107
Saturated model	,764	,764	,764	,827
Independence model	7,174	6,481	7,919	7,186

HOELTER

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	6	7
Independence model	9	10

Execution time summary

Minimization: ,021
 Miscellaneous: ,490
 Bootstrap: ,000
 Total: ,511

3. Modello SEM gruppo 3-SOPO

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments: 55
 Number of distinct parameters to be estimated: 40
 Degrees of freedom (55 - 40): 15

Result (Default model)

Minimum was achieved
 Chi-square = 91,951
 Degrees of freedom = 15
 Probability level = ,000

Covariances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
MAEA_t1 <--> ULF	,400	,223	1,791	,073	
ETNPt1 <--> ULF	-,011	,005	-2,195	,028	
ETNPt1 <--> MAEA_t1	-,274	,081	-3,407	***	
POEM <--> ETNP	-,002	,002	-1,082	,279	
MAEA_t1 <--> POEM	-,067	,080	-,835	,404	
POEM <--> ULF	-,003	,006	-,492	,623	
ETNPt1 <--> POEM	,002	,002	1,208	,227	
MAEA_t1 <--> ETNP	,040	,060	,670	,503	
ULF <--> ETNP	,003	,004	,646	,518	
ETNPt1 <--> ETNP	-,002	,001	-1,788	,074	
MAEA_t1 <--> SAIR	13,529	6,183	2,188	,029	
ULF <--> SAIR	1,513	,503	3,008	,003	
ETNP <--> SAIR	-,005	,115	-,047	,962	
POEM <--> SAIR	,091	,155	,583	,560	
ETNPt1 <--> SAIR	-,247	,126	-1,958	,050	

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ETNPt1	,006	,002	3,606	***	
MAEA_t1	14,654	4,064	3,606	***	
POEM	,011	,003	3,606	***	
ULF	,078	,021	3,606	***	
ETNP	,006	,002	3,606	***	
SAIR	55,335	15,347	3,606	***	
e3	952,540	264,187	3,606	***	
e4	774,933	214,928	3,606	***	
e5	529,446	146,842	3,606	***	
e2	,324	,090	3,606	***	

Model Fit Summary**CMIN**

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	40	91,951	15	,000	6,130
Saturated model	55	,000	0		
Independence model	10	208,075	45	,000	4,624

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	95,071	,772	,163	,211
Saturated model	,000	1,000		
Independence model	111,572	,482	,367	,395

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	,558	-,326	,601	-,416	,528
Saturated model	1,000		1,000		1,000
Independence model	,000	,000	,000	,000	,000

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	,333	,186	,176
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	1,000	,000	,000

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	76,951	50,386	111,020
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	163,075	121,975	211,719

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	3,537	2,960	1,938	4,270
Saturated model	,000	,000	,000	,000
Independence model	8,003	6,272	4,691	8,143

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	,444	,359	,534	,000
Independence model	,373	,323	,425	,000

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	171,951	230,617	223,784	263,784
Saturated model	110,000	190,667	181,271	236,271
Independence model	228,075	242,742	241,034	251,034

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	6,613	5,592	7,924	8,870
Saturated model	4,231	4,231	4,231	7,333
Independence model	8,772	7,191	10,643	9,336

HOELTER

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	8	9
Independence model	8	9

Execution time summary

Minimization: ,023
 Miscellaneous: ,419
 Bootstrap: ,000
 Total: ,442

APPENDICE 2

Impianti di recupero acque reflue depurate in Capitanata.

Foggia: l'impianto di affinamento, posto sulla strada comunale Foggia - Castiglione, è in grado di trattare un volume di circa 15.000.000 mc annui che sarà utilizzato per agricoltura: distribuzione su aree attrezzate dei distretti irrigui 12-13 e 5B Fortore del Consorzio di Bonifica della Capitanata. Per utilizzare le acque sono necessarie opere di adeguamento dell'impianto di sollevamento in corso e una condotta adduttrice dall'impianto di affinamento agli impianti di distribuzione. Esiste la possibilità che le acque possano essere invase nella diga del Celone.

Lucera: l'abitato di Lucera è dotato di n. 2 impianti di affinamento Lucera 1 - dislocato in direzione sud-ovest ai margini della SS.17 e scarica in un piccolo affluente destro del torrente Salsola; Lucera 2 - dislocato in periferia dell'abitato in direzione nord e scarica direttamente nel torrente Salsola.

L'utilizzazione razionale dell'acqua affinata dei due impianti prevede una condotta per l'adduzione dei reflui dell'impianto di Lucera 1 all'impianto di Lucera 2; una vasca di raccolta dei reflui affinati dei due impianti con doppia possibilità di destinazione ovvero alimentazione del distretto 5A del Comprensorio Fortore del CdB della Capitanata; accumulo delle stesse, tramite un adduttore irriguo esistente, nella diga del Celone, ove le caratteristiche qualitative delle acque siano compatibili.

San Giovanni Rotondo: l'impianto di affinamento del comune di S. Giovanni Rotondo è ubicato nella periferia sud dell'abitato a monte della strada statale Manfredonia - Zapponeta e scarica nel Vallone Asinara e successivamente nel torrente Candelaro. L'utilizzazione razionale prevede la realizzazione delle opere di presa ubicata nel Vallone dell'Asinara; di una condotta adduttrice in località Monte Aquilone; di una vasca di accumulo; di un collegamento alla rete irrigua. L'acqua affinata potrà essere utilizzata in agricoltura per l'irrigazione del distretto 13 del Comprensorio Fortore del CdB della Capitanata, in industria erogandola all'insediamento industriale di Manfredonia.

San Severo: l'impianto di affinamento è ubicato in periferia dell'abitato nei pressi della ex SS 16 S. Severo Foggia, e scarica nel canale Venolo. L'utilizzazione razionale prevede la realizzazione di un impianto di sollevamento; di condotte di adduzione alla rete irrigua. L'acqua affinata sarà utilizzata in agricoltura per il distretto undici del comprensorio Fortore del Cdb della Capitanata.

Manfredonia: l'impianto di depurazione è ubicato in località Frattarolo e scarica nel torrente Candellaro. L'utilizzazione razionale prevede la realizzazione di una opera di presa ubicata nel torrente Candellaro e di una condotta adduttrice località Monte Aquilone, di una vasca di accumulo. L'acqua affinata potrà essere utilizzata: in agricoltura per l'irrigazione del distretto 13 del Comprensorio Fortore del Cdb della Capitanata.

Trinitapoli: l'impianto di affinamento, ubicato in località Castello, in un'area comunale a ridosso delle Saline di Margherita di Savoia consente di affinare i reflui del comune che diversamente confluiscono nella foce Carmosina. Le opere necessarie alla sua utilizzazione consistono nella realizzazione di: un bacino di stoccaggio; condotta adduttrice alla rete irrigua; impianto di sollevamento; sub comprensorio irriguo.

Cerignola: l'impianto di affinamento è posto nella periferia nord dell'abitato, a valle dell'impianto di depurazione in cui i liquami trattati si immettono nel canale Fosso Pila. L'impianto di utilizzazione dei reflui si articola in impianto di sollevamento a partire dalla consegna delle acque affinate; vasca di accumulo; rete irrigua.

I volumi non utilizzabili nei quattro mesi invernali potranno essere accumulati nella vasca dell'impianto di Trinitapoli. Le acque reflue affinate sono caratterizzate da un regime idrologico, costante stagionale, con differenze di portata fra stagioni invernali ed estive. Durante il periodo irriguo aprile-ottobre i reflui, se idonei, possono essere immessi immediatamente in rete, mentre nel periodo invernale novembre-marzo le acque devono essere opportunamente accumulate. La distribuzione territoriale degli impianti di affinamento permette di accumulare le risorse in impianti già esistenti. Ove non vi è tale possibilità è possibile realizzare idonee strutture con costi che si stimano in qualche decina di milioni di euro.