

Riassunto tesi magistrale dal titolo

*“Sensitivity of the agro-hydrological model AQUACROP to estimate irrigation water requirements in orchards”*

discussa in data 17/09/2020 dal Dott. Quarta Riccardo per ottenere il titolo di Dottore in International Horticultural Science presso l'*Alma Mater Studiorum* - Università di Bologna.

Nel settembre 2015 capi di stato e alti rappresentanti dei governi dei 193 stati membri delle Nazioni Unite si riunirono nel quartier generale dell'Organizzazione a New York per prendere una storica decisione e adottare, all'unanimità, i 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals). A partire da questi è stata creata un'ambiziosa Agenda per permetterne il raggiungimento, considerando come imprescindibile il concetto di sostenibilità e i suoi pilastri fondamentali. La composizione del lavoro di tesi è stata ispirata da questi Obiettivi e in particolare dal secondo - "*Zero hunger*", relativo alla sicurezza alimentare, e sesto - "*Clean water and sanitization*", relativo alla disponibilità per tutti e alla gestione sostenibile della risorsa acqua.

Al momento, la scarsità idrica è uno dei problemi più critici per garantire un'agricoltura produttiva e sostenibile e numerose autorità nazionali e internazionali riconoscono l'importanza di identificare tecniche per limitarne gli sprechi e gestirla in modo più efficiente. È stato stimato, infatti, che l'agricoltura utilizza circa il 69% dei prelievi globali di acqua. Sulla base di questi grandi volumi utilizzati, risulta di primaria importanza una gestione efficiente dell'acqua e la minimizzazione degli sprechi, dovendo anche considerare gli agro-ecosistemi in ottica di cambiamento climatico. Potenzialmente il risparmio idrico nel settore irriguo ammonterebbe al 43% dell'attuale volume sottratto per le attività agricole. Tuttavia, l'attenzione riguardo la distribuzione dell'acqua non deve riguardare solamente la realtà agricola aziendale, ma tutto l'apparato distributivo sin dalla fonte, e considerare interamente il sistema di bacino idrico con tutti i prelievi e le restituzioni.

Il lavoro di tesi è stato svolto con un duplice obiettivo: fare una sintesi dei diversi tipi di sistemi di supporto decisionali (DSS) per l'irrigazione e condurre una sperimentazione utilizzando il modello agro-idrologico *AquaCrop* con lo scopo di simulare i fabbisogni idrici colturali di un frutteto per un'analisi di sensitività del modello scelto. Questo tipo di analisi è stata svolta con lo scopo di definire le priorità per agricoltori ed enti pubblici sulla pianificazione dei loro investimenti di tempo e risorse economiche riguardo la gestione della risorsa idrica a scopo irriguo.

In Europa, la Commissione Europea incentiva gli investimenti per tecnologie volte al risparmio di acqua, come ad esempio l'utilizzo dei DSS per la gestione dell'irrigazione. I benefici, le criticità, le differenze e le cause dei limiti di adozione da parte degli agricoltori sono stati discussi per i diversi sistemi di supporto decisionali basati sulle seguenti tecniche:

- misurazione dell'umidità del suolo,
- calcolo del bilancio idrico del suolo,
- telerilevamento.

I sistemi di supporto decisionali sono strumenti utili per la corretta gestione dell'irrigazione, che forniscono suggerimenti agli agricoltori riguardo i volumi di acqua necessari per le colture e il momento della loro distribuzione in campo. Questi sistemi garantiscono un efficiente impiego della risorsa e ne minimizzano gli sprechi. I sistemi basati su osservazioni dirette del suolo utilizzano sensori per la misurazione o la stima dell'umidità, l'esempio più semplice di uno di questi strumenti è il tensiometro, ma ce ne sono anche di più efficienti e meno costosi che si basano le loro misure sulla conducibilità elettrica. Questi sensori consentono di raggiungere efficienze di distribuzione elevate poiché la misura sito-specifica dell'umidità può essere ripetuta con elevata frequenza e a diverse profondità, inoltre, il costo di ogni strumento è relativamente basso e facilmente inseribile in un contesto più ampio di automazione dell'irrigazione aziendale. L'utilizzo più semplice di questi strumenti è quello di produrre un evento irriguo quando l'umidità del suolo scende al di sotto di una determinata soglia impostata dall'operatore. La seconda tipologia di sistemi di supporto decisionali si basa sulla stima delle componenti del bilancio idrologico. Il bilancio può essere calcolato attraverso modelli agro-idrologici che simulano la coltura e le relazioni del complesso sistema suolo-pianta-atmosfera. Questi modelli sono necessariamente una semplificazione della realtà e applicano delle approssimazioni, utilizzando equazioni matematiche per simulare i complessi processi del sistema che considerano. L'ultimo sistema di supporto all'irrigazione analizzato prevede l'utilizzo del telerilevamento, cioè tecniche di osservazione della terra e delle variabili spaziali e temporali delle colture, tramite immagini satellitari. Queste tecnologie sono sempre più precise e frequentemente utilizzate grazie alla continua evoluzione delle tecnologie e alla loro integrazione nel monitoraggio e gestione delle attività agricole. Spesso questi sistemi si basano sul monitoraggio di parametri biofisici della vegetazione, ad esempio espansione della chioma, albedo della vegetazione o tramite il calcolo di indici vegetativi. Anche questi sistemi consentono una conoscenza sito-specifica del territorio e della realtà in campo, e potrebbero essere impiegati per la gestione della risorsa idrica.

I benefici derivabili dall'utilizzo di questi sistemi sono numerosi e non riguardano solo la riduzione nell'uso di acqua, ma anche di fitofarmaci, quindi del costo di produzione, migliorando le rese. Tuttavia, l'utilizzo di queste tecnologie è ostacolato da difficoltà pratiche e l'accettazione da parte degli operatori è estremamente lenta. La causa di questo può essere identificata in due principali cause: le limitazioni nell'utilizzo e la percezione degli agricoltori. È stato riconosciuto, infatti, che seppur garantendo numerosi vantaggi per la gestione delle risorse in agricoltura, i DSS non forniscono una risposta certa, ma hanno delle incertezze intrinseche relative, ad esempio, all'eterogeneità dei siti. Questo fattore è amplificato dall'incertezza degli agricoltori sull'efficacia di questi sistemi nell'aumentare le rese o diminuire i costi. Generalmente gli utenti che precocemente adottano soluzioni tecnologiche innovative tendono ad essere giovani, benestanti, con alti livelli di educazione

e più inclini al rischio, queste condizioni raramente possono essere associate agli agricoltori, in particolar modo dell'area del Mediterraneo. Tuttavia, soluzioni che garantirebbero un più diffuso utilizzo di queste tecnologie sono l'organizzazione di progetti pilota e dimostrazioni per rendere gli operatori consapevoli dei vantaggi, inoltre, potrebbe anche essere sfruttata la comunicazione tra gli agricoltori per condividere le esperienze. Infine, anche i consulenti tecnici aziendali hanno un ruolo fondamentale per far comprendere le potenzialità di queste metodologie e indurre una maggiore diffusione.

Per sua natura, l'acqua è una risorsa difficile da quantificare a causa della dinamicità del suo ciclo sia nel tempo sia nello spazio ed è noto che un efficace metodo per la sua indagine è tramite modelli. Una soluzione è stata identificata nell'utilizzo di modelli agro-idrologici di calcolo del bilancio idrico e, per la parte sperimentale di questo lavoro, è stato scelto il modello *AquaCrop*. Questo è stato sviluppato dalla *Food and Agriculture Organization* (FAO) con l'obiettivo di creare un modello semplice e facilmente utilizzabile dagli utenti, ma allo stesso tempo accurato, robusto e che richiedesse un numero relativamente limitato di parametri di facile comprensione. *AquaCrop* integra dinamiche relative a suolo, pianta e atmosfera, dando particolare importanza alla risorsa idrica, al suo ciclo e calcolando giornalmente il bilancio idrico per i diversi strati di terreno considerati come serbatoi. Anche se *AquaCrop* è stato sviluppato per colture erbacee, con il presente lavoro è stato applicato anche su arboree, in particolare per la simulazione del pero, ed è stato mostrato come la validità nel calcolo del bilancio idrico fosse appropriata anche per la simulazione di tali colture. Tratto distintivo di questo modello rispetto ad altri simili sta nella modalità di considerazione dell'apparato epigeo della pianta, infatti, il modello non utilizza il popolare indice di area fogliare (LAI) per riferirsi a questa, ma la copertura fogliare (Canopy Cover, CC), cioè la frazione di superficie di suolo coperta dalla proiezione della chioma. Questa scelta è stata presa dagli sviluppatori del modello per semplificare l'acquisizione di questo dato da parte degli operatori.

L'area di studio ha riguardato un pereto di circa 10 ettari irrigato a goccia in provincia di Reggio Emilia rientrante in un distretto nel consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale; il periodo di analisi è durato quattro anni dal 2016 al 2019. La sperimentazione è stata condotta confrontando diversi scenari, ognuno dei quali differente dagli altri per un solo fattore di input, e considerando il volume irriguo stimato con *AquaCrop* come output per la definizione dei risultati. Per scenario si intende l'insieme dei fattori e condizioni in input necessari per l'esecuzione della simulazione. La metodologia applicata è denominata *Multiple Model Enhancements and Multiple Objectives* (MEMMO) e permette di considerare uno scenario di riferimento a cui si vanno ad applicare singoli miglioramenti per creare nuovi scenari. Il ragionamento è poi applicato anche al contrario considerato uno scenario con tutti i miglioramenti applicati e sottraendone di volta in volta uno singolarmente. In

totale 10 scenari sono stati simulati, ognuno per i quattro anni di analisi. I fattori considerati sono quattro:

- fattore meteorologico,
- fattore falda,
- fattore coltura,
- fattore suolo.

I fattori detti di riferimento sono costituiti da dati meno rappresentativi del sito sperimentale, mentre i miglioramenti consistono nel fattore misurato strumentalmente in campo, e per questo più rappresentativo del sito specifico. Per quanto riguarda il fattore meteorologico, i dati per il riferimento sono stati acquisiti tramite il servizio ARPA Emilia-Romagna che fornisce dati meteorologici interpolati su una griglia 5x5 km. Invece i dati di miglioramento, riguardanti il fattore pioggia, sono stati raccolti tramite un pluviometro localizzato direttamente in campo. Per il fattore coltura il riferimento è consistito in una copertura fogliare (CC) del 75%, mentre il miglioramento è stato misurare il LAI effettivo e identificare la relativa copertura che è risultata essere del 40%. Il fattore falda di riferimento è stato definito tramite dati di un piezometro della rete di monitoraggio regionale, invece i dati per il fattore migliorato sono derivati da misurazioni effettuate su un piezometro installato direttamente in campo. Infine, il fattore suolo di riferimento è stato definito tramite la carta regionale dei suoli per quell'area, mentre il miglioramento è derivato da analisi tessiturali del suolo prelevato nel pereto.

Il risultato prodotto dal modello per ognuno dei 10 scenari è stato mediato per conoscere l'importanza di ogni fattore sulle simulazioni. L'analisi di sensitività ha quindi permesso di stimare il peso di ogni fattore analizzato (suolo, coltura, altezza di falda e condizioni meteo) e comprendere le interazioni tra questi. I risultati hanno evidenziato importanti differenze tra le simulazioni nei quattro anni considerati a causa della diversità delle condizioni meteorologiche. Queste, infatti, rappresentano un elemento di forte influenza sui consumi irrigui e sulle scelte degli agricoltori. Inoltre, significative differenze sono state trovate sostituendo i fattori in input di riferimento con quelli misurati. In particolare, il fattore pianta è stato quello con rilevanza maggiore nel diminuire la richiesta d'acqua. Al contrario, il fattore suolo è stato l'unico ad aumentare il fabbisogno irriguo, mentre tutti gli altri fattori hanno avuto l'effetto opposto. L'analisi eseguita ha lo scopo di essere di supporto per gli agricoltori e le pubbliche amministrazioni nel prendere decisioni strutturali riguardo le tecnologie su cui investire per essere più efficaci nella stima dei fabbisogni irrigui. In particolare, è emerso che un investimento volto ad una migliore determinazione delle caratteristiche della coltura, come ad esempio misurando lo sviluppo della chioma, avrebbe l'utilità più alta tra i fattori analizzati per migliorare la stima dei fabbisogni idrici colturali. Ulteriore sviluppo di questo lavoro, in corso di realizzazione, è la ripetizione dello stesso criterio di analisi, ma utilizzando modelli diversi per

indagare se i risultati possono essere comparabili. Inoltre, lo studio può essere esteso ad altre colture per una più ampia applicazione dei modelli agro-idrologici nel supporto alla gestione sostenibile dell'acqua in agricoltura. Grazie a questo lavoro di tesi è stata quindi migliorata la conoscenza dei modelli agro-idrologici sia utilizzati come DSS dagli agricoltori, sia per la determinazione dei volumi e delle tempistiche con cui l'acqua sarà necessaria per l'irrigazione durante la stagione irrigua. Quest'ultimo aspetto risulta essere notevolmente utile ai consorzi di bonifica per una loro programmazione preventiva delle attività e una migliore e più efficace gestione della risorsa, generando, di conseguenza, un aumento dell'efficienza e del risparmio d'acqua. Le prospettive future riguardano l'integrazione di tutti i fattori del settore primario per permettere a questo di raggiungere un alto grado di autonomia, in particolare riguardo la pratica dell'irrigazione: partendo dalla stima dei fabbisogni idrici necessaria per generale efficientamento della derivazione, distribuzione e applicazione della risorsa irrigua.