



IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria
Ischia Porto, 12-16 settembre 2009
memoria n. 2-14

INFLUENZA DELLE PRESTAZIONI DEGLI IMPIANTI IRRIGUI SUI VOLUMI DI ADACQUAMENTO. I RISULTATI DI UNA RICERCA TRIENNALE NELLE AREE IRRIGUE DELLA TOSCANA

G. Ghinassi¹, M. Bertolacci²

(1) Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Università degli Studi di Firenze

(2) Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università degli Studi di Pisa

SOMMARIO

Una ricerca triennale è stata condotta in quattro aree irrigue della Toscana, con l'obiettivo di definire le caratteristiche principali degli impianti presenti, il loro utilizzo e le modalità di gestione dell'irrigazione aziendale.

La valutazione dell'influenza delle prestazioni degli impianti sui volumi stagionali di adacquamento ha costituito un risultato intermedio, ottenuto con la misura in campo dell'uniformità della distribuzione irrigua in 7 impianti di irrigazione a pioggia e in 18 impianti di microirrigazione, di cui 11 su colture ortive e 7 su colture arboree.

Per gli impianti a pioggia, l'uniformità è stata valutata tramite i parametri coefficiente di uniformità (CU) e uniformità di distribuzione al minimo quarto (DUu.q.), per la microirrigazione tramite il parametro uniformità di erogazione (EU).

In base alle caratteristiche intrinseche dei diversi metodi irrigui, sono poi stati fissati dei ragionevoli obiettivi minimi di uniformità, corrispondenti ad un DUu.q.=75% per l'irrigazione a pioggia, ad una EU=90% per l'irrigazione a goccia su colture erbacee ed una EU=95% per la microirrigazione su colture arboree.

Concretizzando i suddetti obiettivi di uniformità, si possono conseguire risparmi sui volumi irrigui stagionali fino al 40% negli impianti a pioggia con irrigatore trainato, al 18% negli impianti a goccia su erbacee e al 24% in quelli microirrigui su arboree.

Per gli impianti a goccia, ulteriori risparmi di acqua sono stati stimati con l'ausilio del software Ve.Pro.L.G./s 2008, basato sulle specifiche caratteristiche di funzionamento delle linee gocciolanti misurate in laboratorio. Il software è in grado di valutare sia l'efficienza irrigua che i consumi energetici legati alle caratteristiche costruttive degli impianti.

Parole chiave: prestazioni degli impianti, uniformità di distribuzione, risparmio idrico.

1 INTRODUZIONE

La Toscana è sempre più attenta alle problematiche legate all'uso dell'acqua in agricoltura. Per questo, l'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agricolo-forestale (ARSIA) ha avviato e patrocinato una iniziativa, finalizzata a razionalizzare l'irrigazione sul territorio regionale, che è stata svolta dal progetto S.E.Agr.I.T. (Sostenibilità Economico-ambientale dell'Agricoltura Irrigua Toscana) che

ha coinvolto quattro Dipartimenti delle Università di Firenze e Pisa, gli Enti Tecnici delle Organizzazioni professionali agricole e l'Unione Regionale delle Bonifiche, l'Irrigazione e l'Ambiente della Toscana.

L'attività di ricerca è stata condotta presso un campione di 40 aziende agricole di quattro comprensori irrigui della regione (Pianura Grossetana, Val di Chiana, Val di Cornia e Val di Cecina) e ha riguardato le modalità di gestione delle risorse idriche, cercando di evidenziare le principali cause di inefficienza e fornire indicazioni utili al miglioramento dell'irrigazione.

Il percorso si è articolato in obiettivi, da raggiungere attraverso specifiche attività affidate ai vari partner in relazione alle proprie competenze.

Particolarmente rilevante sull'esito del progetto è stata la definizione, per ciascuna area, dei criteri per la composizione del campione aziendale. Si è partiti dai dati del censimento generale ISTAT sull'agricoltura del 2000, per poi integrarli con risultanze oggettive emerse da riscontri in campo. Sono state considerate la dimensione aziendale, in termini di superfici e di lavoro utilizzato, la forma di conduzione e le superfici delle diverse colture irrigate. La scelta finale era subordinata alla disponibilità degli agricoltori a collaborare con i tecnici nelle attività di rilevazione, che sono state di tipo questionario e strumentale. In questo modo si sono create le condizioni per il raggiungimento degli obiettivi di progetto che prevedevano:

- l'acquisizione di dati sui prelievi idrici aziendali per uso irriguo;
- la valutazione dei prelievi idrici per uso irriguo e il confronto con i fabbisogni colturali;
- i consumi irrigui ed energetici stagionali per coltura e area di indagine;
- la determinazione delle cause di inefficienza e la proposta di strategie innovative;
- la valutazione tecnico economica delle pratiche adottate in azienda;
- la divulgazione.

Il percorso prevedeva misure di verifica sugli impianti a pioggia e goccia, per questi ultimi supportate da un applicativo che aveva il triplice scopo di verificare i dati rilevati in campo, valutare le scelte aziendali sul piano costruttivo e operativo e suggerire eventuali modifiche migliorative in termini di consumo di acqua ed energia.

L'analisi complessiva delle rilevazioni fatte, che ha costituito un risultato intermedio del progetto, ha consentito di quantificare l'influenza delle prestazioni degli impianti irrigui sui volumi stagionali di adacquamento.

2 MATERIALI E METODI

Le componenti degli impianti presenti nelle aziende agricole indagate, sono state singolarmente caratterizzate attraverso prove di laboratorio e valutate in campo, nelle condizioni ordinarie di funzionamento, tramite misure dell'uniformità della distribuzione irrigua.

E' stato verificato il funzionamento di 7 impianti a pioggia e 18 impianti microirrigui, di cui 11 su colture ortive e 7 su colture arboree.

Per gli impianti a pioggia, l'uniformità è stata valutata tramite i parametri *coefficiente di uniformità* (CU) di Christiansen (Christiansen, 1941) e *uniformità di distribuzione al minimo quarto* (DUu.q.) (Pereira, 1997), per la microirrigazione tramite il parametro *uniformità di erogazione* (EU) (Keller & Karmeli, 1975).

In base alle caratteristiche intrinseche dei diversi metodi irrigui, sono stati fissati dei

valori-obiettivo di uniformità, stabiliti in base al tipo di impianto, all'organizzazione aziendale e agli ordinamenti colturali. Tali valori, considerati ragionevoli obiettivi minimi, sono stati quindi posti pari ad un DUu.q =75% per l'irrigazione a pioggia, ad una EU=90% per l'irrigazione a goccia su colture erbacee ed EU=95% per la microirrigazione su colture arboree.

I suddetti obiettivi sono stati confrontati con i valori di uniformità misurati in campo e, successivamente, calcolati i risparmi conseguibili facendo funzionare gli impianti nelle auspiccate modalità obiettivo.

Nelle condizioni in cui si sono registrate le maggiori carenze, l'indagine è proseguita fino ad individuarne le cause e definire gli opportuni interventi migliorativi.

Muovendo dalle condizioni morfologiche e colturali degli appezzamenti serviti dagli impianti a goccia, si sono ricostruite le condizioni di funzionamento degli stessi impianti tramite il software Ve.Pro.L.G./s 2008 (Bertolacci et al., 2008). Dal confronto con i valori calcolati dal software, relativi all'impianto nel suo complesso, si è potuta verificare sia la bontà dei dati misurati in campo, sia le scelte progettuali e gestionali dell'azienda.

Nel caso di impianti carenti, il software, che è basato sulle caratteristiche funzionali specifiche di un ampio numero di modelli di linee gocciolanti caratterizzate dal Laboratorio Nazionale dell'Irrigazione (LNI), è stato utilizzato per riprogettarli, migliorandone il funzionamento in termini di efficienza irrigua ed energetica fino a valori anche superiori a quelli proposti.

3 RISULTATI DEI RILIEVI IN CAMPO SUGLI IMPIANTI A PIOGGIA

Per l'irrigazione a pioggia si sono esaminati quattro impianti con irrigatore trainato (*rotolone*), una barra con due ugelli ad alta portata, un center pivot ed un impianto fisso soprachioma. La Tabella 1 riporta i valori dei CU e DUu.q., le altezze di pioggia media, massima e minima e le percentuali di superficie irrigata che ricevevano meno dell'80% e più del 120% dell'altezza media distribuita. Evidentemente, il complemento a 100 della somma dei due valori rappresenta la percentuale di superficie che riceveva altezze comprese tra l'80% e il 120% rispetto alla media.

Tipologia	Indici		Pluviometria (mm)			Superficie irrigata con	
	CU %	DU %	h_{media} (mm)	h_{max} (mm)	h_{min} (mm)	$H < 0.8h_{media}$ (%)	$H > 1.2h_{media}$ (%)
Rotolone con irrigatore	72.8	55.4	25.1	50.0	5.5	28.6	23.2
Rotolone con barra-2 ugelli <i>Olivo sottochioma</i>	64.7	54.6	65.8	165.5	21.0	37.5	25.0
Rotolone con irrigatore	56.5	30.7	19.1	36.0	2.5	35.7	50.0
Rotolone con irrigatore	71.0	58.5	22.3	37.5	8.5	39.3	30.4
Rotolone con irrigatore	75.9	68.4	27.4	53.0	10.0	30.9	25.5
Center pivot	82.4	75.4	16.2	29.5	6.0	12.7	18.7
Impianto fisso <i>Pesco soprachioma</i>	76.9	63.6	30.5	53.0	12.0	24.3	20.0

Tabella 1. Prestazioni rilevate in campo su impianti di irrigazione a pioggia.

Tenuto conto del significato comparativo degli indici CU e DUu.q., le migliori prestazioni si sono avute con il center pivot, sia come valore assoluto degli indici, sia in termini di omogeneità della pluviometria e di ampiezza della superficie irrigata con altezze d'acqua comprese tra l'80% e il 120% dell'altezza media distribuita (68.6%).

Tra i rotoloni (Figura 1), una macchina era configurata (irrigatore/boccaglio) per appezzamenti di larghezza maggiore di quello esaminato, per cui l'operatore si è limitato ad agire sul rompigetto per ridurre la gittata, risultando in bassi valori degli indici CU e DUu.q. (56.5% e 30.7% rispettivamente) e della percentuale di appezzamento irrigata con altezze comprese tra l'80% e il 120% della media (14.3%).

Per le altre macchine, la media dei CU è stata del 73.2% e quella dei DUu.q. del 60.7%, con il 40.7% della superficie irrigata con altezze di pioggia comprese tra l'80% e il 120% della media, prestazioni da ritenersi rappresentative per le tipologie di rotolone presenti sul territorio toscano.



Figura 1. Rilievo dell'uniformità in campo su rotolone.

Le prestazioni dell'impianto fisso soprachioma, con irrigatori a 3.5 m di altezza, sono da considerare più che soddisfacenti, sia per i valori degli indici, sia per la percentuale di superficie che riceve altezze di pioggia intorno alla media ($\pm 20\%$).

Discorso a parte merita il rotolone con barra a due ugelli (Figura 2), utilizzato per interventi di soccorso sottochioma in oliveto. Nonostante i modesti valori degli indici CU e DU, l'efficacia agronomica delle irrigazioni effettuate con questa macchina è risultata comunque elevata.



Figura 2. Barra per irrigazione di soccorso sottochioma su oliveto inerbito.

Le prestazioni di impianti a micropioggia sono state rilevate su tre appezzamenti (Tabella 2). Su due di essi (A e B) in condizioni di normale funzionamento, nel terzo con sensibile ventosità.

Tipologia	Indici		Pluviometria (mm)			Superficie irrigata con	
	CU %	DU %	h_{media} (mm)	h_{max} (mm)	h_{min} (mm)	$H < 0.8h_{media}$ (%)	$H > 1.2h_{media}$ (%)
Micropioggia Appezzamento A	84.8	73.6	4.5	5.7	2.8	16.5	12.9
Micropioggia Appezzamento B	84.6	75.9	4.9	9.3	2.4	12.5	9.4
Micropioggia in condizione di sensibile ventosità	63.4	55.4	2.6	5.6	1.1	45.6	28.1

Tabella 2. Prestazioni rilevate in campo su impianti di irrigazione a micropioggia.

Nei casi A e B, i valori degli indici sono più che buoni, come pure la distribuzione che dava circa il 75% di superficie irrigata con altezze di pioggia intorno alla media (Figura 3). La micropioggia si dimostra altresì molto sensibile alla ventosità, che nell'area di indagine era minima nelle ore notturne.



Figura 3. Allestimento della prova di uniformità su impianto a pioggia con microirrigatori.

I volumi stagionali risparmiabili con ciascun impianto, irrigando con $DUu.q.=75\%$, sono illustrati nel grafico di Figura 4. Per i rotoloni, nelle condizioni di prova il risparmio conseguibile è risultato pari al 40%.

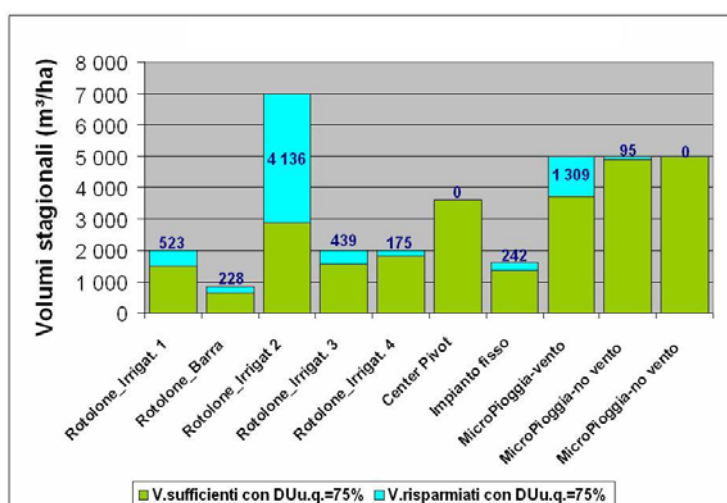


Figura 4. Volumi stagionali risparmiabili negli impianti a pioggia con $DUu.q.<75\%$.

4 RISULTATI DEI RILIEVI IN CAMPO SUGLI IMPIANTI A GOCCIA

Nelle aree di indagine, l'irrigazione su colture ortive era fatta in gran parte con metodo a goccia. Le prestazioni in campo, valutate su undici impianti, sono sintetizzate nel grafico di Figura 5, che riporta in ordinate il parametro EU, esplicitato in ciascun

istogramma.

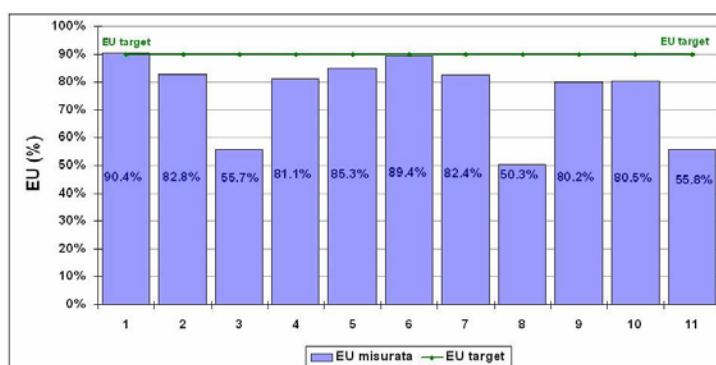


Figura 5. Valori del parametro EU misurati in undici impianti a goccia su colture ortive.

I valori riscontrati nella maggior parte degli impianti sono da considerare generalmente soddisfacenti e potenzialmente idonei a conseguire buoni livelli di efficienza complessiva. Nel caso di raggiungimento del target di EU=90%, il volume stagionale di acqua di irrigazione risparmiabile è pari al 18%, come illustrato nel grafico di Figura 6.

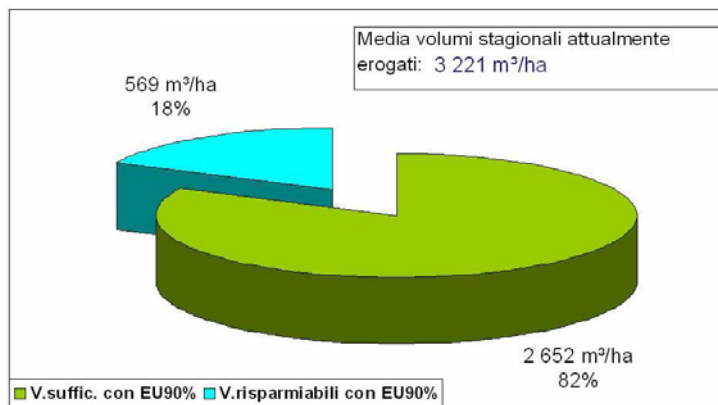


Figura 6. Valori risparmiabili portando l'EU in campo al target del 90%.

4.1 Uso del software Ve.Pro.L.G./s 2008 per la valutazione dei risultati

La ricostruzione del funzionamento tramite il software Ve.Pro.L.G./s 2008 ha dimostrato che la maggior parte degli impianti era correttamente progettata, mostrando altresì che le prestazioni insoddisfacenti erano dovute a cattive condizioni di funzionamento e manutenzione degli impianti stessi. La sintesi delle elaborazioni effettuate con l'ausilio del software, riportata nel grafico di Figura 7, mostra come la sola diligente gestione degli impianti possa permettere un risparmio sui volumi stagionali pari al 16%.

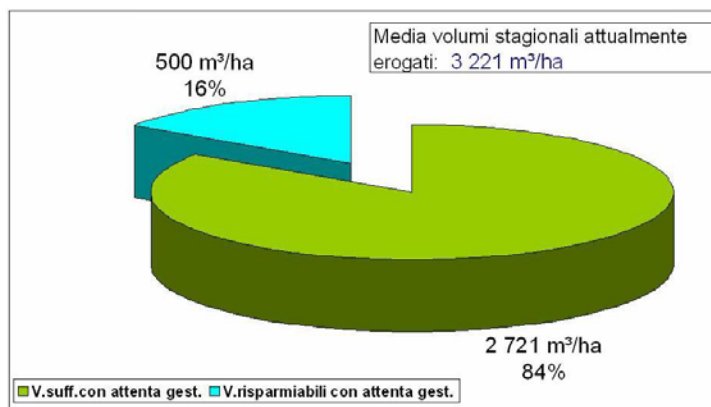


Figura 7. Valori risparmiabili con una diligente gestione degli impianti.

Nei sette impianti su arboree, per i quali si è assunto un EU target del 95%, i risultati dei rilievi e delle simulazioni con il software hanno mostrato un'eccellente efficienza intrinseca, penalizzata da condizioni di manutenzione e funzionamento non adeguate. Rispetto al valore obiettivo, la diligente gestione dell'impianto consentirebbe un risparmio del 24% sui volumi stagionali, con solo il 2% risparmiabile con una progettazione assistita (Figura 8).

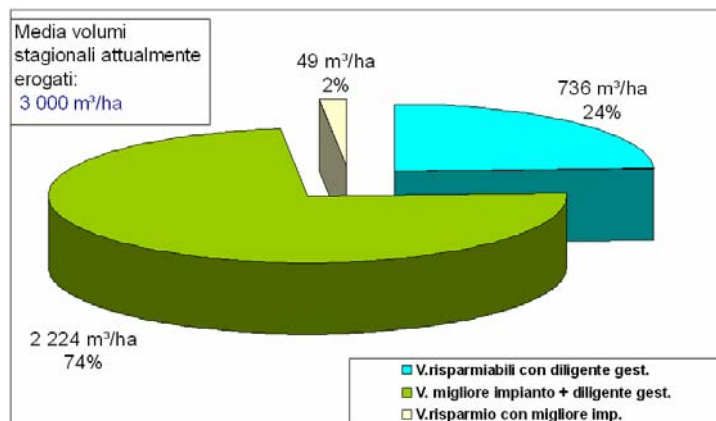


Figura 8. Valori risparmiabili con diligente gestione degli impianti e migliore progettazione.

5 CONCLUSIONI

I risultati dei rilievi sugli impianti a pioggia hanno mostrato buoni valori di uniformità di distribuzione per la micropioggia in assenza di vento, il soprachioma e il center pivot. Le prestazioni dei rotoloni sono state condizionate dal fatto che queste macchine sono state introdotte nelle aziende per soddisfare specifiche esigenze di ordinamenti culturali diversi dagli attuali, più che dalla relativa obsolescenza tecnologica. Più in generale, si è verificato come l'età delle attrezzature, a volte anche superiore ai 20 anni, non incida significativamente sulle prestazioni, come dimostrato

anche da altri impianti, fissi e stanziali, non descritti nel presente lavoro.

Le prestazioni degli impianti microirrigui sono risultate generalmente buone, a testimoniare un adeguato livello di progettazione e realizzazione. Gli scostamenti dai valori target sono attribuibili alla scarsa attenzione verso la loro gestione e manutenzione.

In termini di efficienza complessiva dell'irrigazione, i risultati dei tre anni di rilievi nelle principali aree irrigue della Toscana hanno mostrato come l'elemento più rilevante negli sprechi di acqua non sia il funzionamento degli impianti, ma le modalità di gestione dell'irrigazione in uso presso le aziende.

Ringraziamenti. Gli autori ringraziano i partner che hanno lavorato al progetto S.E.Agr.I.T. (Sostenibilità Economico-ambientale dell'Agricoltura Irrigua Toscana), le aziende agricole che hanno collaborato alla sua riuscita e l'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agricolo-forestale (ARSIA) che lo ha promosso e cofinanziato.

BIBLIOGRAFIA

- Bertolacci M., Solinas I. & Buggiani M. Software Ve.Pro.L.G. s 2008 Verifica e progettazione di linee gocciolanti e di settori d'impianto, per il risparmio di acqua e di energia, 2008, ARSIA Toscana (Ambiente, Risorse idriche) <http://risorseidriche.arsia.toscana.it/>
- Christiansen, J. E. The uniformity of application of water by sprinkler systems, *Agricultural Engineering*, 1941, 22(3), 89-92.
- Keller J. & Karmely D. Trickle irrigation design. Rainbird, Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975, Glendora, California, USA.
- Pereira, L. S. Improvement of irrigation performances, a combination of water application and irrigation scheduling practices, Workshop on the use of water in sustainable agriculture, ETSIA, University of Castilla-La Mancha, 2-4 June, 1997, Albacete, Spain.