

POTENZIALE RISPARMIO IDRICO DERIVANTE DA INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICO-AGRARIA DI APPEZZAMENTI IRRIGATI CON TECNICA PER SCORRIMENTO SUPERFICIALE

Fabiola Gangi¹, Carmelina Costanzo², Pierfranco Costabile², Giuseppe Argirò¹, Claudio Gandolfi¹ & Daniele Masseroni¹

(1) Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali (DiSAA), Università degli studi di Milano, via G. Celoria 2, 20133, Milano (MI), Italia; (2) Dipartimento di Ingegneria Ambientale, Università della Calabria, via P. Bucci 45B, 87036, Rende (CS), Italia;

ASPETTI CHIAVE

- La corretta sistemazione idraulico-agraria degli appezzamenti coltivati consente di rendere più efficienti gli adacquamenti condotti con il metodo dello scorrimento superficiale;
- La modellazione bidimensionale del fronte di spagliamento aiuta a stabilire il corretto proporzionamento dei settori irrigati e l'operatività degli adacquamenti anche laddove le geometrie degli appezzamenti sono complesse;
- Se gli appezzamenti sono correttamente sistemati, i risparmi idrici possono essere molto significativi (nel caso di studio si arriva fino al 47%).

INTRODUZIONE

L'irrigazione per scorrimento superficiale è uno dei metodi più antichi e diffusi al mondo per irrigare le colture a filari. Circa il 90% dell'area irrigata su scala mondiale, utilizza tecniche di irrigazione per scorrimento superficiale (Singh & Su, 2022). In Italia, la pratica dell'irrigazione per scorrimento è ampiamente utilizzata in Pianura Padana, soprattutto per l'irrigazione dei prati e del mais. Le caratteristiche tecniche e le modalità operative degli adacquamenti condotti con questa pratica si basano su larga misura sull'esperienza degli agricoltori e su una spesso errata percezione della disponibilità di risorse idriche.

L'impatto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità e qualità delle risorse idriche richiede un cambiamento di paradigma nell'approccio delle irrigazioni condotte con tale tecnica. Nuove strategie di gestione, supportate da tecnologie digitali, controlli automatici e migliori pratiche, sono necessarie per aumentare l'efficienza dei singoli adacquamenti al campo, le rese e la loro sostenibilità ambientale (Masseroni et al. 2021).

Un aumento delle efficienze degli adacquamenti con tecnica per scorrimento superficiale (e con essa una riduzione dei volumi d'acqua utilizzati per singolo intervento) è reso possibile se un controllo accurato delle portate e ancor più dei tempi di adacquamento è attuato da parte degli agricoltori (Masseroni et al. 2024). Parimenti, risulta essere cruciale intervenire sulle sistemazioni del terreno prima dell'inizio della stagione agraria tentando di avere un controllo anche sugli aspetti microtopografici (Gangi et al. 2023).

Questo studio analizza, su un caso studio reale, il potenziale risparmio idrico che si può ottenere da una corretta sistemazione di un appezzamento irrigato con tecnica per scorrimento superficiale.

MATERIALI E METODI

1.1 Caso di studio

Il campo sperimentale è localizzato nel comune di Volta Mantovana (MN) e si trova all'interno del distretto irriguo di Ponte Trento (Masseroni et al., 2021). Nel 2023 una massiccia campagna di misura delle portate e dei tempi di adacquamento dei singoli interventi irrigui su tutti gli appezzamenti del distretto ha messo in evidenza che l'uniformità di distribuzione dell'acqua in alcuni campi era raggiunta solo se questi ultimi venivano adacquati con tempi che superavano di gran lunga (fino a 2 volte) la dotazione nominale prevista per le superfici del distretto (ovvero circa 52 min/ha) a parità di portata fornita per l'adacquamento del singolo campo (che è circa 360 l/s). Su uno di questi si è concentrata l'analisi del nostro lavoro che ha voluto mettere in luce la relazione che insiste tra la sistemazione idraulico-agraria dell'appezzamento e i volumi di adacquamento richiesti per irrigare correttamente il campo.

Nella fattispecie il campo sperimentale (Figura 1) ha una superficie irregolare di 2.1 ha, è coltivato a mais e, attualmente, non presenta una suddivisione in settori irrigui (separati da arginelli) che, come da buone pratiche (Masseroni et al. 2023), faciliterebbero il flusso dell'acqua fino alla sua estremità. Il campo è irrigato tramite quattro bocchette (A, B, C e D in Figura 1) che vengono aperte in sequenza (prima la C, poi la B, poi la D ed infine la A) durante l'intervento di adacquamento. Complessivamente il campo è irrigato in 245 min (ovvero circa 116 min/ha, più di 2 volte la dotazione nominale).

La microtopografia è stata rilevata tramite un volo fotogrammetrico con un drone DJI Mavic 2 Pro montato su una fotocamera Hasselblad L1D-20c e relativo sensore CMOS da 20MPx 1". Le immagini acquisite sono state elaborate utilizzando Agisoft Metashape (versione 1.7.0) software fotogrammetrico, ottenendo un modello digitale del terreno (DTM) con una risoluzione al suolo di 3,17 cm e un'accuratezza plano-altimetrica dell'ordine del centimetro.

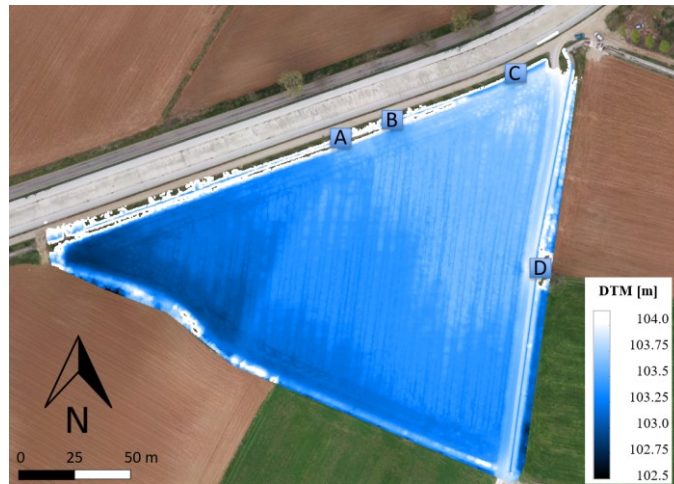


Figura 1. DTM del campo oggetto di studio. I quadrati azzurri identificano le bocchette di immissione dell'acqua al campo.

1.2 Il modello bidimensionale IrriSurf2D

La simulazione del processo di spagliamento dell'acqua sul campo è stata condotta utilizzando un approccio basato sul framework di modellazione bidimensionale IrriSurf2D (Costabile et al. 2023).

IrriSurf2D è un modello basato sulle equazioni complete del moto vario per correnti a superficie libera (SWEs) che in forma conservativa e bidimensionale si possono scrivere come:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} = S \quad (1)$$

dove:

$$U = \begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \end{pmatrix}; f = \begin{pmatrix} hu \\ hu^2 + \frac{gh^2}{2} \\ huv \end{pmatrix}; g = \begin{pmatrix} hv \\ huv \\ hv^2 + \frac{gh^2}{2} \end{pmatrix}; S = \begin{pmatrix} R - f \\ gh(S_{0x} - S_{fx}) \\ gh(S_{0y} - S_{fy}) \end{pmatrix} \quad (2-5)$$

in cui t è tempo; x, y sono le coordinate orizzontali; h è la profondità dell'acqua; u, v è la velocità di flusso mediata in profondità nelle direzioni x e y ; g è l'accelerazione gravitazionale; S_{0x}, S_{0y} sono le pendenze del letto in direzione x e in direzione y ; S_{fx}, S_{fy} sono i termini di scabrezza in direzione x e in direzione y ; R è l'intensità della pioggia e f è il tasso di infiltrazione. IrriSurf2D applica lo schema di Roe ai volumi finiti per risolvere le equazioni (2-5). Questo solutore è accurato al primo ordine sia nel tempo che nello spazio per il calcolo dei flussi numerici. Il modello integra un approccio upwind per discretizzare le variazioni del fondo e utilizza un trattamento semi-implicito per il termine di scabrezza. Inoltre, per garantire la stabilità del modello, IrriSurf2D stima i passi temporali in base alla condizione di Courant-Friedrichs-Lewy. Il dominio di calcolo è

generato attraverso una griglia non strutturata composta da elementi triangolari irregolari (TIN) generata tramite interpolazioni dal DTM. Per ottimizzare i tempi di calcolo, il modello è eseguito su un sistema HPC (High-Performance Computing), sfruttando le direttive MPI (Message Passing Interface) per l'elaborazione del calcolo in parallelo.

Il modello IrriSurf2D è accoppiato ad un modello semplificato del processo di infiltrazione, quest'ultimo simulato mediante un approccio alla Green-Ampt (Green e Ampt 1911):

$$F(t) = K_s t + \psi \Delta \theta \ln \left(1 + \frac{F(t)}{\psi \Delta \theta} \right) \quad (6)$$

dove F rappresenta la quantità cumulativa di acqua infiltrata, K_s è la conducibilità del profilo saturo, $\Delta \theta$ è la differenza tra la porosità del terreno e il contenuto volumetrico di acqua nel suolo esplorato dalle radici prima dell'intervento irriguo. ψ è la suzione del terreno all'interfaccia tra lo strato di terreno umido e il terreno asciutto sottostante.

La scelta della formula di Green-Ampt è stata motivata (i) dalla sua affinità con il reale processo infiltrativo (dove domina la componente verticale su quella orizzontale a seguito delle ridotte velocità di traslocazione dell'acqua lungo la direzione longitudinale), (ii) dalla sua semplicità di implementazione, (iii) dall'efficienza di calcolo e (iv) dalla possibilità di relazionare il processo di spagliamento alla condizione antecedente di umidità del terreno.

RISULTATI

Dapprima è stata condotta una calibrazione del modello idrodinamico sulla base delle superfici del campo realmente bagnate da ciascuna bocchetta. Per fare ciò l'agricoltore ha schematizzato le aree servite da ciascuna bocchetta con i relativi tempi di adacquamento (Figura 2 sx). Sulla base di questo schema si è eseguita una taratura sommaria dei parametri di scabrezza e di infiltrazione del modello idrodinamico, con l'obiettivo di riprodurre sul dominio di studio lo schema di spagliamento tracciato dall'agricoltore.

La Figura 2 dx mostra le superfici bagnate dopo la procedura di calibrazione e il confronto con lo schema prodotto dall'agricoltore.

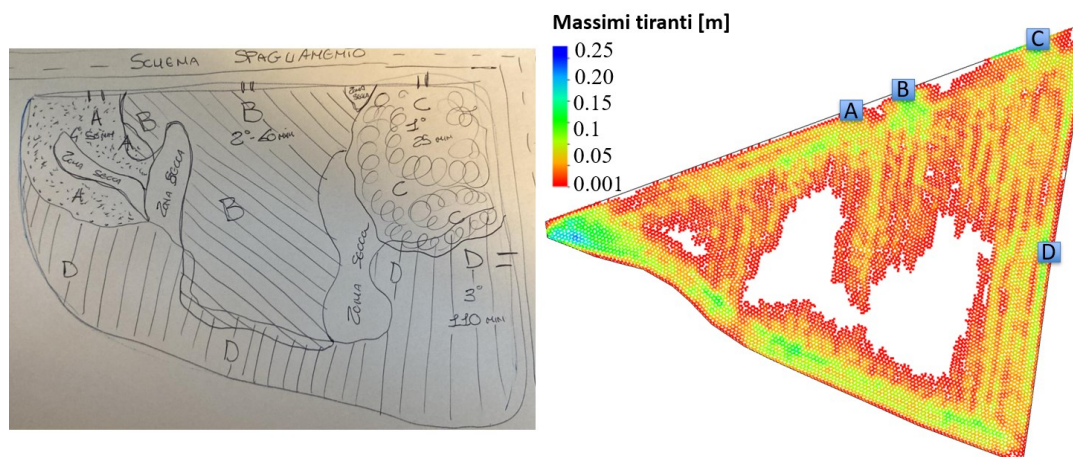


Figura 2. A sx lo schema di spagliamento osservato dall'agricoltore durante gli interventi irrigui. Nello schema sono riportate le aree servite da ciascuna bocchetta e i relativi tempi di adacquamento. A dx i risultati della calibrazione del modello idrodinamico espressi in termini di massimi tiranti idrici.

Al fine di ottimizzare la durata degli interventi irrigui, riducendone così i volumi di somministrazione, insieme all'agricoltore è stata esplorata la possibilità di migliorare la sistemazione agraria del dell'appezzamento seguendo le buone pratiche, ovvero suddividendolo opportunamente in settori irrigui separati da arginelli. Nella fattispecie, la nuova sistemazione studiata insieme all'agricoltore ha previsto l'introduzione di tre arginelli che separano il campo in quattro distinti settori irrigati (la nuova suddivisione è mostrata in Figura 3). La nuova sistemazione ha previsto inoltre di inserire un partitore in corrispondenza della

bocchetta C in modo che da un'unica bocchetta si possa servire prima il settore 1 poi il settore 2.

Sulla base di questa nuova configurazione si è ipotizzata in prima approssimazione una riduzione dei tempi di adacquamento di circa il 47%. Pertanto, la nuova sequenza irrigua è stata impostata come segue: D (30 min) - C1 (40 min) - C2 (20 min) - B (10 min) e A (15 min).

I risultati riportati in Figura 3 evidenziano che la nuova sistemazione consente di incrementare l'uniformità di distribuzione dell'acqua sull'appezzamento (riducendo le aree non bagnate) e i nuovi tempi di adacquamento consentono ugualmente di soddisfare il fabbisogno sulla quasi totalità della superficie del campo.

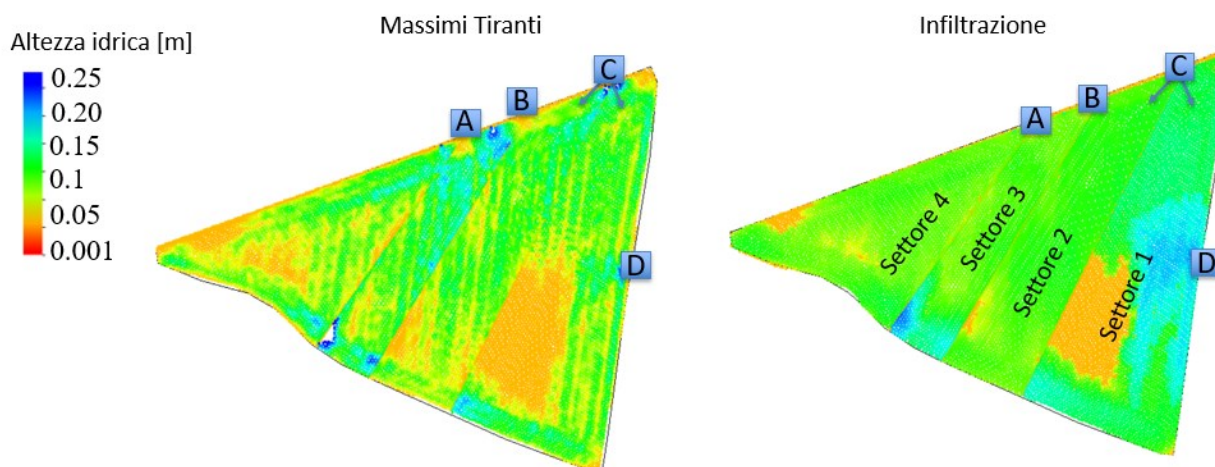


Figura 3. Risultati della simulazione con il modello IrriSurf2D post sistemazione agraria. In figura sono rappresentati i massimi tiranti idrici (a sx) e l'infiltrazione cumulata (a dx).

CONCLUSIONI

Sebbene i risultati mostrati in questa memoria siano da considerare ancora preliminari, e le elaborazioni soggette ad alcune semplificazioni che saranno meglio perfezionate nei futuri esperimenti modellistici (es. la verifica dei tiranti con opportune misurazioni di campo e la verifica del volume infiltrato rispetto ad un'altezza target di soddisfacimento dei fabbisogni), appare tangibile come un risparmio idrico significativo (fino ad un 47% nel caso di studio) possa essere facilmente raggiunto se il campo viene correttamente sistemato prima dell'inizio della stagione irrigua seguendo le buone pratiche riportate nei numerosi manuali che descrivono la teoria e la pratica delle irrigazioni per scorrimento superficiale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Costabile, P., Costanzo, C., Gangi, F., De Gaetani, C. I., Rossi, L., Gandolfi, C., & Masseroni, D. High-resolution 2D modelling for simulating and improving the management of border irrigation. *Agricultural Water Management*, 2023, 275, 108042.
- Gangi, F., Carmelina, C., Pierfranco, C., Lorenzo, R., Gandolfi, C., & Masseroni, D. (2023). Effect of land preparation on border irrigation performance. *ECPA (European Conference of Precision Agriculture)*. Bologna 2-6 July 2023
- Green, W. H., & Ampt, G. A. Studies on Soil Physics. *The Journal of Agricultural Science*, 1911, 4(1), 1-24.
- Masseroni, D., Camici, S., Cislighi, A., Vacchiano, G., Massari, C., & Brocca, L. The 63-year changes in annual streamflow volumes across Europe with a focus on the Mediterranean basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2021, 25(10), 5589-5601.
- Masseroni, D., Castagna, A., & Gandolfi, C. Evaluating the performances of a flexible mechanism of water diversion: application on a northern Italy gravity-driven irrigation channel. *Irrigation Science*, 2021, 39, 363-373.
- Masseroni, D., Gangi, F., Gandolfi, C., Costanzo, C., & Costabile, P. Come gestire al meglio l'irrigazione per scorrimento. *L'informatore Agrario*. 2023. 12/2023.
- Masseroni, D., Gangi, F., Gandolfi, C., Gallo, A., & Ghilardelli, F. Risparmio idrico con l'irrigazione per scorrimento flessibile. *L'informatore Agrario*. 2024. 1/2024.
- Singh, V. P., & Su, Q. *Irrigation Engineering: Principles, Processes, Procedures, Design, and Management*. Cambridge University Press. 2022.