

MODELLAZIONE NUMERICA PER LA GESTIONE DEI CANALI DI BONIFICA DEL COMPARTO IDRAULICO SAVARNA-SANT'ALBERTO-MANDRIOLE (RAVENNA)

Sara Simona Cipolla^{1}, Marco Maglionico², Filippo Serra² & Matteo Venturi²*

(1) Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale in Edilizia e Costruzioni, Università di Bologna (Bologna)

(2) Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica Ambientale e dei materiali, Università di Bologna (Bologna)

**email: sara.cipolla@unibo.it*

ASPETTI CHIAVE

- *Lo studio propone la modellazione numerica quali/quantitativa di una rete di canali.*
- *Il modello è in grado di rappresentare il funzionamento in regime irriguo e di scolo.*
- *Il sistema di monitoraggio in fase di installazione consentirà la calibrazione e validazione del modello.*

1. INTRODUZIONE

L'agricoltura è responsabile di circa il 70% del consumo mondiale di acqua dolce. Ottimizzare i consumi idrici di tale settore offre alcune delle migliori opportunità per ridurre gli sprechi, migliorare la produttività e ridurre la povertà (WWAP, 2015). La maggior parte dei terreni agricoli irrigui non raggiunge pienamente il proprio obiettivo di produzione a causa della bassa efficienza delle tecnologie utilizzate (Afrasiabikia et al., 2017), per questo motivo l'efficientamento del settore irriguo ha assunto un ruolo cardine in Italia (Canone et al., 2015) come in tutte le aree del Mediterraneo (Iglesias et al., 2007; Levidow et al., 2014). Il progetto Smart Water and Soil Salinity Management in Agro-Wetlands (LIFE15 ENV/IT/000423) finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma LIFE 2014-2020, si inserisce all'interno di questo contesto proponendo un sistema "intelligente" per la gestione dell'irrigazione, basato sull'approccio sito-specifico dell'agricoltura di precisione, in aree agricole mediterranee a falda superficiale e con problemi di salinizzazione del suolo (www.lifeagrowetlands2.eu). Nell'ambito di tale progetto il presente studio si pone l'obiettivo di presentare la versione preliminare di un modello numerico quali/quantitativo in grado di simulare il funzionamento della rete in regime irriguo e di scolo. La modellazione numerica del sistema è stata effettuata mediante l'utilizzo del codice di calcolo EPA SWMM (Rossman and Huber, 2016), ampiamente utilizzato per analizzare gli aspetti quali/quantitativi delle reti di drenaggio urbano e recentemente utilizzato per modellare anche i canali di irrigazione (Kim et al., 2016).

2. MATERIALI E METODI

L'area di studio (Fig.1) è situata nella parte settentrionale del comune di Ravenna in prossimità della costa adriatica, tra il fiume Reno e il fiume Lamone. Costituisce la quasi totalità del comparto idraulico "Savarna-Sant'Alberto-Mandriole" in gestione al Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale. Comprende circa 60 km² di territori rurali ed agricoli di significativo rilievo paesaggistico, nonché zone umide, salmastre e non, soggette a protezione speciale per il particolare ecosistema che vi ospitano. Dal punto di vista altimetrico tutto il territorio, oggetto di bonifica idraulica all'inizio del secolo scorso, si trova in prossimità o al di sotto del livello del mare. Il drenaggio è quindi effettuato quasi unicamente per via meccanica mediante due impianti idrovori che garantiscono il mantenimento del franco di coltivazione. I circa 69 km di canali costituenti la rete (Fig. 1) possiedono in generale una funzione primaria di scolo, per il mantenimento della sicurezza idraulica ed una accessoria di irrigazione. Il Canale di Bonifica in Destra di Reno (CDR), che percorre l'area di studio in senso est-ovest parallelamente al fiume Reno, è l'unico canale del comparto che scarica a gravità verso il mare Adriatico e risulta arginato su entrambe le sponde lungo tutta la sua estensione. Divide l'area in due bacini di drenaggio indipendenti denominati Primo Bacino Mandriole (1BM) a nord e Secondo Bacino Casalborsetti (2BC) a sud (Fig. 1a). Tali bacini scolano meccanicamente nel CDR attraverso altrettanti impianti idrovori le cui principali caratteristiche sono riportate in tabella 1. Gli impianti di regimazione indicati in Fig.1 sono la traversa di Volta Scirocco sul fiume Reno e il Ponte Chiavica sul CDR che ha una funzione principale

di chiavica emissaria per la regimazione delle acque del CDR, regolando le quote del pelo libero a monte e a valle di essa in relazione all'andamento delle maree e dei tiranti minimi necessari per il prelievo irriguo ed impedendo la risalita dell'acqua salmastra.

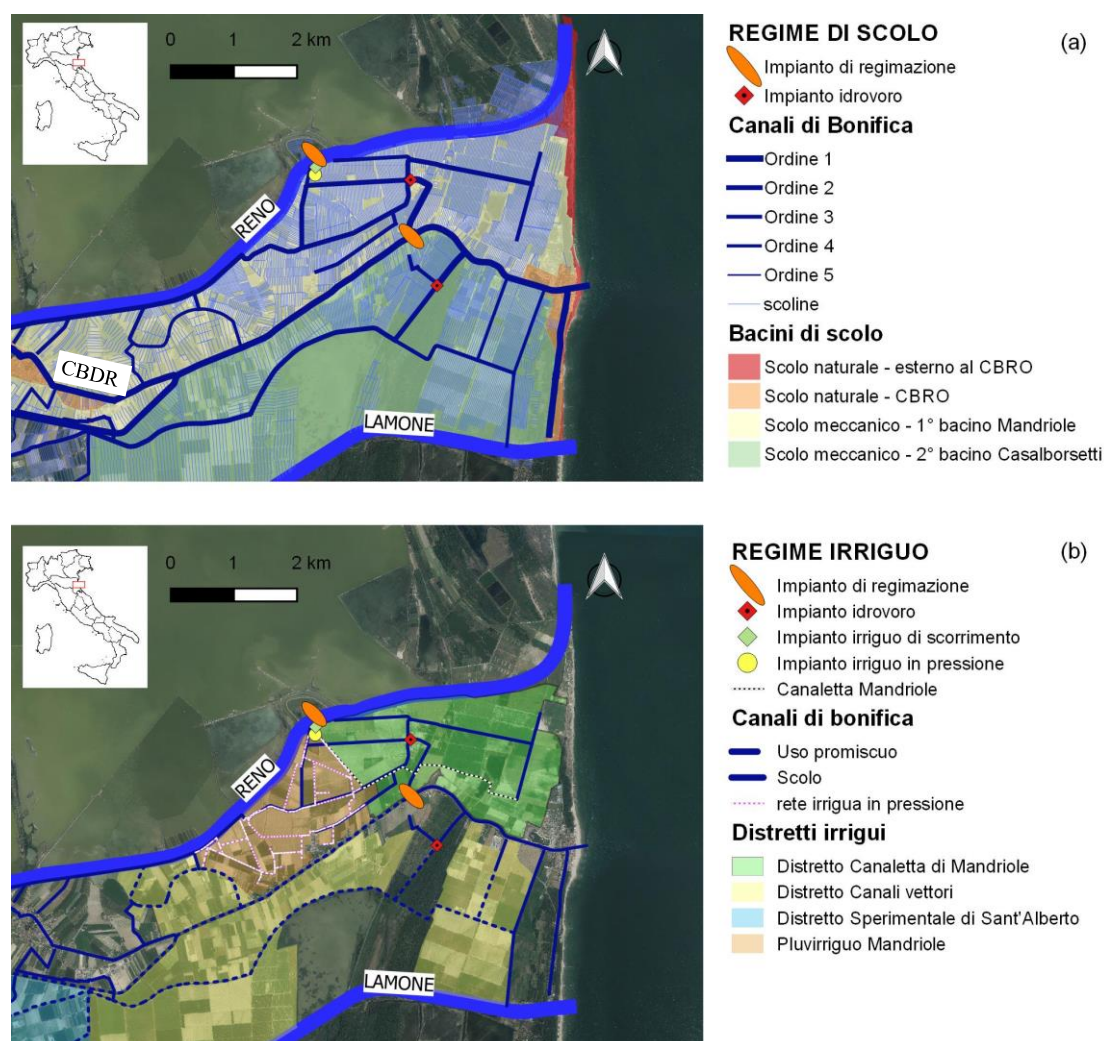


Figura 1. Area di studio: nel pannello (a) è riportato l'assetto della rete in regime di scolo, in particolare sono evidenziati i canali di bonifica con spessore crescente in funzione dell'ordine, i principali bacini di scolo, la localizzazione degli impianti idrovori e le opere di regimazione; il pannello (b) illustra l'assetto della rete in regime irriguo, in particolare si sono distinti i canali di bonifica con uso di scolo da quelli ad uso promiscuo (canali vettori), i distretti irrigui, la rete tubata in pressione del distretto pluvirriguo Mandriole, la canaletta Mandriole che alimenta a gravità con acqua derivante dal fiume Reno il relativo distretto irriguo.

Nome Impianto	Area drenata [km ²]	Prevalenza [m]	Portata [l/s]
Primo Bacino Mandriole (1BM)	18,99	4.35	6000
Secondo Bacino Casalborsetti (2BC)	47,38	2.96	865

Tabella 1. Caratteristiche degli impianti idrovori presenti nell'area di studio.

Nome Comparto irriguo	Area irrigata [km ²]	Tipo distribuzione
C.E.R. – canali vettori	18,55	Gravità
Canaletta di Mandriole	7,93	Gravità
Pluvirriguo Mandriole	4,67	Tubata in pressione

Tabella 2. Caratteristiche dei comparti irrigui presenti nell'area di studio.

L'attività irrigua, che deve sopperire a un'agricoltura particolarmente idroesigente, inizia generalmente nel

mese di marzo e termina nel mese di ottobre-novembre. La derivazione per uso irriguo è eseguita sulle acque del fiume Reno, in corrispondenza della traversa di Volta Scirocco e nel CDR mentre la distribuzione viene svolta tramite alimentazione diretta a gravità dei canali ad uso promiscuo della rete consortile, tramite impianti irrigui di scorrimento (sempre a gravità) e tramite condotte in pressione (Fig. 1b). L'area è suddivisa in 3 distretti irrigui le cui principali proprietà sono riassunte in tabella 2.

Nel periodo 01/12/2016-01/10/2017 l'area di studio è stata oggetto di un dettagliato campionamento ambientale volto alla mappatura della salinità dell'acqua transitante nei canali durante il ciclo idrologico annuale e alla misura dei livelli e delle portate. Le misure di conducibilità elettrica (EC) sono state effettuate in 31 siti durante la stagione irrigua e quella invernale e i dati risultanti sono stati organizzati in 4 classi (0-0.5; 0.5-1.5; 1.5-4; >4 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Quando il valore di EC è inferiore a 1.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ l'acqua ha una qualità idonea all'irrigazione, quando il valore di EC è nel range 1.5-4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ l'acqua può essere utilizzata ai fini irrigui ma è necessario effettuare delle valutazioni sulle colture, sui suoli e sul sistema di drenaggio. Quando il valore di EC eccede 4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ l'acqua non è idonea all'irrigazione (Rhoades et al., 1992).

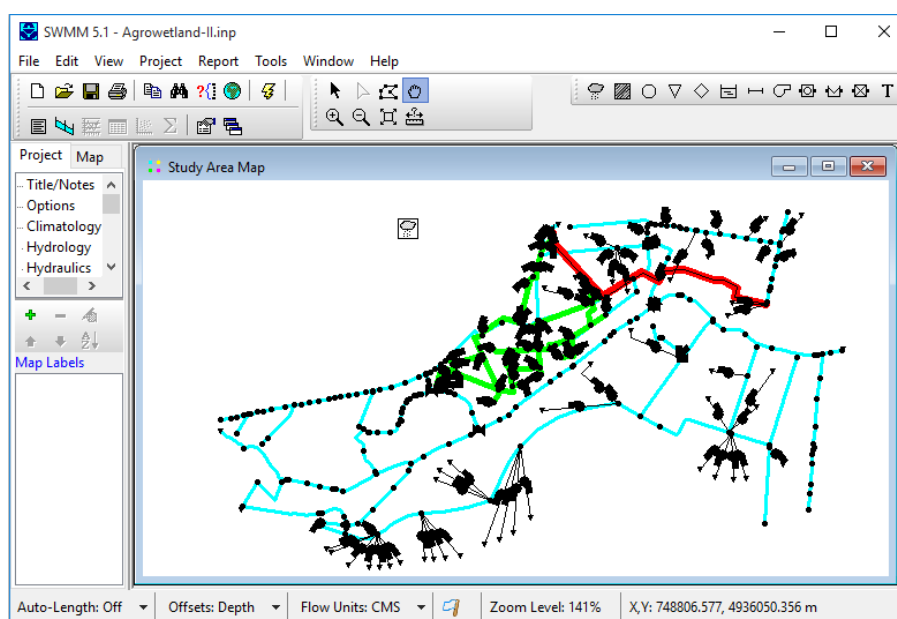


Figura 2. Immagine del modello numerico: in blu la rete di canali, in verde la rete irrigua tubata in pressione e in rosso la Canaletta Mandriole.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Il codice di calcolo EPA Storm Water Management Model (SWMM, versione 5.01.012) è stato selezionato come piattaforma software per la modellazione combinata della rete in regime di scolo e irriguo. La rete risulta essere composta complessivamente da 261 nodi, 256 rami e 105 sottobacini. Una soglia e 3 orifici consentono di disconnettere il sistema modificandone l'assetto durante i due regimi di funzionamento. Il prelievo irriguo è stato simulato mediante l'utilizzo di impianti di sollevamento (opportunamente distribuiti lungo canali e rete in pressione) le cui portate e periodi di funzionamento sono state desunti a partire dai bollettini irrigui e dalle ore di funzionamento degli impianti siti in prossimità di Voltascirocco. I sottobacini sono stati individuati avendo cura di delimitare aree omogenee in termini di uso del suolo, bacino di scolo e distretto irriguo. La modellazione afflussi-deflussi è stata effettuata mediante il modello "Curve Number" (CN-SCS), posto pari a 3 nelle aree umide e a 94 nelle zone costiere a vocazione turistica. Il valore del parametro CN attribuito alle aree agricole è mediamente pari a 85.

La tabella 3 mostra i valori di conducibilità elettrica (EC) misurata nei canali di bonifica del comparto (69 km) nel corso dell'anno. Il 79% dei campioni raccolti in inverno è caratterizzato da un elevato valore EC, che gradualmente in primavera raggiungendo il minimo nel mese di luglio. Ciò è imputabile al fatto che durante il periodo estivo il Consorzio di Bonifica fa circolare nei canali grandi volumi di acqua di elevata qualità e li mescola con l'acqua salmastra presente nei canali per ottenere acqua con una qualità accettabile per

l'irrigazione. A partire dal mese di agosto 2017 si è proceduto inoltre con l'installazione di due mini reti di sensori tipo WSN dotate di una stazione meteorologica capace di acquisire i principali parametri ambientali con un time step di 5 minuti. Tali stazioni fungono anche da gateway per la trasmissione ad una piattaforma cloud delle misure in arrivo da stazioni di monitoraggio posizionate in campo o nei canali. Il sistema di monitoraggio, a partire dal 18/12/2017 è dotato di due stazioni di monitoraggio collocate sulle sponde dei canali che consentono la misura del livello, della conducibilità elettrica e della temperatura dell'acqua (sonda Decagon CTD-10). Nell'arco dei prossimi mesi si procederà con l'installazione di ulteriori 10 stazioni di monitoraggio nei canali, 2 ulteriori stazioni meteorologiche e 12 stazioni di monitoraggio in piezometro (livello, temperatura e conducibilità elettrica).

EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Dicembre 2016	Maggio 2017	Giugno 2017	Luglio 2017	Agosto 2017
<0.5	0%	0%	3%	0%	0%
0.5-1.5	7%	21%	52%	81%	61%
1.5-4	14%	45%	26%	6%	23%
>4	79%	34%	19%	13%	16%
Tot. campioni	28	29	31	31	31

Tabella 3. Percentuale associati a ciascuna classe di conducibilità elettrica (EC) suddivisi per periodo di campionamento e relativo numero totale di campioni.

4. CONCLUSIONI

Il modello è attualmente in grado di rappresentare con buona approssimazione il comportamento della rete e degli impianti. Nell'arco dei prossimi mesi i dati derivanti dal monitoraggio in tempo reale consentiranno di calibrarlo e validarlo sia dal punto di vista idraulico che per quanto concerne gli aspetti legati alla qualità dell'acqua transitante nei canali. Il modello, una volta calibrato e validato, verrà utilizzato per studiare scenari di gestione della rete che consentano il miglioramento dell'acqua irrigua, la riduzione degli sprechi e l'efficientamento degli impianti.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro è parzialmente finanziato dall'Unione Europea attraverso il progetto LIFE AGROWETLANDS II - Smart Water and Soil Salinity Management in Agro-Wetlands (LIFE15 ENV/IT/000423).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Afrasiabikia, P., Parvaresh Rizi, A. & Javan, M. Scenarios for improvement of water distribution in Doroodzan irrigation network based on hydraulic simulation, *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 135, 312–320.
- Canone, D., Previati, M., Bevilacqua, I., Salvai, L. & Ferraris, S. Field measurements based model for surface irrigation efficiency assessment, *Agricultural Water Management*, 2015, 156, 30–42.
- Iglesias, A., Garrote, L., Flores, F. & Moneo, M. Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. *Water Resources Management*, 2007, 21, 775–788.
- Kim, H., Kim, J., Nam, W., Kim, S., Choi, J. & Koh, B. Irrigation canal network flow analysis by a hydraulic model, *Irrigation and Drainage*, 2016, 65, 57–65.
- Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M. & Scardigno, A. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*, 2014, 146, 84–94.
- Rhoades, J., Kandiah, A. & Mashali, A.M. The use of saline waters for crop production, *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 1992.
- Rossman, L.A. & Huber, W.C. *Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – Hydrology I*, 2016.
- WWAP, 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*.