

STIMA DEI FABBISOGNI IRRUGUI MEDIANTE BILANCIO IDROLOGICO A GRANDE SCALA

Matteo Rolle^{1*}, Stefania Tamea¹ & Pierluigi Claps¹

(1) Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, 10129, Italia

*email: matteo.rolle@polito.it

ASPETTI CHIAVE

- Stima dell'evapotraspirazione effettiva di 26 principali colture su scala globale.
- Utilizzo dei dati idro-climatici ad alta risoluzione spazio-temporale del nuovo dataset "ERA5".
- Valutazione della distribuzione spaziale dei fabbisogni irrigui.

1 PREMESSA

Il settore agricolo ha un ruolo di primaria importanza nel consumo di risorse idriche, richiedendo circa il 70% dell'acqua dolce globalmente prelevata dall'uomo (FAO, 2011). Il 40% del cibo consumato nel mondo proviene da filiere agricole irrigate e le stime di crescita demografica impongono una pianificazione strategica delle future politiche di produzione alimentare. La quantificazione dei fabbisogni irrigui delle diverse colture è fondamentale per l'adozione di soluzioni efficaci nella gestione delle risorse idriche a diverse scale spaziali.

I satelliti hanno oggi un'importanza fondamentale nel settore agricolo per la loro capacità di acquisire dati idrologici e climatici su scala globale, a risoluzioni sempre più elevate. La crescente affidabilità dei sensori satellitari, l'omogeneità di precisione nelle misurazioni (non vincolate all'efficienza dei singoli stati) e la facilità di accesso dei dati si coniugano alle esigenze della modellazione idrologica a scala globale. Dal 2014 è attivo il Progetto Copernicus (<https://www.copernicus.eu/it>), un programma della Commissione Europea per il monitoraggio terrestre e per la produzione di dati e servizi satellitari, coordinato dall'Agenzia Spaziale Europea. Nell'ambito del *Climate Change Service* di Copernicus, lo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ha pubblicato il dataset "ECMWF Re-Analysis 5" (ERA5) che, mediante una rielaborazione di dati satellitari e misurazioni a terra, fornisce gratuitamente un'ampia gamma di dati idro-climatici su scala mondiale, a partire dal 1950 (Copernicus Climate Change Service (C3S), 2017).

Il presente lavoro intende sfruttare le potenzialità di ERA5 per stimare l'evapotraspirazione e il fabbisogno irriguo di 26 diverse colture, implementando un modello di bilancio idrologico giornaliero sulle aree irrigate di tutto il pianeta. L'applicazione si riferisce all'anno 2000, periodo a cui fanno riferimento i dati di area coltivata ed irrigata nonché i calendari agricoli utilizzati.

2 DATI E METODI

2.1 Distribuzione spaziale delle aree coltivate

La stima dei fabbisogni irrigui necessita di informazioni sulla posizione geografica delle aree coltivate. Nel presente lavoro viene utilizzato il dataset MIRCA2000 (Portman *et al.*, 2010), che fornisce, per l'anno 2000, i dati di 26 colture ad una risoluzione spaziale di 0.0833° ($\approx 9\text{km}$ all'Equatore). I dati includono i mesi di semina e di raccolta, gli ettari mensili complessivamente coltivati, la frazione equipaggiata per l'irrigazione e la presenza di più stagioni di crescita su una stessa area. In Fig.1 è rappresentato un esempio di calendario mensile in una cella coltivata degli USA. In accordo col metodo di Tuninetti *et al.* (2015) è ipotizzato che la semina mensile coincida con il sedicesimo giorno di ogni mese e la raccolta con il quindicesimo. La scelta del dataset MIRCA2000 è dettata dalla necessità di applicare il modello su aree irrigate divise per colture, e non si riscontra al momento la disponibilità di dataset analoghi riferiti ad anni più recenti.

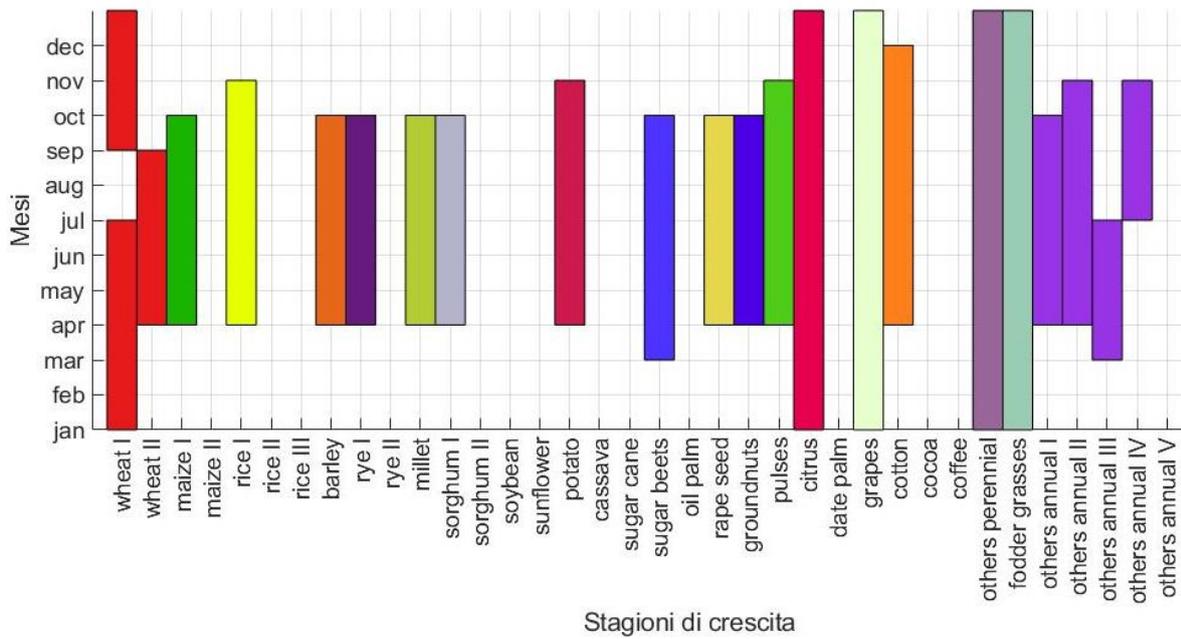


Figura 1. Calendario mensile delle stagioni di crescita in una cella campione negli USA. Le informazioni si riferiscono alla frazione di area coltivata equipaggiata per l’irrigazione. La cella ospita 22 stagioni di crescita, che sono dello stesso colore quando si riferiscono alla stessa coltura (es. Grano I e Grano II in rosso).

2.2 Variabili climatiche

Il modello qui sviluppato elabora il bilancio idrico del suolo in funzione dei valori giornalieri di precipitazione (P) ed evapotraspirazione di riferimento (ET_0), e stima l’evapotraspirazione effettiva secondo il metodo proposto dalla FAO (Allen et al, 1998). I dati idro-climatici elaborati dal modello provengono dal dataset ERA5 e hanno una risoluzione spaziale di 0.25° ($\approx 31\text{km}$ all’Equatore) su tutto il mondo: i valori di P , oltre a quelli necessari al calcolo di ET_0 (temperature massime e minime e radiazione extra atmosferica) sono stati aggregati alla scala giornaliera.

Il metodo usato per la stima dell’evapotraspirazione di riferimento è quello proposto da Hargreaves & Samani (1985):

$$ET_0 = 0.0023 \times R_{TOA} (T_{mean} + 17.8) \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

dove ET_0 è l’evapotraspirazione di riferimento [mm/giorno], R_{TOA} è la radiazione extra-atmosferica (*top-of-atmosphere*) [$\text{MJ}/\text{m}^2/\text{giorno}$], T_{min} e T_{max} sono rispettivamente la temperatura minima e massima della giornata (in $^\circ\text{C}$) e T_{mean} è la media aritmetica tra T_{max} e T_{min} .

2.3 Calcolo del fabbisogno irriguo

Il bilancio idrologico è espresso dalla seguente formula:

$$SM = P + I - ET_a - DP - R \quad (1)$$

dove la variazione temporale di umidità del suolo (SM), è calcolata come differenza tra i flussi in entrata (precipitazioni P e irrigazione I) e in uscita (percolazione profonda DP , ruscellamento R ed evapotraspirazione effettiva ET_a) e le variabili sono espresse in mm/giorno. Data la conformazione media dei terreni agricoli, si assume che il ruscellamento sia trascurabile.

L’umidità del suolo varia tra un valore minimo denominato punto di appassimento della pianta (*wilting point*)

ad un valore massimo detto *capacità di campo* (quantità di acqua che rimane nel suolo in seguito a drenaggio gravitazionale). Quando l'apporto delle precipitazioni supera la capacità di campo, l'afflusso in eccesso defluisce in falda come percolazione profonda. Il calcolo giornaliero di *SM* permette di determinare i deficit idrici nel suolo rispetto alle condizioni di capacità di campo.

L'evapotraspirazione effettiva [mm/giorno] è stata calcolata a partire da quella di riferimento, secondo il metodo FAO:

$$ET_a = ET_0 \times k_c \times k_s \quad (3)$$

dove k_c e k_s sono due coefficienti adimensionali (il primo specifico della fase di crescita della coltura e il secondo legato allo stato di umidità del suolo). I valori del coefficiente colturale k_c utilizzati sono quelli forniti da *Chapagain & Hoekstra* (2004). I valori del coefficiente di stress idrico k_s si mantengono uguali per ogni valore di umidità del suolo superiore al punto di incipiente chiusura degli stomi (specifico per ogni coltura). Sotto tale umidità del suolo, il valore di k_s scende progressivamente fino ad annullarsi al raggiungimento del *wilting point*, quando la pianta smette di traspirare.

Il modello di bilancio assume che in tutte le aree irrigate sia somministrata giornalmente una quantità di irrigazione tale da mantenere $k_s = 1$, ovvero una umidità del suolo pari all'incipiente chiusura degli stomi. Questo volume di acqua coincide con il *fabbisogno irriguo* della coltivazione, ovvero la variabile I nell'eq. (1). In questa condizione ideale, viene minimizzato l'apporto idrico e sono escluse condizioni di crescita in condizioni di stress idrico.

Cumulando l'evapotraspirazione effettiva lungo la stagione di crescita si ottiene il fabbisogno idrico complessivo delle colture per l'anno 2000, in cui si può differenziare la quota soddisfatta dalle sole precipitazioni e quella che è necessario fornire artificialmente come irrigazione.

3 RISULTATI

Il fabbisogno irriguo calcolato per l'anno 2000 è 992 km³. Tale risultato è stato ottenuto moltiplicando in ogni cella l'altezza d'acqua del fabbisogno di ogni coltura per la corrispondente area irrigata, sommando i 26 contributi.

I fabbisogni specifici di ogni singola coltura sono riportati in Fig. 2. Nel grafico, le colture con fabbisogni annui inferiori ai 10 km³ sono stati aggregati alla voce "*Least irrigated crops*".

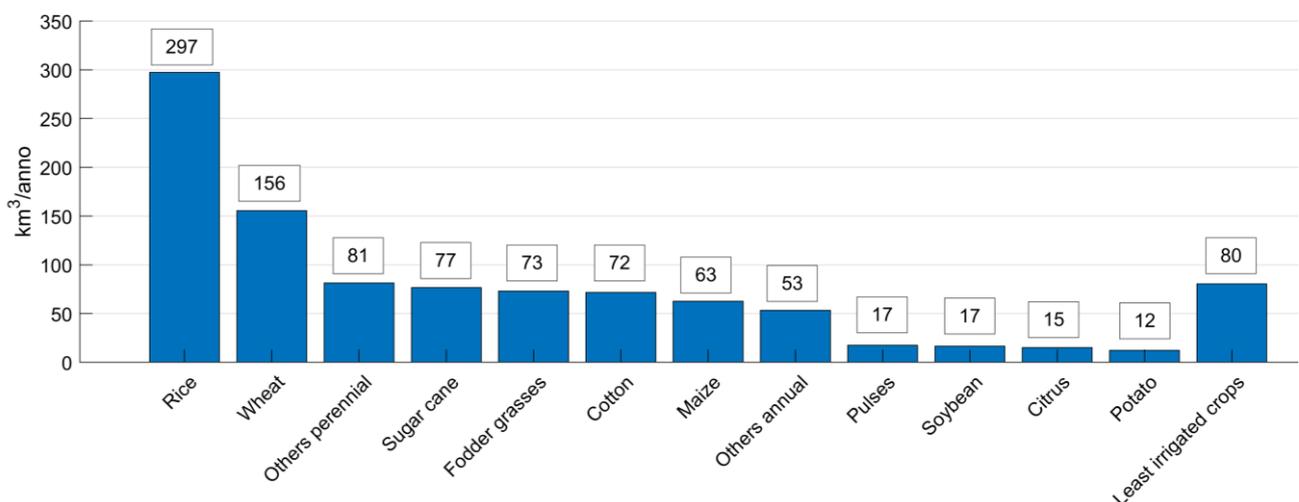


Figura 2. Fabbisogni irrigui delle principali colture nell'anno 2000. I dati riportati sono le somme dei fabbisogni irrigui distribuiti sulle aree equipaggiate per l'irrigazione di tutto il pianeta.

In Fig. 3 è riportata la distribuzione spaziale dei fabbisogni irrigui totali. I valori indicano l'altezza d'acqua corrispondente al fabbisogno medio ripartito sulla singola cella, come rapporto tra volume complessivo e superficie totale della cella stessa. Poiché i volumi sono calcolati solo sulle frazioni irrigate, questa rappresentazione è coerente con la distribuzione spaziale delle aree irrigate nel mondo.

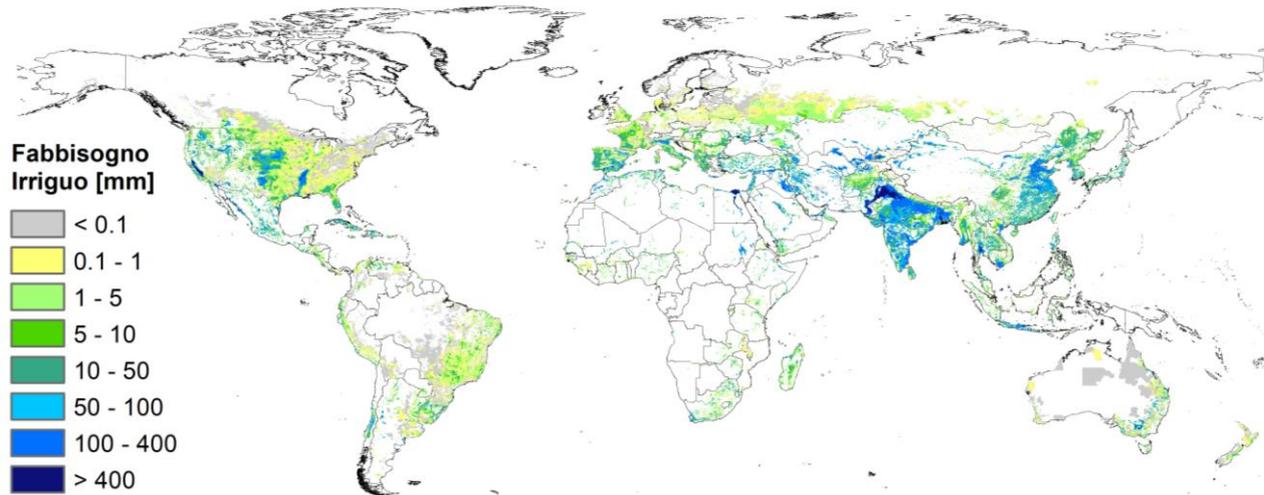


Figura 3. Distribuzione spaziale del fabbisogno irriguo per l'anno 2000. I risultati di ogni singola cella rappresentano i volumi di fabbisogno di 26 colture calcolati sulle aree irrigate di quella cella, diviso la superficie totale della cella.

4 CONCLUSIONI

Le caratteristiche del modello e la risoluzione giornaliera dei dati idro-climatici risultano utili ai fini della stima dei fabbisogni irrigui a scala globale, eliminando parzialmente l'incertezza legata all'utilizzo di informazioni medie mensili o di dati disponibili a scale spaziali maggiori. Tale stima costituisce il presupposto per uno studio su un intervallo di anni più esteso e per la quantificazione dei fabbisogni su scale spaziali minori, beneficiando ove possibile di informazioni locali più dettagliate.

Il modello costituisce inoltre un potenziale mezzo di confronto tra fabbisogni aggregati a scala nazionale e misurazioni locali di prelievi idrici a scopo agricolo, al fine di stimare le diverse efficienze irrigue. Il confronto tra i valori di umidità del suolo ricavati dal modello e i dati reali di misurazioni al suolo e da satellite consentiranno di migliorare la conoscenza dei reali volumi irrigui erogati alle colture.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Allen, R. G., Pereira L, Raes D., Smith M., FAO Irrigation and Drainage Paper no. 56, 1998, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Chapagain AK, Hoekstra AY. Water footprints of nations. Value of Water Research Report Series. 2004;; p. no. 16, Unesco-IHE Institute for Water Education, Delft.
- Copernicus Climate Change Service (C3S), 2017, ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate .
- FAO, The state of art of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk, 2011, Rome.
- FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC, Harmonized World Soil Database (version 1.2), 2012, Rome.
- Hargreaves G. & Samani Z., Reference Crop Evapotranspiration From Temperature, Applied Engineering in Agriculture, 1985, 1, 10.13031/2013.26773.
- Portmann F. T., Siebert S. & Döll P., MIRCA2000 – Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling, 2012, Global Biogeochemical Cycles, 24, GB 1011, doi:10.1029/2008GB003435.
- Tuninetti M., Tamea S., D'Onorico P., Laio F., Ridolfi L. Global sensitivity of high-resolution estimates of crop water footprint, Water Resources, 2015, Res. 51, 8257-72