

## Stima della traspirazione in un'oliveta sottoposta a potatura della chioma

Battista Piero<sup>1</sup>, Chiesi M.<sup>1</sup>, Costafreda-Aumedes S.<sup>1</sup>, Fibbi L.<sup>1,2</sup>, Leolini L.<sup>3</sup>,  
Moriondo M.<sup>1</sup>, Rapi B.<sup>1</sup>, Sabatini F.<sup>1</sup> e Fabio Maselli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNR-IBE, piero.battista@cnr.it

<sup>2</sup> Consorzio LaMMA, fibbi@lamma.toscana.it

<sup>3</sup> DAGRI, Università di Firenze, luisa.leolini@unifi.it

**Abstract.** Durante il 2021, sono stati raccolti dati meteorologici, misure di contenuto idrico del suolo e misure di radiazione intercettata all'interno di un oliveto situato nei pressi di Firenze. Scopo del monitoraggio è stato ottenere stime di traspirazione reale degli olivi utilizzando immagini Sentinel-2 e dati ancillari. Questo è stato effettuato per diversi plot caratterizzati da interventi di potatura della chioma a diversa intensità. I risultati ottenuti evidenziano l'importanza di una corretta determinazione del contributo dello strato erbaceo rispetto a quello delle chiome dell'olivo.

**Parole chiave:** NDVI, fAPAR, stress idrico, copertura chiome.

### 1 Introduzione

L'acqua è una risorsa fondamentale per tutti coloro che operano nell'ambito della produzione agricola, soprattutto per coltivazioni effettuate in asciutta ed in ambienti notoriamente caratterizzati da periodi siccitosi. Questi ambienti, quali quello mediterraneo, sono anche tra i maggiormente esposti ai cambiamenti climatici in atto ed è pertanto fondamentale mettere a punto strategie di gestione sostenibile della risorsa. In questa ottica, vengono promossi studi sul bilancio idrico delle colture e sulla stima di una delle sue componenti principali, ovvero la traspirazione e l'evapotraspirazione reale (Ta ed ETa, rispettivamente) [1].

Tra le diverse tecniche disponibili, le metodologie basate sull'uso delle immagini satellitari sono sicuramente molto promettenti perché consentono un'analisi sinottica del territorio con risoluzioni spazio-temporali adeguate; tra queste, il metodo NDVI-Cws è basato sull'uso di immagini NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e di dati meteorologici per la stima dell'ETa su superfici vegetate [2]. Questo metodo è stato verificato in ambiente mediterraneo, sia per specie forestali che per colture annuali. Mancano però applicazioni per ecosistemi con struttura complessa, quali quelli a doppio strato (es. erbaceo ed arboreo) caratterizzati da elevate variazioni spazio-temporali di copertura del suolo.

L'obiettivo del lavoro è quindi mostrare i risultati di un'applicazione del metodo NDVI-Cws per ottenere stime di Ta della componente arborea all'interno di un oliveto.

Come è noto, tale ecosistema è tipicamente caratterizzato dalla presenza di specie arboree ed erbacee la cui distribuzione e copertura relativa può cambiare durante l'anno in seguito ad interventi di potatura e/o lavorazioni del terreno. Viene così verificata l'importanza di scindere il contributo delle chiome di olivo da quello delle specie erbacee che crescono nell'interfilare.

## 2 Area di studio

L'oliveto oggetto di studio è situata all'interno di un'azienda agricola sperimentale gestita dall'Istituto Tecnico Agrario di Firenze (Fig. 1). La zona è pianeggiante, vicina al corso del fiume Arno. Il clima è temperato sub-umido, con pioggia annua di circa 800 mm e temperatura media di 15.7 °C; la pioggia è concentrata soprattutto in autunno e primavera mentre l'estate è generalmente calda e secca. Il suolo ha una tessitura franco-argillo-sabbiosa (i.e. 52% sabbia e 24% argilla), ed è abbastanza profondo.

L'oliveto si estende su una superficie di circa 80x55 m<sup>2</sup> ed è circondato da piccoli campi coltivati con colture annuali, vigneti e frutteti. Il sesto d'impianto è regolare con distanze di 5x5 m; l'altezza degli olivi è circa 4 m e la gestione del campo è effettuata seguendo le pratiche locali, in asciutto. Lo spazio interfilare è coperto da vegetazione erbacea spontanea ed è sfalcato con cadenza irregolare.



**Fig. 1.** Immagine Google Earth di giugno 2021 con la posizione nell'oliveto (rettangolo giallo) dei plots (da 1 a 4) con diversa intensità di potatura. Il rettangolo arancione indica il prato all'interno del quale è posizionata la stazione agrometeorologica.

Alla fine del mese di marzo 2021, è stata effettuata una potatura delle chiome degli olivi con intensità variabile nello spazio determinando così la presenza di aree (plot) con copertura delle chiome molto ridotta (fino all'80%) accanto ad altre non potate.

### **3 Dati di studio**

#### **3.1 Misure a terra**

Dati meteorologici giornalieri (i.e. temperatura minima e massima, precipitazioni e radiazione solare) sono stati raccolti durante il 2021 da una stazione agrometeorologica installata all'interno di un prato in prossimità dell'oliveto.

Misure di contenuto idrico del suolo (SWC) sono state raccolte nei pressi della stazione meteo mediante una sonda Meter 10HS (Meter, Pullman, Washington) installata alla profondità di 0.15 m, e all'interno dell'oliveto utilizzando una sonda Sentek (Sentek Sensor Technologies Stepney, Australia) installata alla profondità di 0.3 m. Queste misure sono disponibili da maggio a dicembre 2021.

Tra febbraio ed ottobre dello stesso anno, infine, utilizzando un ceptometro AccuPAR LP-80 (Meter, Pullman, Washington), sono state condotte alcune campagne di misura di fAPAR relative alla chioma degli olivi. Queste misure sono state effettuate seguendo transeetti lineari all'interno di 4 plots quadrati con 10 m di lato, ciascuno caratterizzato da diversi livelli di intensità di potatura (plot 1 con riduzione della chioma fino all'80%, plot 2 e 4 con riduzione fino al 50% e plot 3 non potato).

#### **3.2 Dati interpolati e dati telerilevati**

Dati giornalieri di temperatura dell'aria minima e massima, e precipitazioni sono stati ottenuti per l'anno 2021 da un database regionale; la radiazione solare è stata stimata dalle immagini Meteosat Second Generation (MSG) a 200 m di risoluzione spaziale come proposto da Fibbi et al. [3].

Le immagini NDVI ad alta risoluzione spaziale (10 m) dei satelliti Sentinel-2 A e B sono state scaricate nel formato L-2A; successivamente, sono state elaborate per ottenere dati di Maximum Value Composite (MVC) su un periodo di 15 giorni e ripulite con un filtraggio temporale che ha consentito di rimuovere eventuali disturbi atmosferici residui [4].

### **4 Stima della traspirazione**

I dati raccolti *in situ* sono stati utilizzati per ottenere la  $T_a$  dell'olivo secondo il metodo della FAO [5], modificato per tenere conto della diversa copertura delle chiome. Questa  $T_a$  è stata poi confrontata con le stime prodotte con il metodo proposto da [2], inizializzato con l'fAPAR ottenuta da dati telerilevati secondo due diverse procedure, brevemente descritte nei paragrafi successivi.

#### 4.1 Stime di traspirazione

Le misure raccolte a terra sono innanzitutto state integrate per ottenere osservazioni giornaliere di traspirazione reale dell'olivo ( $T_a$ ) tramite l'equazione FAO [5]:

$$T_a = K_c \cdot RSWC \cdot ET_0 \quad (1)$$

dove il  $K_c$  è il coefficiente culturale dell'olivo,  $RSWC$  è il *relative soil water content* ed  $ET_0$  è la evapotraspirazione potenziale (meteorologica). Questi parametri sono stati calcolati come descritto in [6]; in particolare, il  $K_c$  è stato derivato dalle misure di  $fAPAR$  per tenere in considerazione il possibile effetto delle potature.

La traspirazione dell'olivo ( $T_a$ ) è poi stata stimata da remoto come proposto da [2], escludendo, rispetto alla versione originale, la componente relativa all'evaporazione dal suolo:

$$T_a = 0.7 \cdot ET_0 \cdot FVC \cdot Cws \quad (2)$$

dove 0.7 è il  $K_c$  massimo delle coperture arboree,  $ET_0$  è l'evapotraspirazione potenziale ottenuta da dati meteorologici interpolati e  $Cws$  è il relativo fattore di stress idrico, tutti calcolati come proposto da [2].

$FVC$  è la *fractional vegetation cover*, che è stata ottenuta dalle immagini NDVI del Sentinel-2 MSI usando due metodi: a) sfruttando la relazione lineare fra NDVI dell'oliveto e  $FVC$  già usata in [2], b) normalizzando lo stesso NDVI fra i valori relativi alla sola copertura dell'olivo e dello strato erbaceo come descritto in [6], con una conseguente riduzione dell'influenza di quest'ultimo.

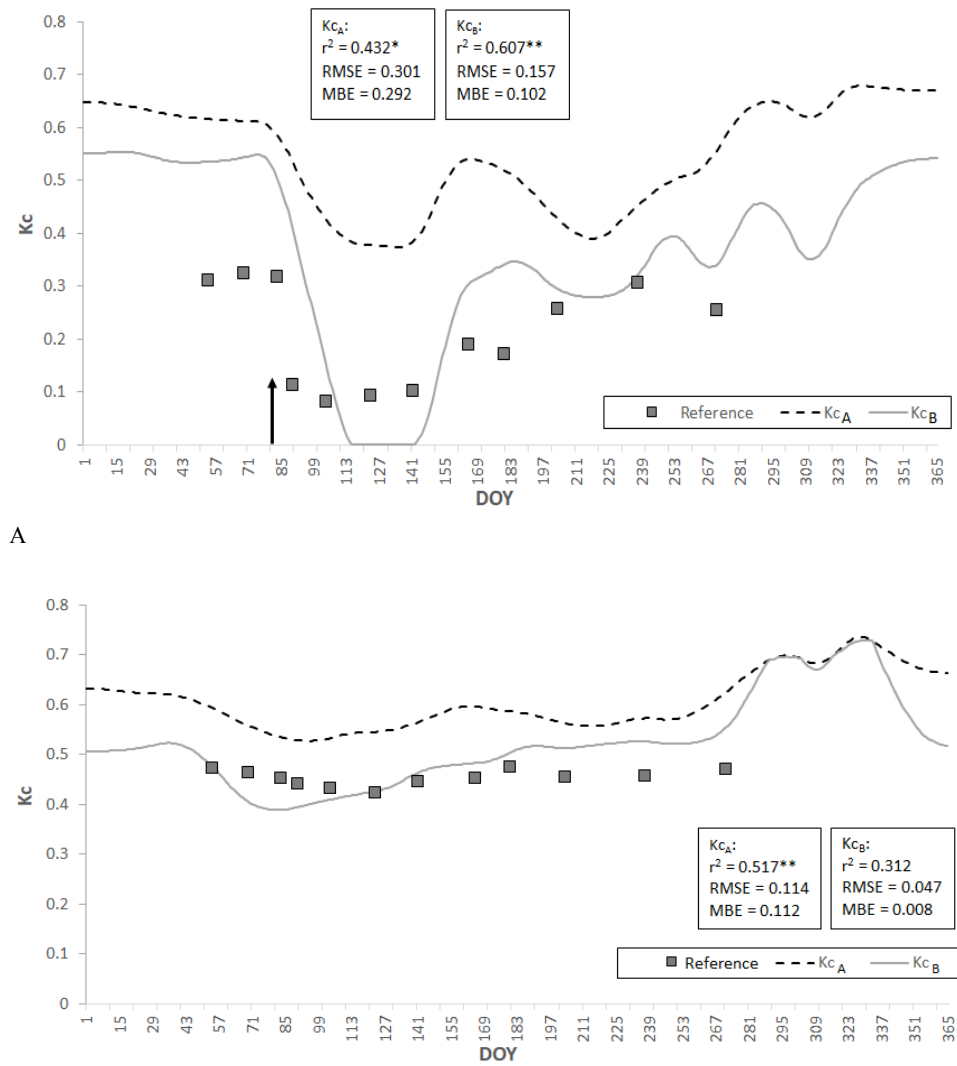
Le stime ottenute utilizzando entrambi i metodi sono infine state confrontate con la traspirazione di riferimento, sintetizzando i risultati tramite comuni statistiche di accuratezza, ovvero il coefficiente di determinazione ( $r^2$ ), lo scarto quadratico medio (RMSE) e l'errore medio (MBE).

## 5 Risultati

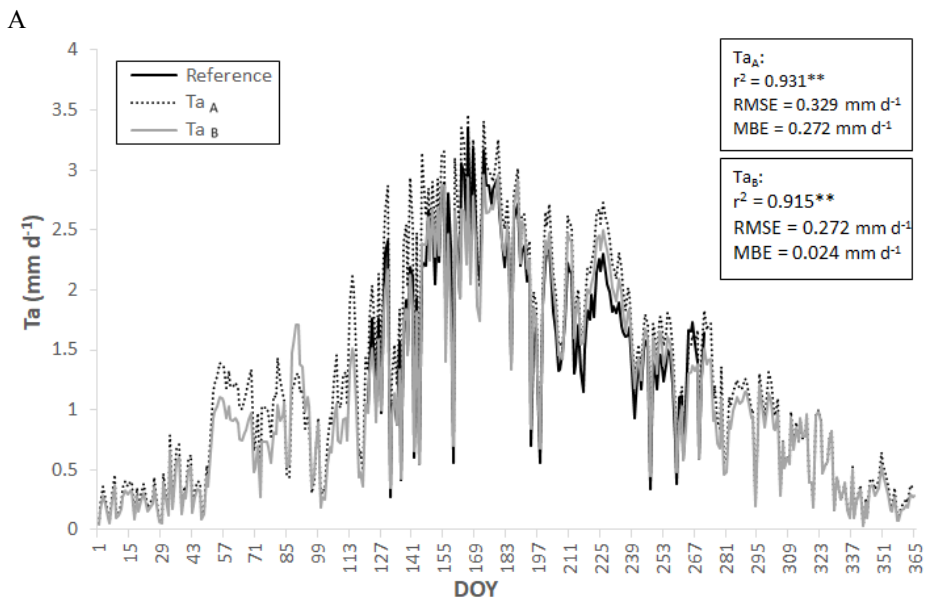
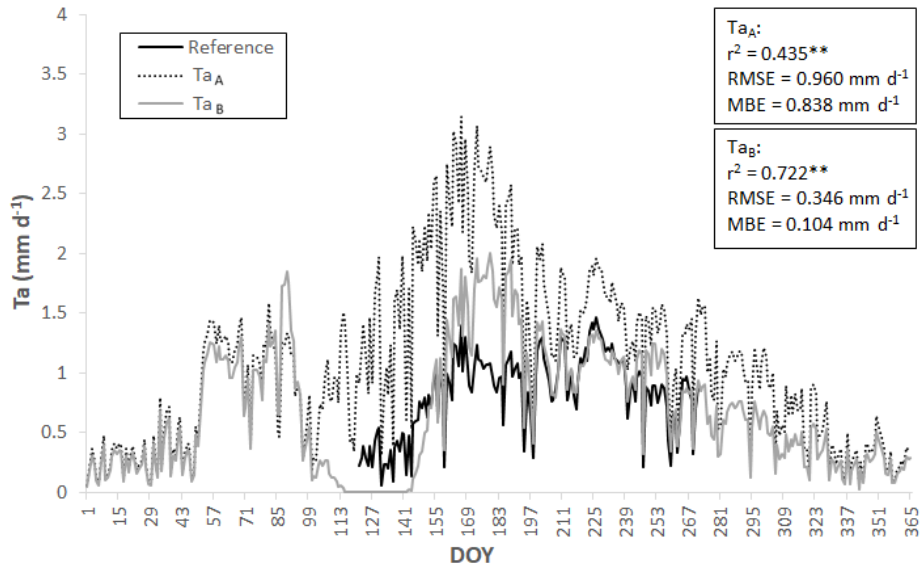
I risultati ottenuti applicando i due metodi di estrazione della  $FVC$  sono esemplificati dalle Figure 2 e 3. In particolare, la Figura 2 riporta i profili di  $K_c$  ottenuti per il plot 1 (fortemente potato) e 3 (non potato) utilizzando i dati a terra e stimati da dati NDVI per mezzo dei due metodi. Come si può osservare, il  $K_c$  del primo plot ottenuto da misure a terra risulta fortemente abbassato dalla potatura effettuata (la freccia di Figura 2a indica la data della potatura), con un graduale recupero successivo, mentre il  $K_c$  del plot 3 risulta più alto e pressoché costante durante tutto l'anno.

Il primo metodo di stima del  $K_c$  da dati NDVI non riesce a considerare la variazione di copertura che interessa il plot 1, con conseguente forte sovrastima dopo la potatura primaverile. Il secondo metodo di stima invece, prende in esame questa variazione approssimando sia il decremento che il successivo recupero di  $K_c$ . I due metodi, come atteso, producono risultati simili per il plot 3, ovvero quello non soggetto a potatura. Conseguentemente, mentre nel primo caso si ha un aumento significativo della precisione, questo è praticamente impercettibile nel secondo caso.

Risultati simili sono visibili in Figura 3 per le stime di traspirazione dell'olivo dei due plots. Questi risultati mostrano che l'uso del secondo metodo è particolarmente efficace per stimare la Ta degli olivi che sono stati sottoposti a potatura.



**Fig. 2.** Confronto tra Kc derivato utilizzando i dati misurati a terra e quello stimato utilizzando i dati NDVI estratti con i due metodi descritti per il plot 1 (A) e per il plot 3 (B). La freccia indica la data della potatura (\* = correlazione significativa,  $P < 0.05$ ; \*\* = correlazione altamente significativa,  $P < 0.01$ ).



B

**Fig. 3.** Andamento della traspirazione ( $T_a$ ) di riferimento e delle relative stime ottenute per il plot 1 (A) ed il plot 3 (B) utilizzando i due metodi di derivazione dall'NDVI (\*\* = correlazione altamente significativa,  $P < 0.01$ ).

## 6 Conclusioni

Il presente lavoro ha riguardato la stima della traspirazione da remoto di una tipica coltura mediterranea, l'olivo. Tale coltura, che generalmente presenta uno strato relativo alle chiome degli olivi ed uno alle specie erbacee che crescono nell'interfilare, è spesso soggetta a pratiche che ne modificano la struttura e variano la dimensione delle chiome, con conseguente alterazione delle relative capacità traspirative.

I risultati ottenuti nel presente studio hanno mostrato come, nel caso di potature intense, sia necessario prendere in esame le variazioni di copertura dell'olivo al fine di ottenere stime corrette di  $T_a$  relative alla sola componente arborea. Per il plot sottoposto a potatura, infatti, la considerazione di queste variazioni ha consentito un aumento significativo dell'accuratezza ed una riduzione degli errori della stima; non si sono invece registrate differenze sostanziali per il plot non sottoposto a potatura.

Queste considerazioni saranno utili nella pianificazione di ulteriori sperimentazioni rivolte a valutare la possibilità di caratterizzare gli oliveti tramite l'uso congiunto di dati ottici e LiDAR ad altissima risoluzione spaziale.

## Riferimenti bibliografici

1. Pereira, L.S., Allen, R.G., Smith, M., Raes, D.: Crop evapotranspiration estimation with FAO56: past and future. *Agricultural Water Management*, 147, 4–20 (2015).
2. Maselli, F., Papale, D., Chiesi, M., Matteucci, G., Angeli, L., Raschi, A., Seufert, G.: Operational monitoring of daily evapotranspiration by the combination of MODIS NDVI and ground meteorological data: application and validation in Central Italy. *Remote Sensing of Environment*, 152, 279-290 (2014).
3. Fibbi, L., Maselli, F., Pieri, M.: Improved estimation of global solar radiation over rugged terrains by the disaggregation of Satellite Applications Facility on Land Surface Analysis data (LSA SAF). *Meteorological Applications*, 27, e1940 (2020).
4. Maselli, F., Angeli, L., Battista, P., Fibbi, L., Gardin, L., Magno, R., Rapi, B., Chiesi, M.: Evaluation of Terra/Aqua MODIS and Sentinel-2 MSI NDVI data for predicting actual evapotranspiration in Mediterranean regions. *International Journal of Remote Sensing* 41:14, 5186-5205 (2020).
5. Allen, R.G., Pereira, L.S., Smith, M., Raes, D., Wright, J. L.: FAO-56 dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131(1), 2–13 (2005).
6. Maselli, F., Battista, P., Chiesi, M., Costafreda-Aumedes, S., Fibbi, L., Leolini, L., Rapi, B., Sabatini, F., Moriondo, M.: Use of S-2 MSI NDVI images to estimate the GPP of olive trees with variable canopy cover. *Geocarto International*, submitted (2022).

