

INTEGRAZIONE DI DATI EDDY COVARIANCE CON TECNICHE MODELLISTICHE PER STIMARE IL FLUSSO NETTO DI CARBONIO DELLE FORESTE TOSCANE

Chirici G. (a), Chiesi M. (b), Fibbi L. (b), Giannetti F. (a), Corona P. (c), Maselli F. (b)

a. Università di Firenze, DAGRI, Piazzale delle Cascine, 50144 Firenze
b. CNR-IBE, via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI)
c. CREA-Foresta e Legno, viale Santa Margherita 80, 52100 Arezzo

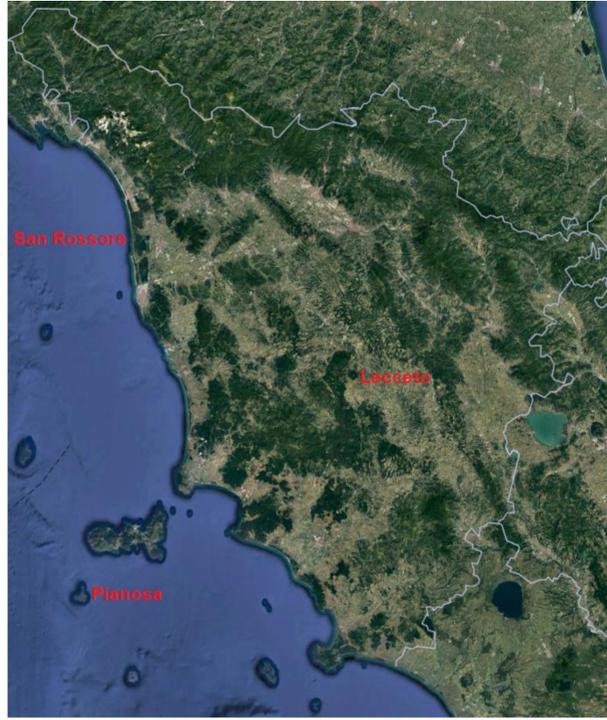


Fig. 1: Immagine Google Earth della Toscana con la posizione delle 3 torri eddy covariance di misura dei flussi in ecosistemi forestali.

INQUADRAMENTO ED OBIETTIVI

Stimare accuratamente il flusso netto dell'ecosistema (NEP), ovvero la capacità di una foresta di accumulare una certa quantità di carbonio (C), è importante per vari scopi. La tecnica *eddy covariance* (EC) può fornire tali misure riferite però ad aree relativamente piccole (*footprint*).

In Toscana, questa tecnica è stata applicata in tre diversi siti (San Rossore, Lecceto e Pianosa; Fig. 1), che rappresentano solo alcune delle diverse tipologie di ecosistemi presenti sul territorio regionale.

Ciò comporta che la stima della NEP regionale ottenuta da questo campione è intrinsecamente affetta da incertezza elevata.

Si propone di migliorare tale stima mediante un approccio statistico, il *regression estimator*, che prevede l'impiego di una variabile ausiliaria, ovvero di una mappa di NEP ottenuta mediante approccio modellistico.

METODOLOGIA

1. Creazione variabile ausiliaria con approccio modellistico usando il modello C-Fix per la stima della GPP ed il modello BIOME-BGC per le respirazioni, il VOLmax e LALmax

$$NEP_A = GPP_{FC_A} - Rgr_{FC_A} - Rmn_{NV_A} - Rh_{NS_A}$$

dove GPP è stimata da C-Fix, Rgr, Rmn e Rh sono rispettivamente le respirazioni di crescita, di mantenimento ed eterotrofa stimate da BIOME-BGC; FC_A è la copertura forestale, NV_A è derivato dalla mappa di volume e NS_A dalla mappa di carbonio organico del suolo (ved. Chirici et al., 2022).

2. Applicazione del regression estimator:

$$\hat{\mu}_y = \bar{y} + b(\mu_x - \bar{x})$$

dove $\hat{\mu}_y$ è la stima della media della popolazione della variabile di interesse (NEP_{Tower}), \bar{y} è la media campionaria della stessa variabile, μ_x e \bar{x} sono le medie della popolazione e del campione della variabile ausiliaria (NEP_{Map}), e b è la pendenza della retta di regressione tra le due variabili. Lo scopo di questa operazione è quello di migliorare la stima della media della popolazione e ridurre l'incertezza.

Dati di studio usati per mappare la NEP: Dati meteorologici giornalieri di temperatura minima e massima, precipitazione e radiazione solare, interpolati alla risoluzione spaziale di 250 m; Immagini NDVI MVC raccolte dal sensore MODIS Terra/Aqua nel periodo 2001-2005; Misure di flusso di C raccolte presso le torri presenti in Toscana (Fig. 1); Strati informativi alla risoluzione spaziale di 250 m (Fig. 2).

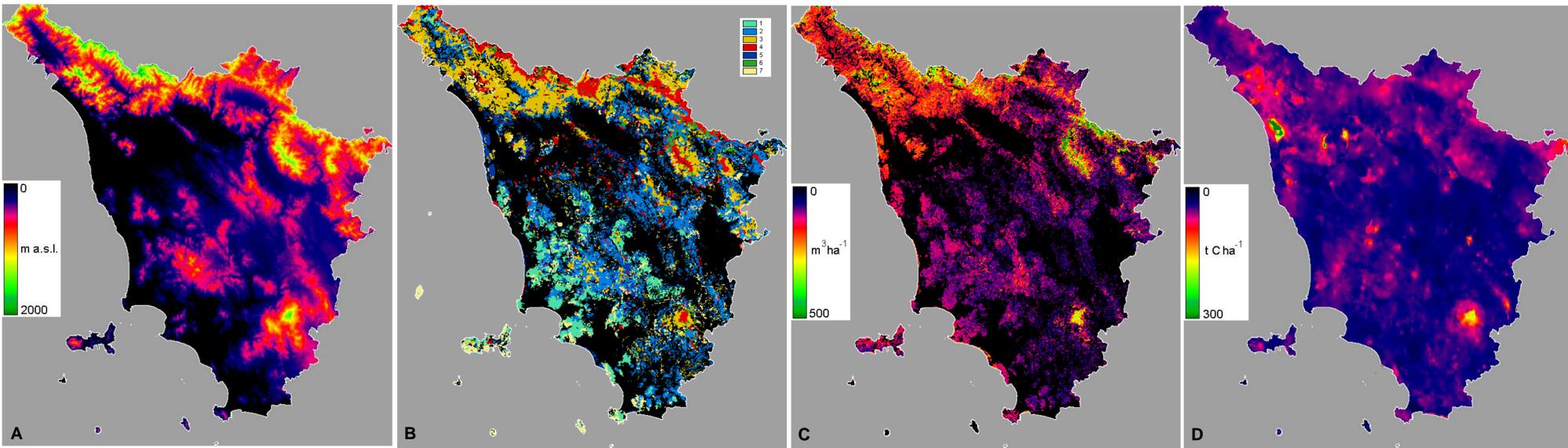


Fig. 2: Strati informativi utilizzati per modellizzare la NEP: modello digitale del terreno (A), principali tipologie forestali (B), volume forestale (C) e contenuto di carbonio organico presente nel suolo (D).

RISULTATI

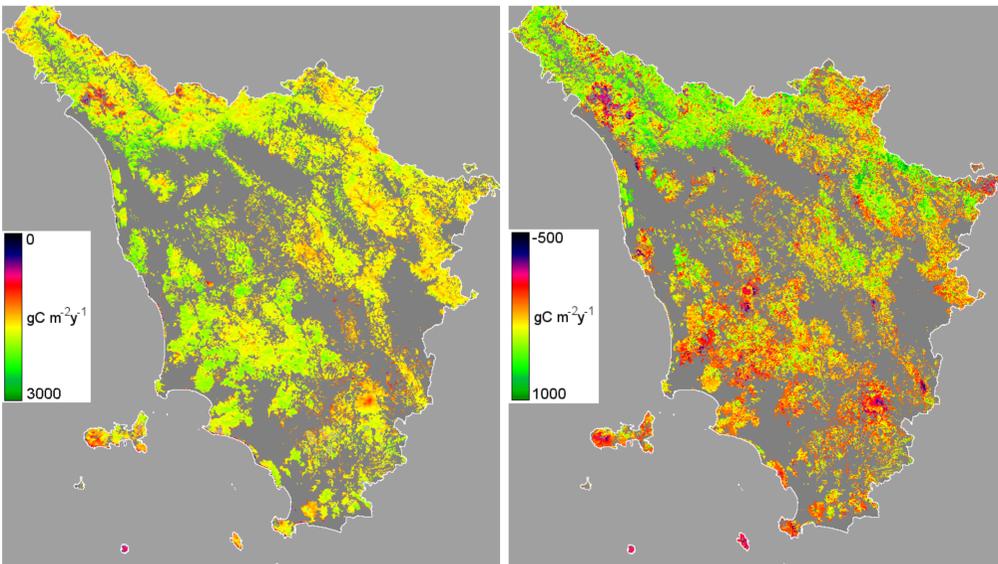


Fig. 3: GPP media del periodo 2001-2005 ottenuta applicando il modello C-Fix adattato alle foreste mediterranee. Il grigio scuro corrisponde a zone non boscate.

Fig. 4: NEP media del periodo 2001-2005 ottenuta applicando l'intero approccio modellistico.

NEP (g C m ⁻² anno ⁻¹)	Media	Standard Error
Ground sample	298	63
Regression estimator	319	35

Efficienza Relativa = 3.4

CONCLUSIONI

La precisione della stima della NEP delle foreste derivata dalle torri toscane EC può essere migliorata usando come covariata una mappa di NEP recentemente ottenuta mediante approccio modellistico.

In particolare, la mappa è stata prodotta ad alta risoluzione spaziale integrando dati telerilevati (i.e. Landsat TM/ETM+ e MODIS Terra/Aqua) con dati ancillari (i.e. dati meteorologici giornalieri, mappa delle tipologie forestali, mappa di volume legnoso).

L'applicazione del *regression estimator* a questa mappa ha permesso di ottenere un sostanziale miglioramento della precisione rispetto ad una stima basata solo sull'uso dei dati EC; l'efficienza relativa è risultata uguale a 3.4, ovvero la precisione della stima di NEP dal regression estimator è paragonabile a quella che si otterrebbe usando un campione di torri EC oltre tre volte più numeroso rispetto a quello realmente disponibile, cioè circa 10.

Riferimenti bibliografici:

Maselli F., Chiesi M., Moriondo M., Fibbi L., Bindi M., Running S.W. (2009). Modelling the forest carbon budget of a Mediterranean region through the integration of ground and satellite data. *Ecological Modelling*, 220 (3): 330-342.
Chirici G., Giannetti F., McRoberts R.E., Travaglini D., Pecchi M., Maselli F., Chiesi M., Corona P. (2020). Wall-to-wall spatial prediction of growing stock volume based on Italian National Forest Inventory plots and remotely sensed data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 84, 101959.
Gardin L., Chiesi M., Fibbi L., Maselli F. (2021). Mapping soil organic carbon in Tuscany through the statistical combination of ground observations with ancillary and remote sensing data. *Geoderma*, 404, 115386.
Chirici G., Chiesi M., Fibbi L., Giannetti F., Corona P., Maselli F. (2022). High spatial resolution modelling of net forest carbon fluxes based on ground and remote sensing data. *Agric. For. Meteorol.*, 316, 108866.