

Mitigazione e adattamento ai Cambiamenti Climatici: le attività di CNR-IBIMET e Regione Toscana

**Marta Chiesi
Luca Fibbi
Lorenzo Genesio
Valentina Grasso**

**Fabio Maselli
Ramona Magno
Francesco Primo Vaccari
Federica Zabini**

Consapevolezza crescente

Dalla stipula della UNFCCC a Rio nel 1992, al V report IPCC del 2014, alla COP22 di Marrakech 2016, accresciuta la consapevolezza delle azioni umane come motore principale dei cambiamenti climatici, degli impatti sull'ambiente e della necessità di azioni di mitigazione e adattamento a tutti i livelli (globale-locale).

Entro il 2018 gli Stati dovranno fare il punto sulle emissioni rispetto agli obiettivi di riduzione fissati dalla strategia Europa 2020.

Parole chiave nei documenti programmatici:

- ***Green growth***

- ***Sustainable development***

Documenti programmatici di governance regionale: lotta ai cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile e rinnovabile come principali mezzi di crescita economica, aumento della competitività ed attrazione di investimenti, anche in settori in forte crisi e che subiscono per primi le conseguenze del riscaldamento globale.

Il progetto Osservatorio Kyoto

L'Osservatorio Kyoto nasce nel 2004, per iniziativa della Regione Toscana e del CNR-IBIMET, con l'obiettivo di monitorare il bilancio della CO₂ a scala regionale e fornire una base di supporto al decision making sulle tematiche del cambiamento globale.

1. Sviluppare un **monitoraggio** regionale del sequestro di CO₂ da parte degli ecosistemi forestali, con tecnologie innovative
2. Redigere un ***bilancio delle emissioni nette di CO₂***
3. **Informare** e sensibilizzare: enti pubblici, mondo delle imprese, media e cittadini
4. **Supportare la Regione** nella definizione di politiche e strategie locali per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra.

Dall'Osservatorio Kyoto al Focal Point



Osservatorio Kyoto → (dal 2004)

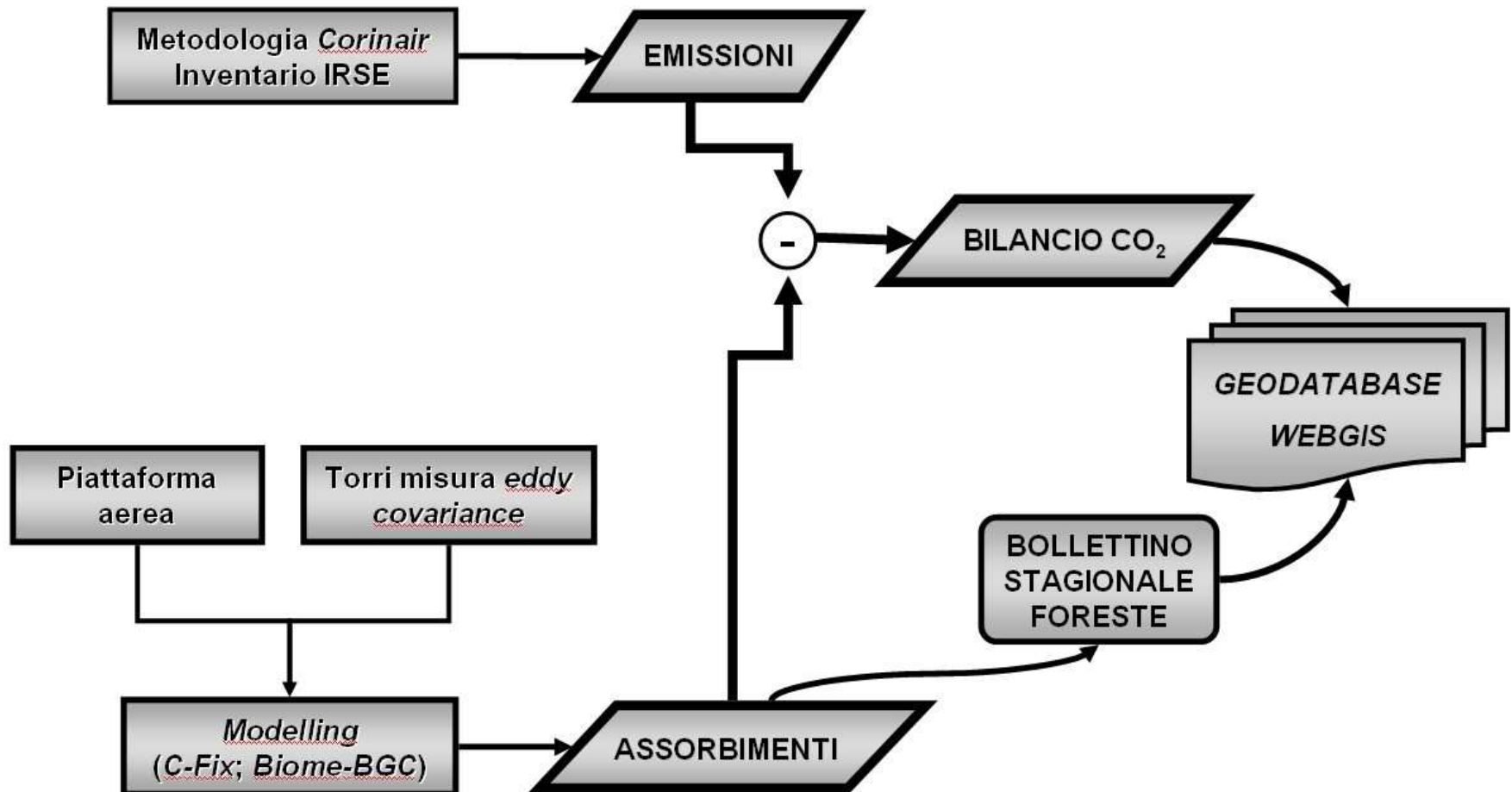
Progetto Ibimet-Regione Toscana per l'attivazione di strumenti di monitoraggio e supporto alla pianificazione in materia di riduzione delle emissioni e applicazione del Protocollo di Kyoto e del pacchetto UE "clima-energia"

Focal Point Kyoto → (dal 2010)

Trasferimento operativo presso il LaMMA

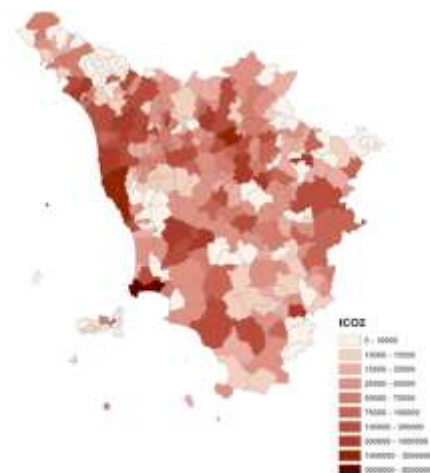
→ strumenti e competenze per una lettura integrata delle politiche per il clima, valutando le misure di mitigazione nel più ampio contesto delle peculiarità e criticità territoriali.

La catena di monitoraggio



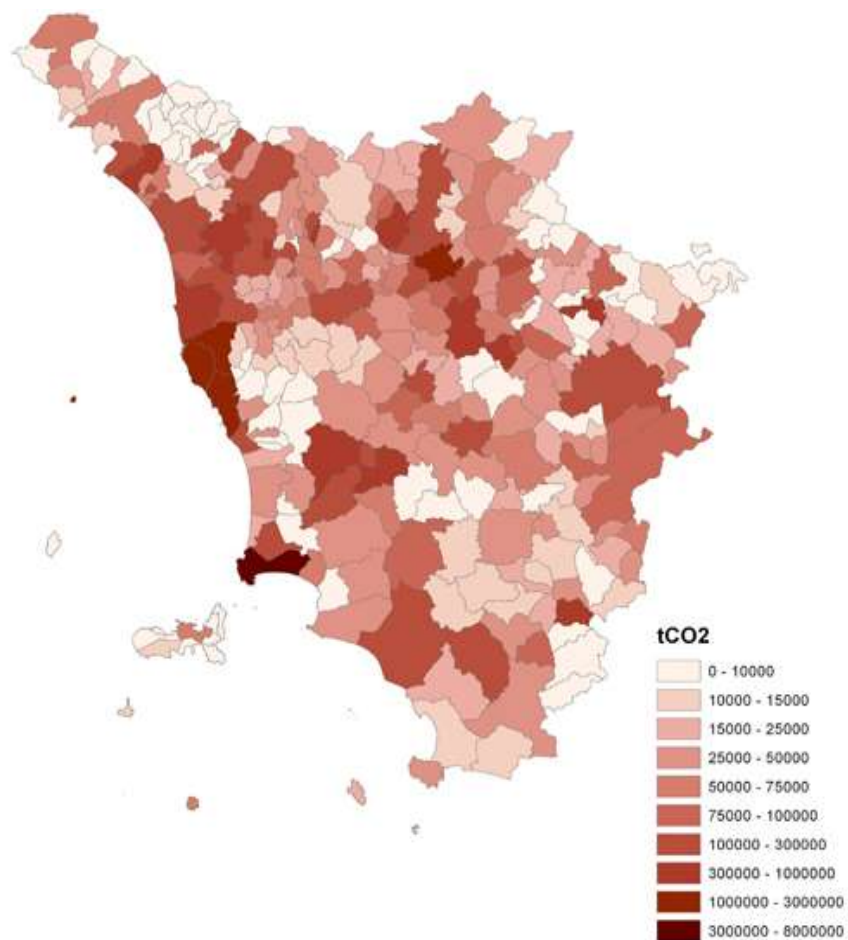
IRSE - Inventario Regionale Sorgenti Emissione in aria

- Inventario emissioni gas serra
- CO₂ - CH₄ - N₂O
- 1995 - 2000 - 2005 - 2007 - 2010
- disaggregazione spaziale e per attività
- emissioni diffuse, lineari, puntuali

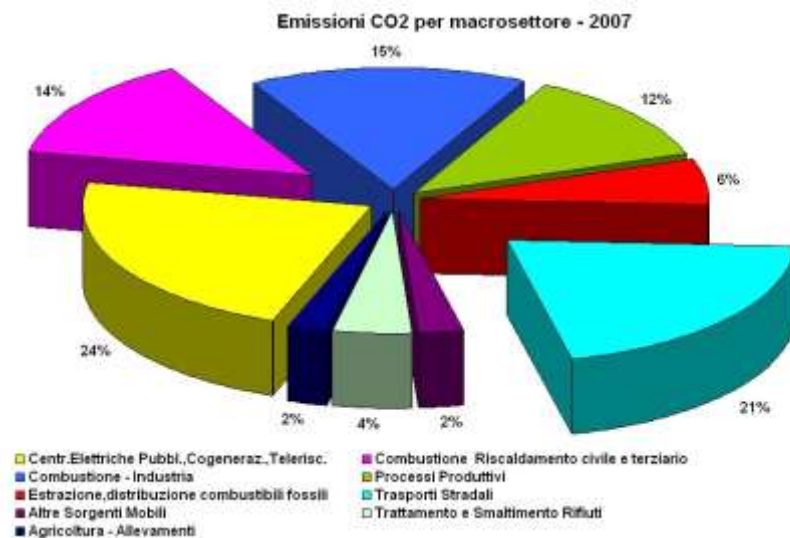


Emissioni di CO2

Aggregazioni a livello amministrativo



Analisi per macrosettore

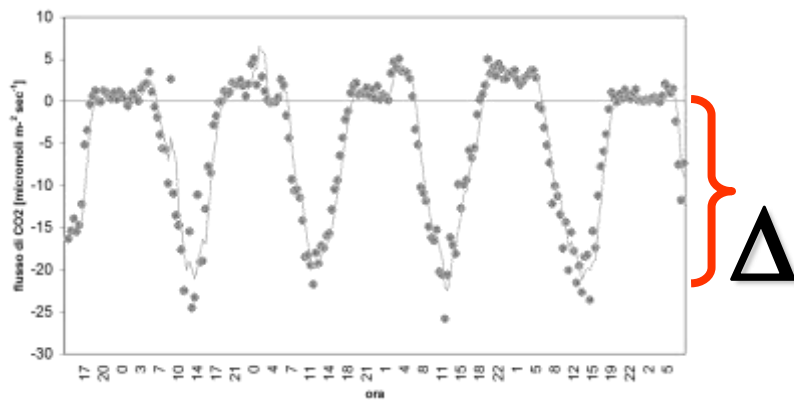


Ricerca e Monitoraggio

- **Misura dei flussi** gassosi ed energetici con tecnica **eddy covariance** da torri e piattaforme aeree in ecosistemi rappresentativi del territorio regionale
- **Modellistica**: calibrazione e validazione di modelli per la stima dei flussi di CO₂ e acqua (C-Fix; BIOME/BGC) di ecosistemi forestali, utilizzando dati meteo-climatici, ancillari e da satellite.



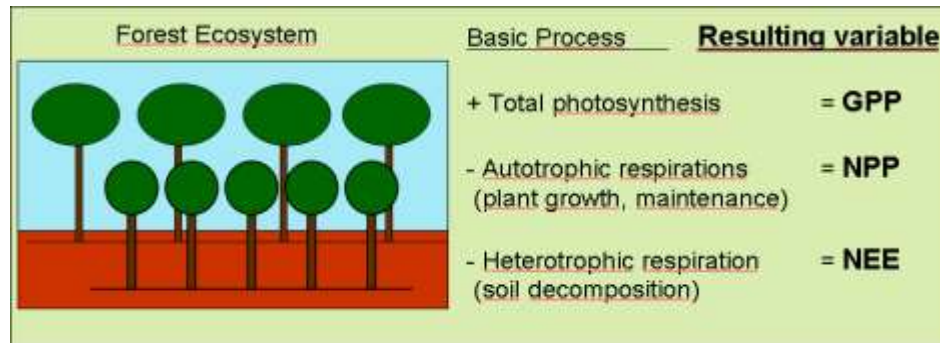
Eddy covariance



- La tecnica eddy covariance permette misure dirette dei flussi gassosi ed energetici
- le misure sono limitate ad aree più o meno ristrette (non solo in ambito forestale) e permettono studi di dettaglio
- sono inadatte per monitoraggi su vasta scala a fini operativi e di supporto alle strategie politiche di lotta al climate change.

Approccio modellistico

- Tutti i paesi firmatari del Protocollo di Kyoto (1997) si sono impegnati per fornire un monitoraggio dei flussi di carbonio e degli stock accumulati nei diversi ecosistemi.
- Il progetto “Osservatorio Kyoto” della Regione Toscana nasce per soddisfare queste esigenze.
- Il telerilevamento da satellite può dare un contributo decisivo per la stima della produzione primaria lorda (GPP) così come la modellistica può fornire una corretta simulazione dei flussi netti (NPP ed NEE) di carbonio forestali.



All'interno dell'Osservatorio si è implementata una metodologia operativa che integra dati telerilevati a diversa risoluzione con un modello di simulazione ecosistemica per ottenere stime di flussi netti delle foreste Toscane.

Modellistica

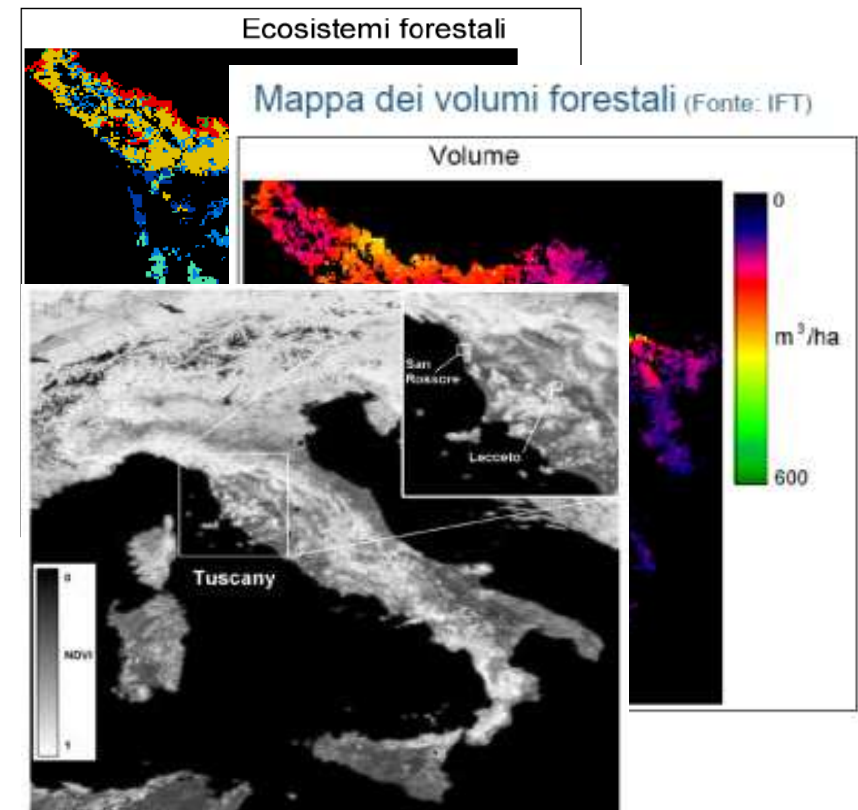
La metodologia implementata integra gli output del *modello parametrico C-Fix*, basato su dati telerilevati, con quelli del *modello di simulazione ecosistemica Biome-BGC*, per ottenere **stime di produttività lorda e flussi netti delle foreste toscane** a diverse scale spaziali e temporali.

Dati di input:

- informazioni riguardanti l'area di studio e parametri della vegetazione:
 - Mappa digitale del terreno
 - Mappa di distribuzione delle foreste (Arrigoni, 1998)
 - Mappa dei volumi (IFT)
 - Mappa dei suoli Toscana (1:250.000)
 - Immagini MODIS NDVI (risoluzione 250m)
- dati meteo *giornalieri (dal 1996)*

Carta della tipologia dei boschi toscani

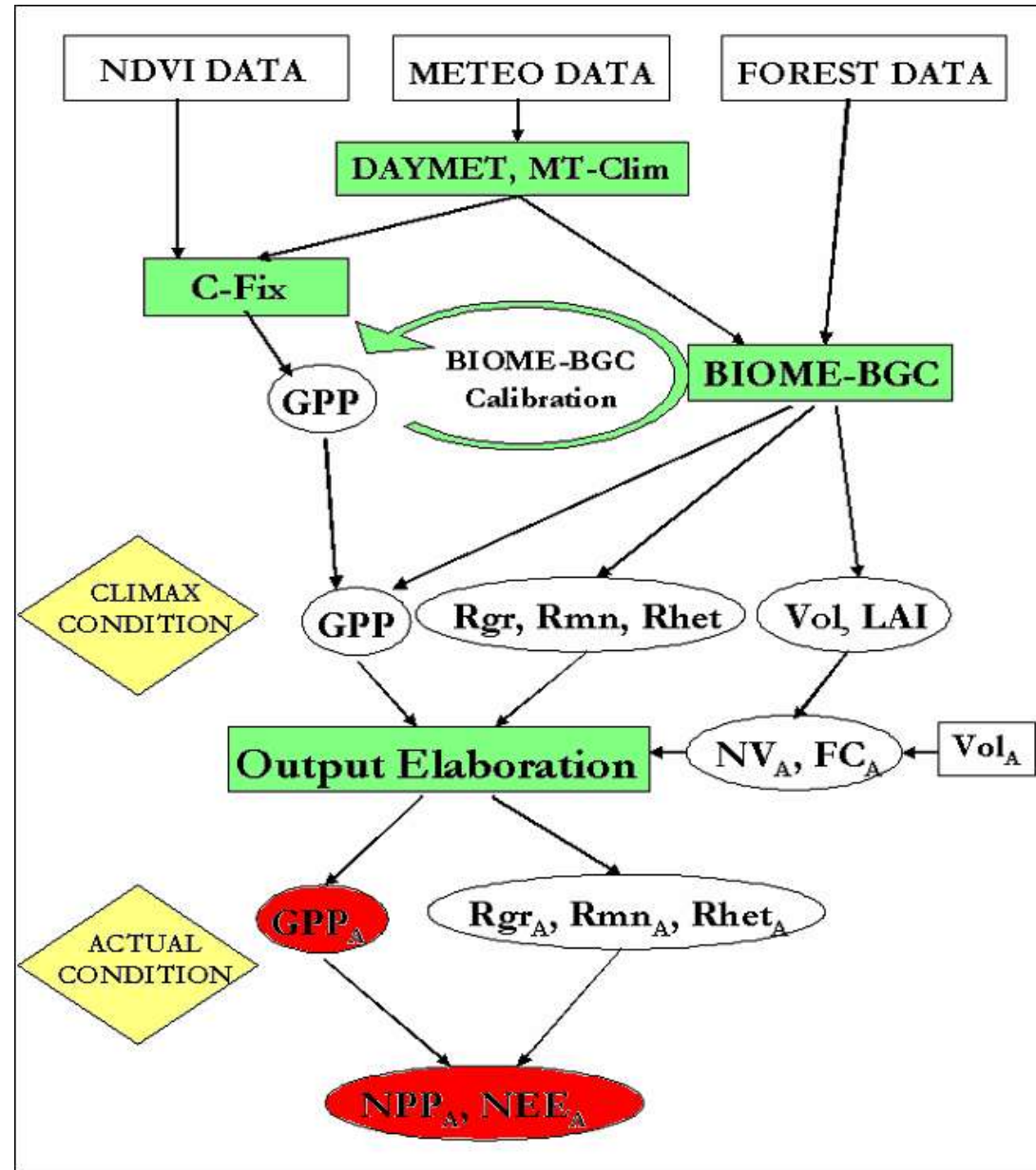
(Fonte: Arrigoni)



Metodologia

Le stime più accurate di GPP di C-Fix sono state utilizzate sia per calibrare che per guidare le funzioni di BIOME-BGC. Quest'ultimo ha poi prodotto stime di respirazione autotrofa ed eterotrofa degli ecosistemi. Si è così ottenuto una stima di NPP e NEE di ecosistemi in quasi-climax.

La correzione di tali flussi è stata ottenuta utilizzando come proxy della distanza dal climax il rapporto $\text{Vol}/\text{Vol}_{\text{max}}$, dove Vol indica la stima di volume ottenuta dai dati dell'inventario forestale regionale e Vol_{max} è il valore simulato da BIOME-BGC.



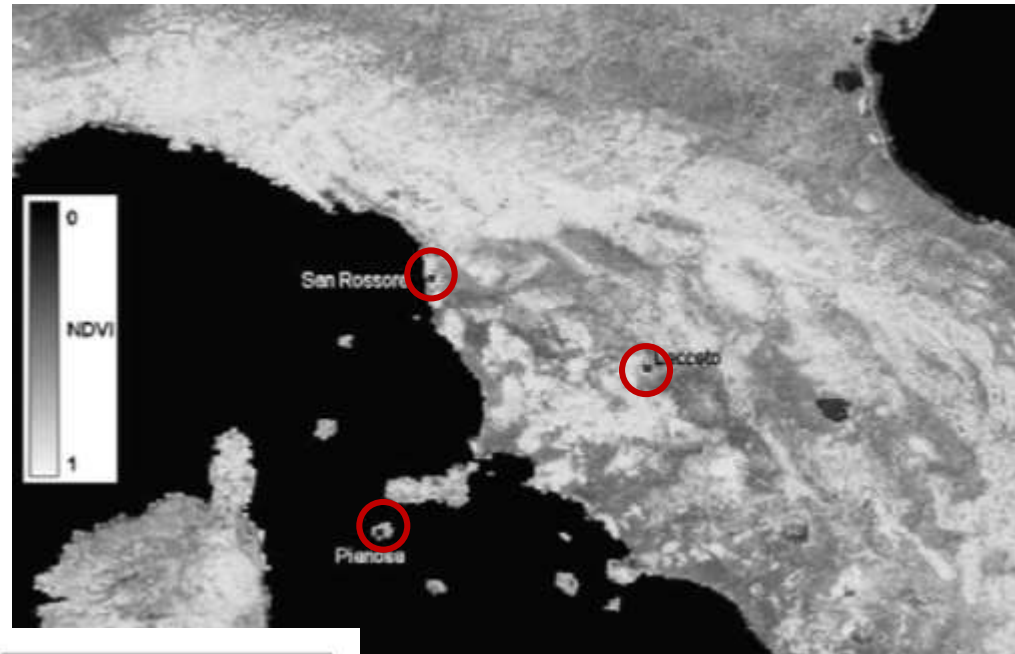
Validazione del modello

La validazione è stata effettuata utilizzando i dati delle torri eddy covariance presenti sul territorio toscano:

- San Rossore (pineta)
- Lecceto (lecceta)
- Pianosa (macchia mediterranea)

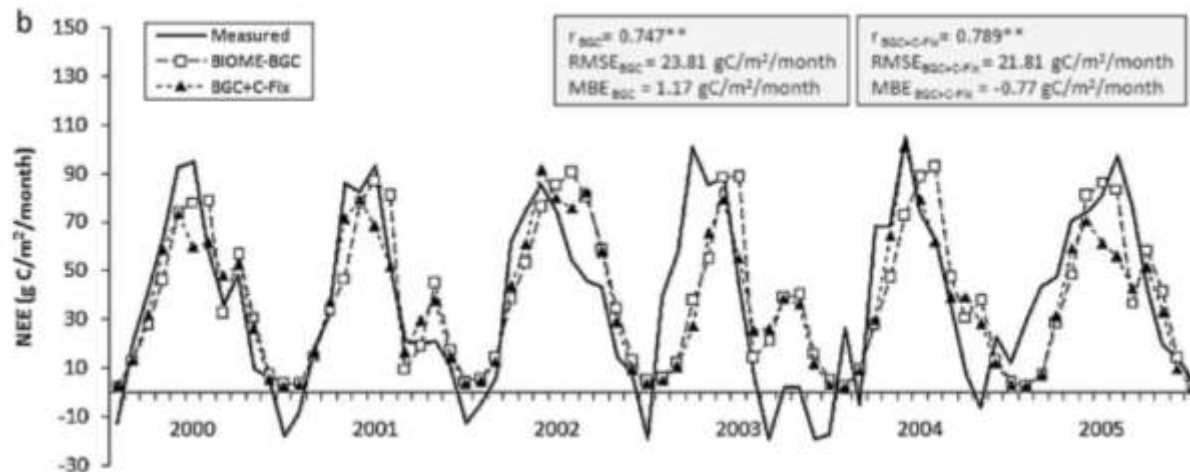
Studi anche su

- colture arboree (olivo)
- urbano (Ximeniano)



San Rossore

Chiesi et al., 2011



Andamento assorbimenti

NEE (Net Ecosystem Exchange) - 1996

Condizioni climatiche avverse (*ondate di calore e siccità*) influenzano la **capacità di immagazzinare carbonio (e quindi CO₂)** da parte degli ecosistemi forestali.

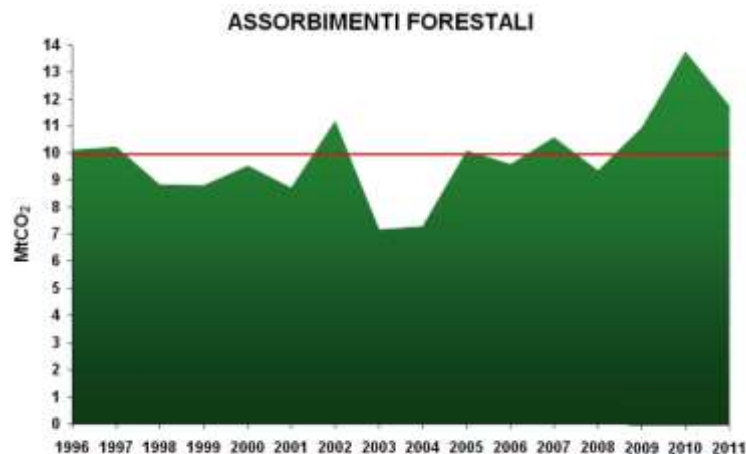
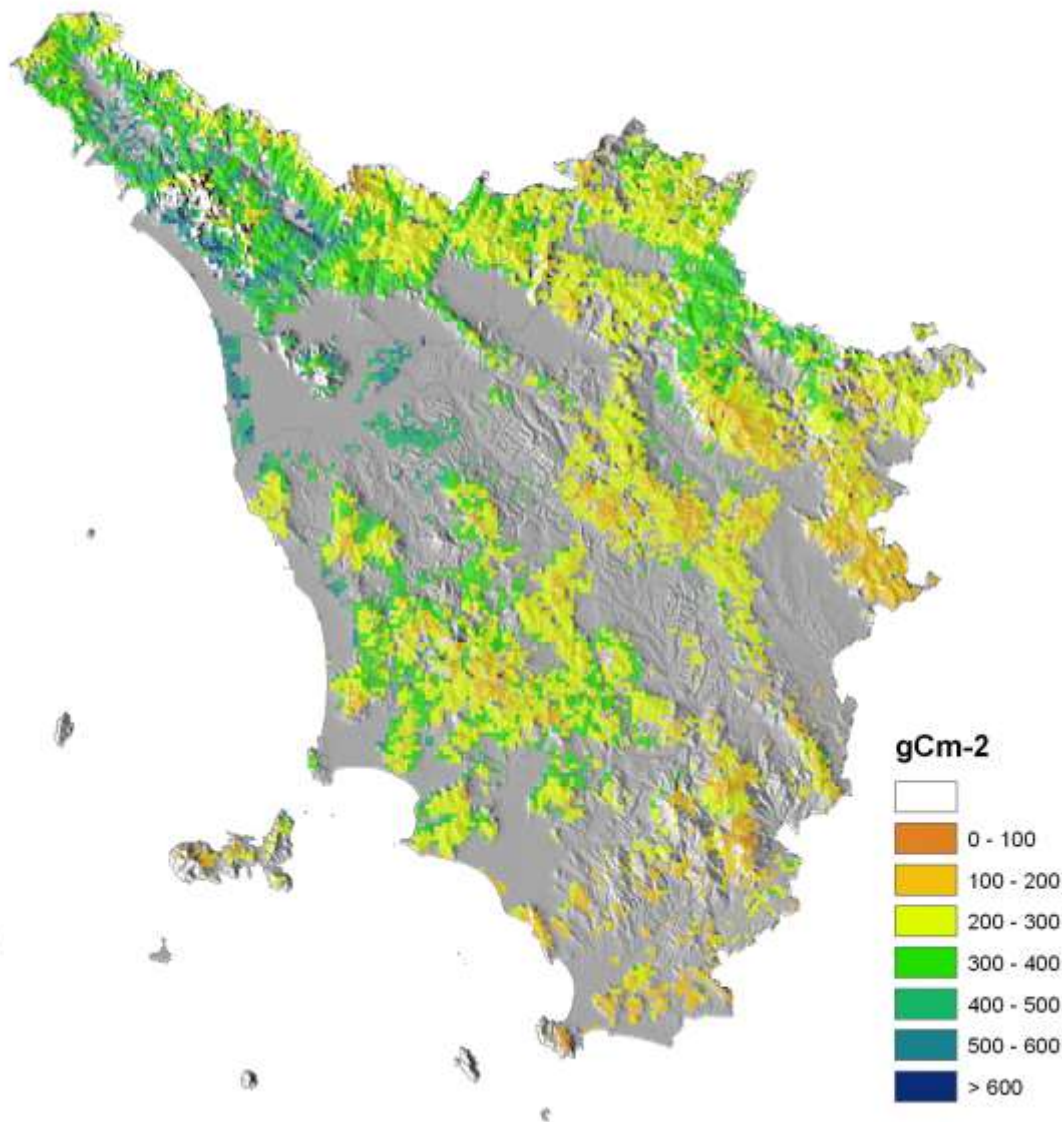


Fig. 7 - NEE (scambio netto di CO₂ dell'ecosistema) delle foreste toscane stimato con il modello Biome-BGC. (Fonte: IBIMET-LaMMA)



Monitoraggio stagionale

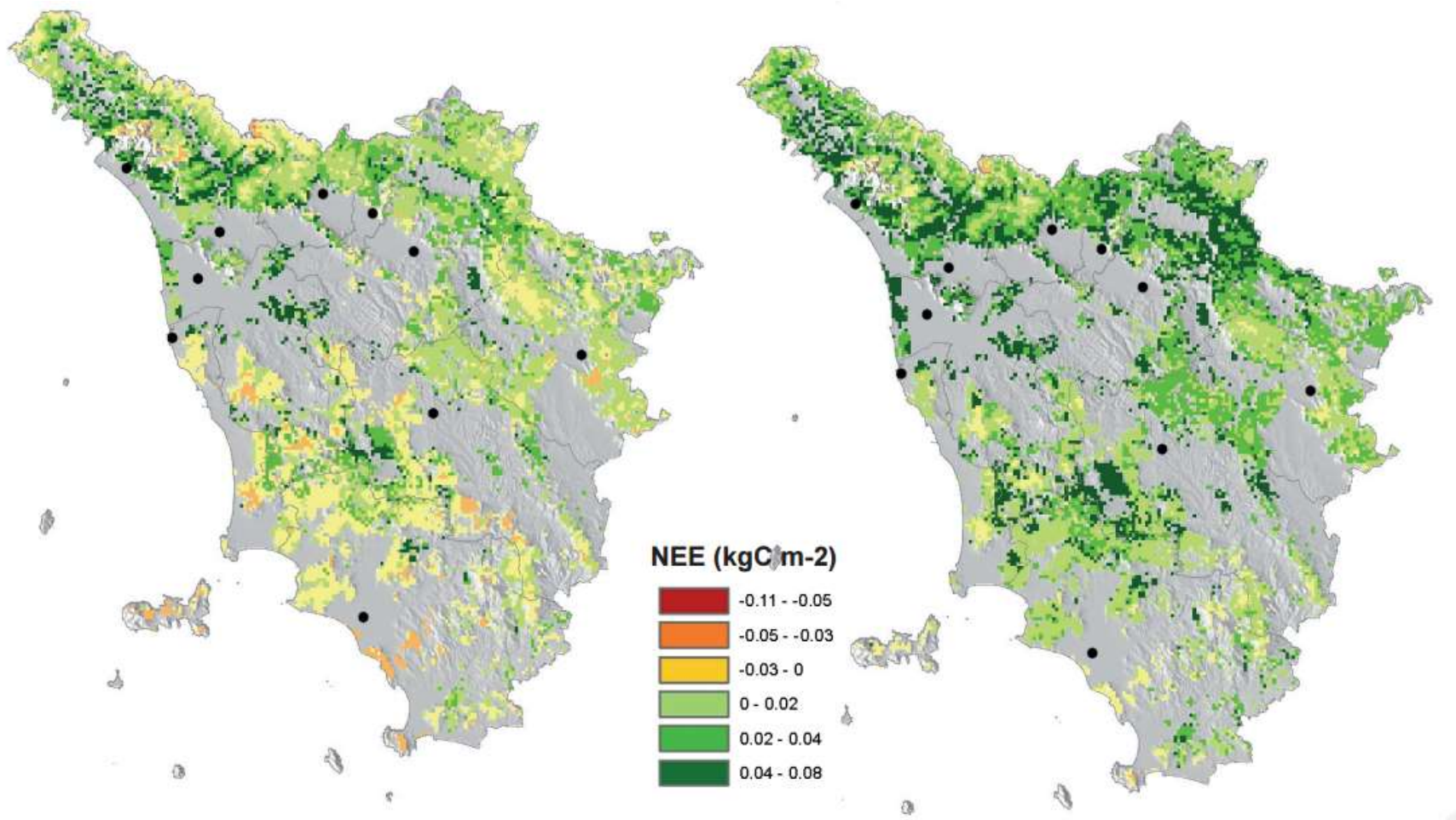
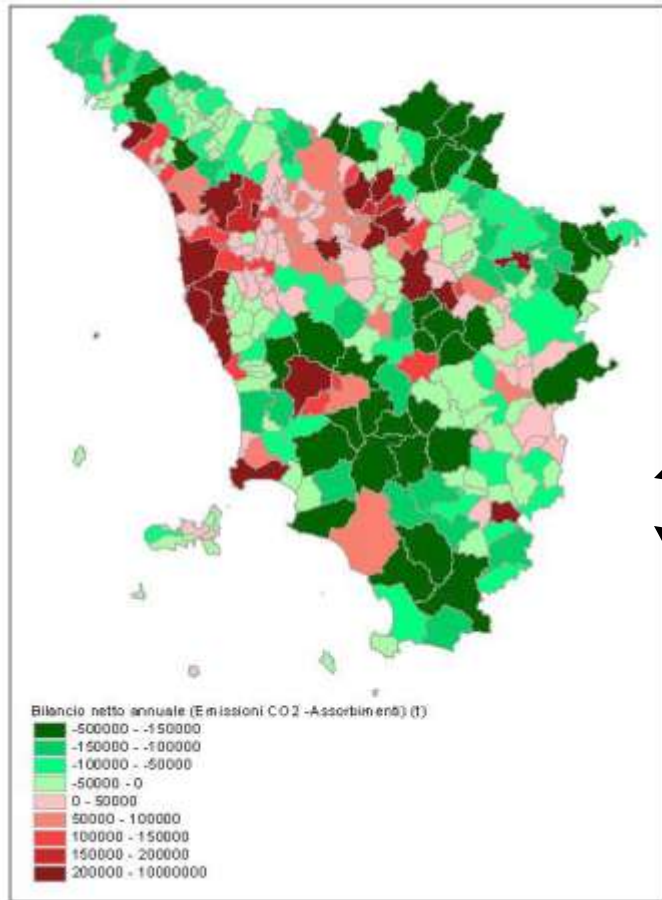


Fig. 6a - NEE Aprile-Maggio-Giugno 2012

Fig. 6b - NEE media Aprile-Maggio-Giugno 1996-2008

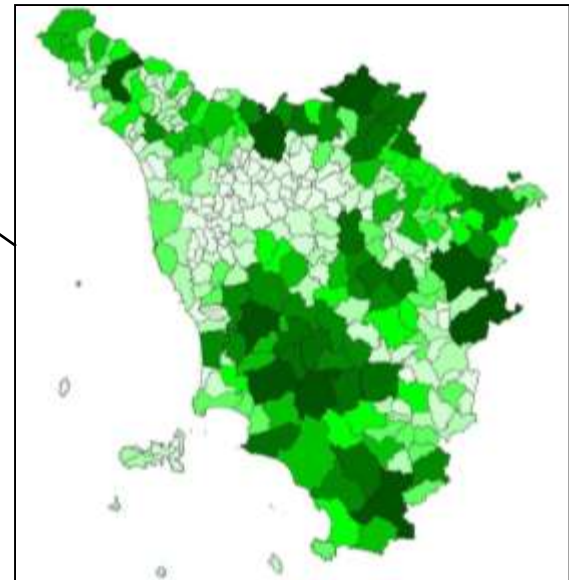
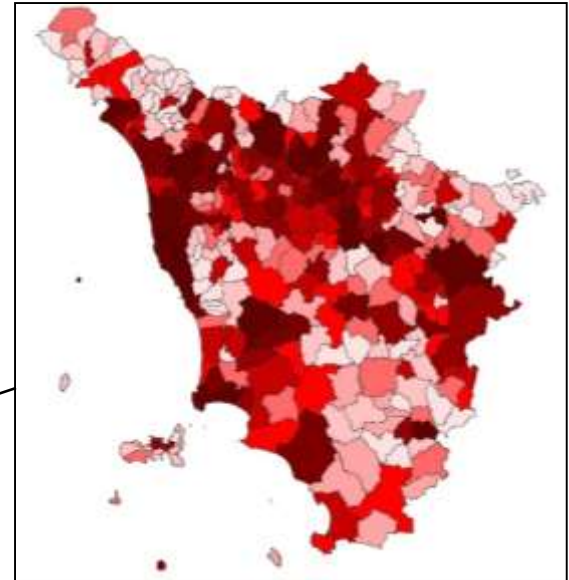
Bilancio del carbonio - 2000



+33 Mt CO₂
emesse nel
2000



- 15 Mt CO₂
sequestrate
nel 2000



Carbon stock

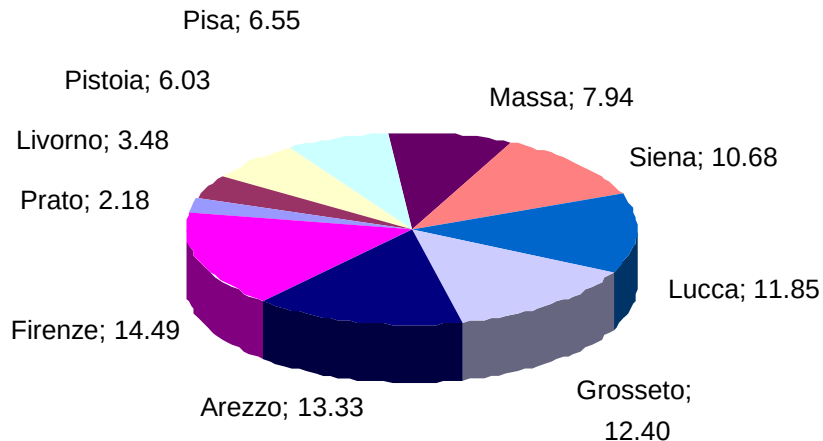
Metodologia IPCC, Good Practice Guidance for LULUCF

(Federici et al., 2008)

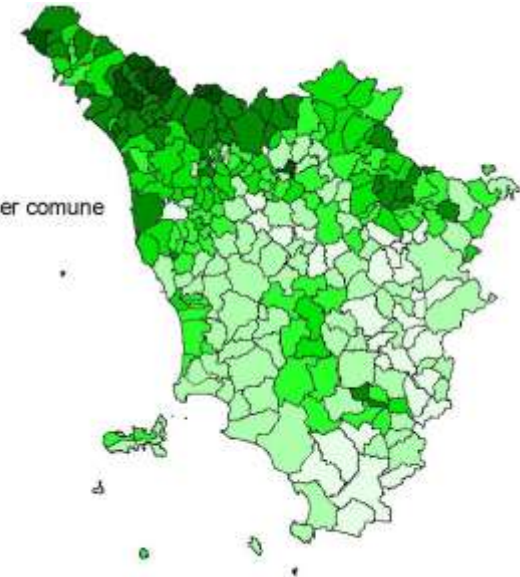
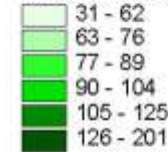
Boschi in Toscana: superficie forestale **1.086.016 ha**, pari al 47% del territorio regionale.

Lo stock di carbonio della biomassa viva nella foresta toscana (1993) era di circa 89.200.000 tC, pari a **330 Mt CO₂**, circa **otto volte le emissioni del 2004** (dati IRSE).

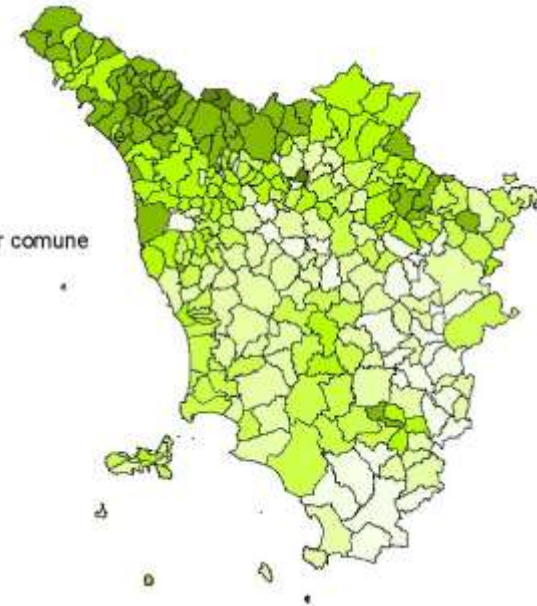
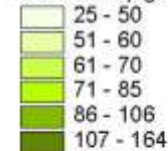
Carbonio totale per province (M tonnellate)



Carbonio totale ad ettaro medio per comune



Carbonio epigeo ad ettaro medio per comune



...alla gestione integrata del territorio

-

Trasformazioni

CO₂ come parametro di confronto

- CO₂ come **unità di misura** per raffrontare e valutare
 - emissioni (uso dell'energia...)
 - assorbimenti (capacità dell'ecosistema)
- CO₂ è quantificabile e **misurabile**



Relazione e confronto tra

→ consumi energetici



→ emissioni legate ai consumi di energia elettrica



→ assorbimenti di CO₂ necessari per compensare



→ ipotesi di produzione locale di energia elettrica da fonte rinnovabile



Boschi di leccio e consumi elettrici

Ondata di calore Luglio 2006

Media dei consumi elettrici

Anno 2006 (escluso Luglio)

+ 0.77% rispetto 2005

Luglio 2006

+ 5%



Uso intenso dei condizionatori

Aumento uguale a circa 100 GWh rispetto al 2005, che significa che nel Luglio del 2006 la Toscana ha emesso **60,000 t CO2 in più del 2005**.

Emissione netta boschi di leccio Luglio 2006 ammonta a **161,755 t CO2**, (misure dalla torre di Lecceto) oltre il doppio di quella dovuta ai consumi elettrici



Importanza delle politiche di gestione

Consumi elettrici - Provincia Firenze 2009

Consumi
energia elettrica
4,3517 TWh

= 23% dei consumi
elettrici totali Toscana



Terziario **42 %** (1,8252 TWh)

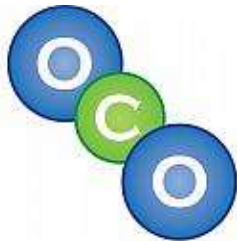


Industriale **30 %** (1,3301 TWh)



Domestico **26 %** (1,1523 TWh)

Emissioni di CO₂ legate ai consumi elettrici



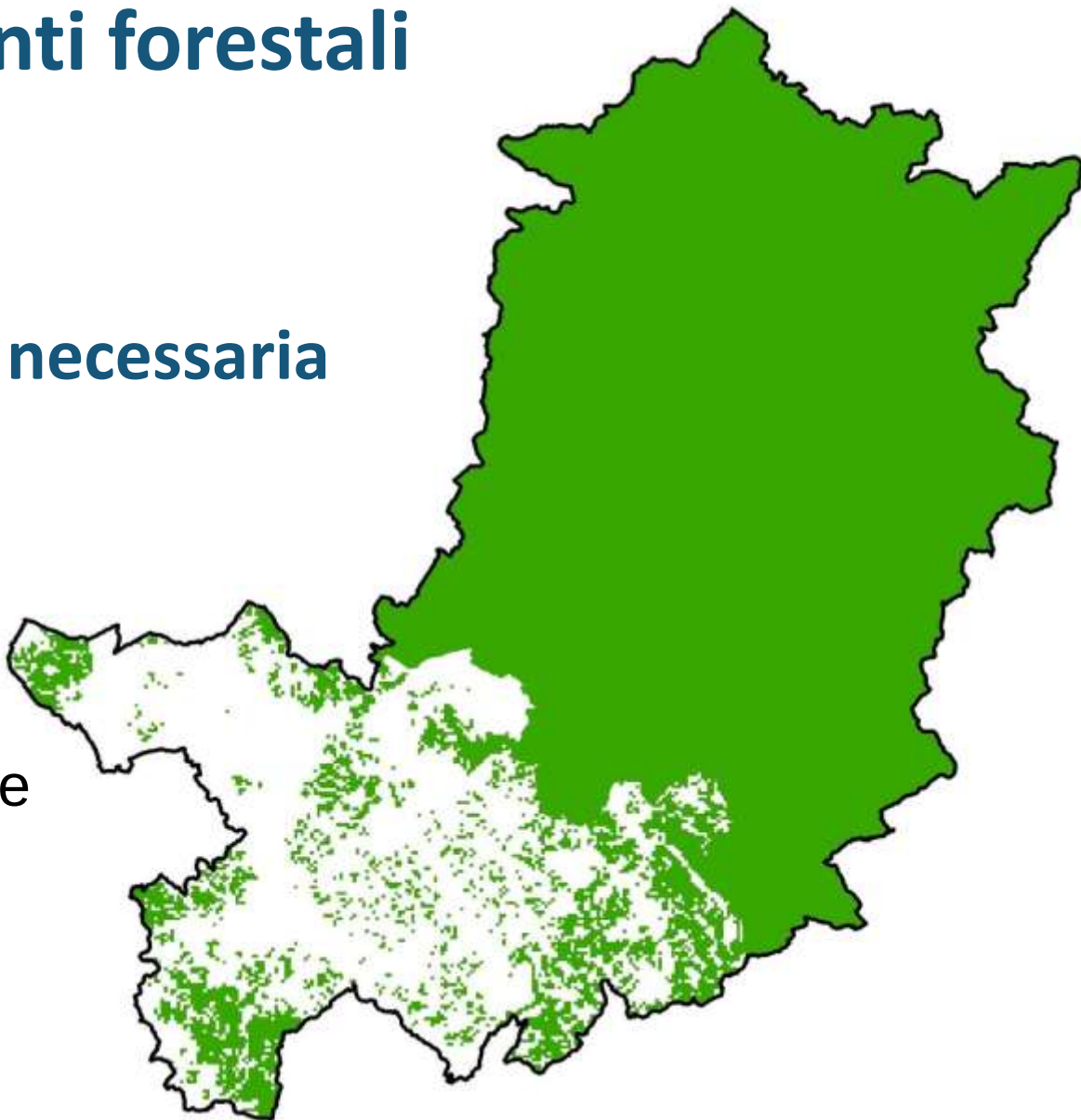
2.311.000 Tonnellate di CO₂

1) Compensare le emissioni con gli assorbimenti forestali

**Superficie forestale necessaria
per compensazione**

2599 km²

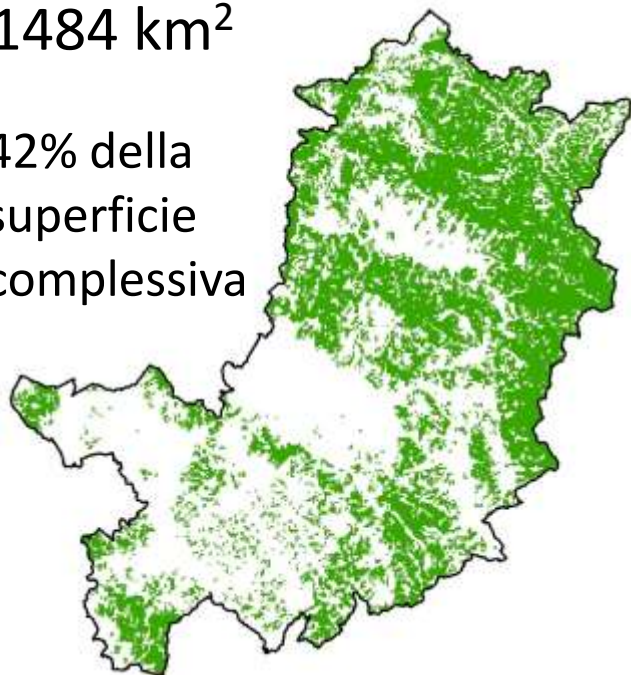
**74% della superficie
complessiva** dovrebbe
essere ricoperta da
boschi



Superficie forestale esistente

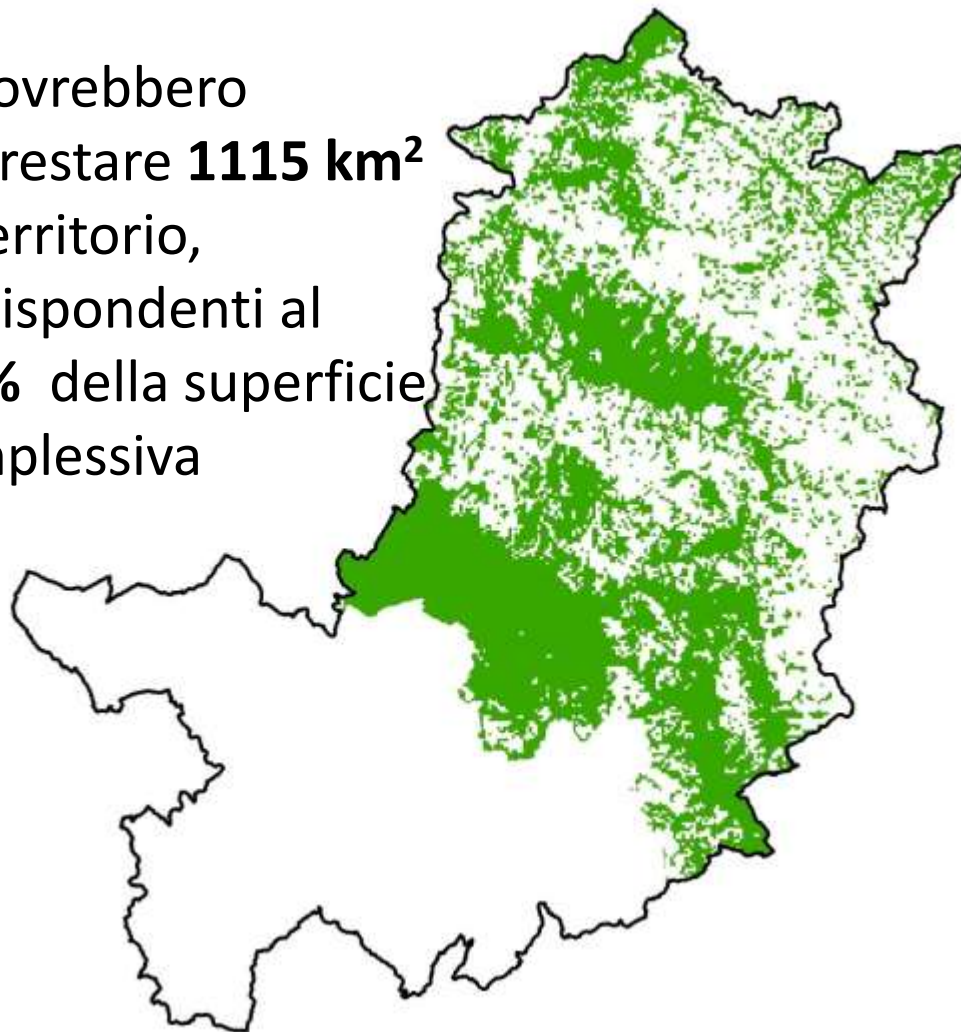
1484 km²

42% della
superficie
complessiva



Superficie forestale “mancante”

Si dovrebbero
afforestare **1115 km²**
di territorio,
corrispondenti al
32 % della superficie
complessiva



2) Produrre energia con fonti rinnovabili: CO2 “evitata”

Superficie necessaria per coprire il fabbisogno elettrico mediante energia fotovoltaica:

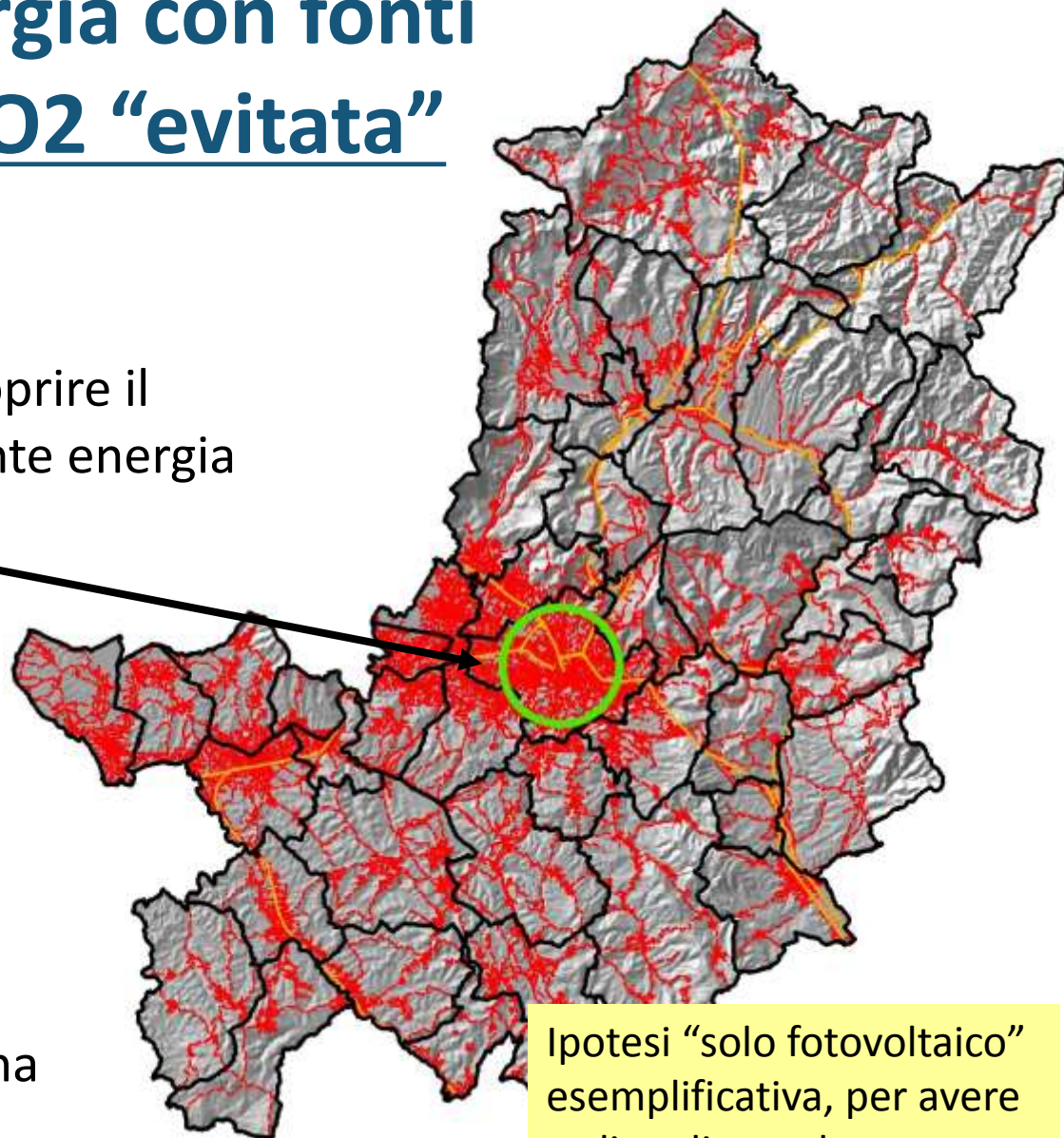
66 km²

1,9 %

della superficie provinciale

0,29 %

della superficie totale Toscana

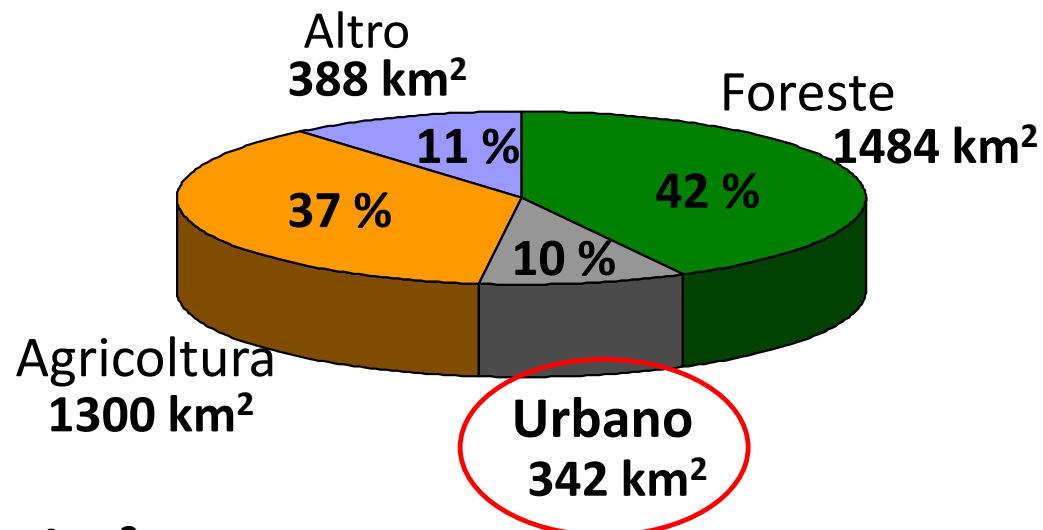


Ipotesi “solo fotovoltaico”
esemplificativa, per avere
ordine di grandezza
→ mix energetico

Alcune considerazioni



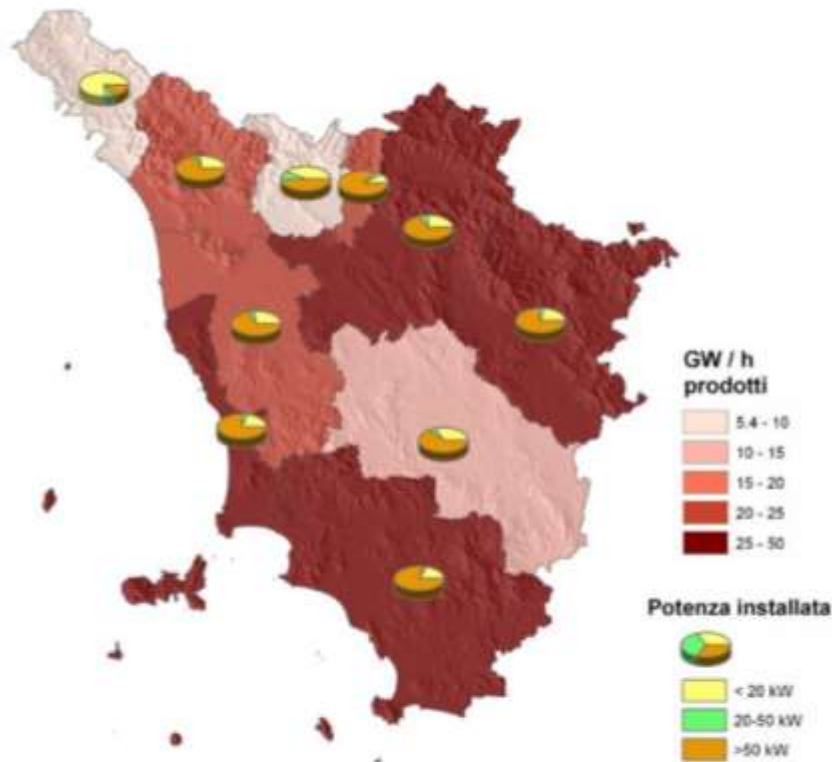
Superficie per compensazione	2599 km ²
Superficie fotovoltaico	66 km ²



- Superficie urbana: **342 km²**
- In 10 anni (1996-2007) la superficie urbana è aumentata di **43 km²** (LaMMA)
- Coperture edifici totali: **50 km²** (PEAP Prov Firenze)
- Superfici edificate coperte, potenzialmente idonee all'installazione di pannelli FV: 2,5 km²

3) CO2 evitata con l'uso del fotovoltaico

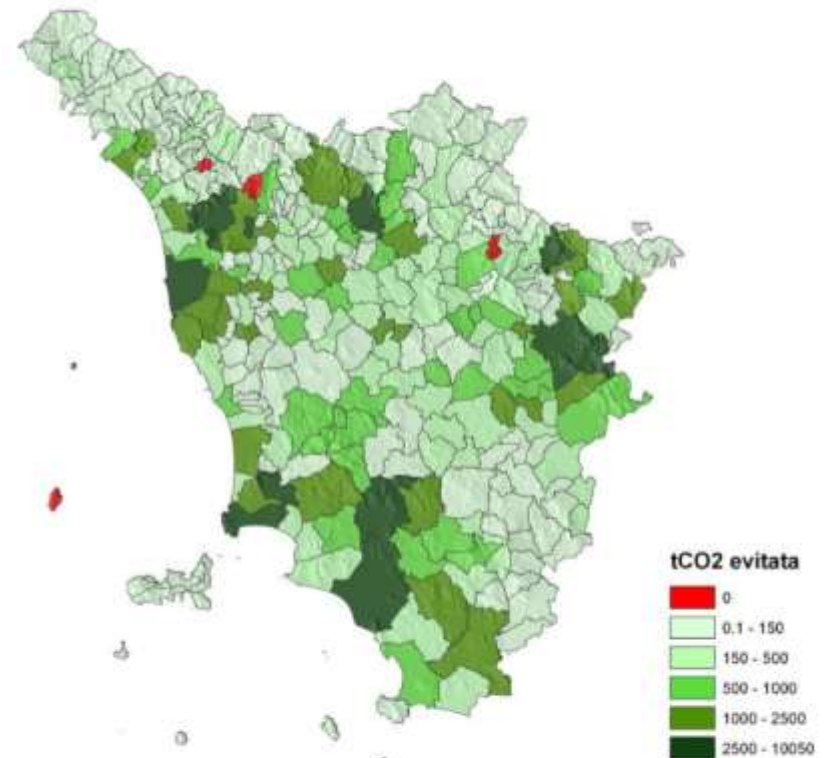
**Impianti fotovoltaici
Energia prodotta Gennaio-Giugno 2011**



Elaborazione su dati GSE
<http://atlascle.gse.it/viewer.htm>

Totale regionale: 214 GW/h

**Impianti fotovoltaici
CO2 evitata Gennaio-Giugno 2011**



Elaborazione su dati GSE
<http://atlascle.gse.it/viewer.htm>

Totale regionale: 138844 tCO2

Applicazioni a livello locale

Tutti gli studi e i tools messi a punto in ambito climatico per il territorio toscano fungono da punto di partenza per le valutazioni necessarie alla predisposizione di linee guida e piani d'azione locali:

- Piano Ambientale ed Energetico Regionale
- Rapporto annuale stato dell'ambiente in Toscana
- Certificazione della Riduzione delle Emissioni di Gas a Effetto Serra per la Provincia di Siena (Siena carbon free)
- Parco agricolo della Piana, integrazione al PIT (qual è il ruolo del verde urbano?)
- Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile (Patto dei sindaci)
- ...

GRAZIE

Ramona Magno - r.magno@[ibimet.cnr.it](mailto:r.magno@ibimet.cnr.it)