

## **Monitoraggio multi-risorse degli ambienti naturali e semi-naturali in Molise**

G. Chirici (\*), V. Garfi (\*), P. DiMartino (\*), R. Tognetti (\*), N. Pavone (\*\*),  
M. Ottaviano (\*), D. Tonti (\*), B. Lasserre (\*), G. Santopuoli (\*), M. Marchetti (\*)

(\*) DISTAT, Università del Molise, Contrada Fonte Lappone snc, 86090 Pesche (IS)  
tel. 0874404138, e-mail: [gherardo.chirici@unimol.it](mailto:gherardo.chirici@unimol.it)  
(\*\*) Regione Molise, Campobasso.

### **Riassunto**

Nell'ambito di una proficua collaborazione instaurata tra Università degli Studi del Molise e Regione Molise negli ultimi cinque anni si sono avviati una serie di progetti finalizzati al monitoraggio di diverse componenti degli ambienti forestali e delle altre aree naturali e semi-naturali. Il presente contributo illustra le metodologie e i risultati raggiunti nell'uso integrato di fonti telerilevate a diversa risoluzione e di sistemi di inventariazione su base probabilistica con rilievi a terra finalizzati alla produzione di diversi strati informativi tematici, tra di loro integrati. La carta dei tipi forestali, il censimento degli impianti di arboricoltura da legno, la restituzione cartografica degli alberi fuori foresta e la carta della biomassa sono solo alcuni dei prodotti realizzati.

### **Abstract**

Within the framework of a long term partnership between University of Molise and local government of Regione Molise several projects related to forest and environmental monitoring were developed. The current paper introduces some of the main products describing methods, data used and main results achieved mainly in the field of monitoring systems based on the integrated use of remotely sensed data and probabilistic field based sampling design. The results here presented are related to different products: multitemporal forest mapping, biomass mapping and estimation, trees outside forest mapping, tree plantations.

### **Introduzione**

L'Università degli Studi del Molise, Dipartimento STAT (in collaborazione con vari soggetti, tra cui lo spin off Forestlab Centre srl e il CRA) ha avviato una proficua collaborazione con la Regione Molise per la realizzazione di una serie di strati informativi tematici orientati al monitoraggio degli ambienti naturali e semi-naturali.

Nonostante talvolta si trattasse di progetti amministrativamente non collegati si è fatto il possibile affinché venissero integrati tra di loro da un punto di vista operativo. Il risultato è costituito da un geodatabase che riunisce una serie di strati informativi e restituisce un quadro completo sulle caratteristiche e sulla dislocazione spaziale delle principali risorse forestali e degli altri ambienti naturali e semi-naturali.

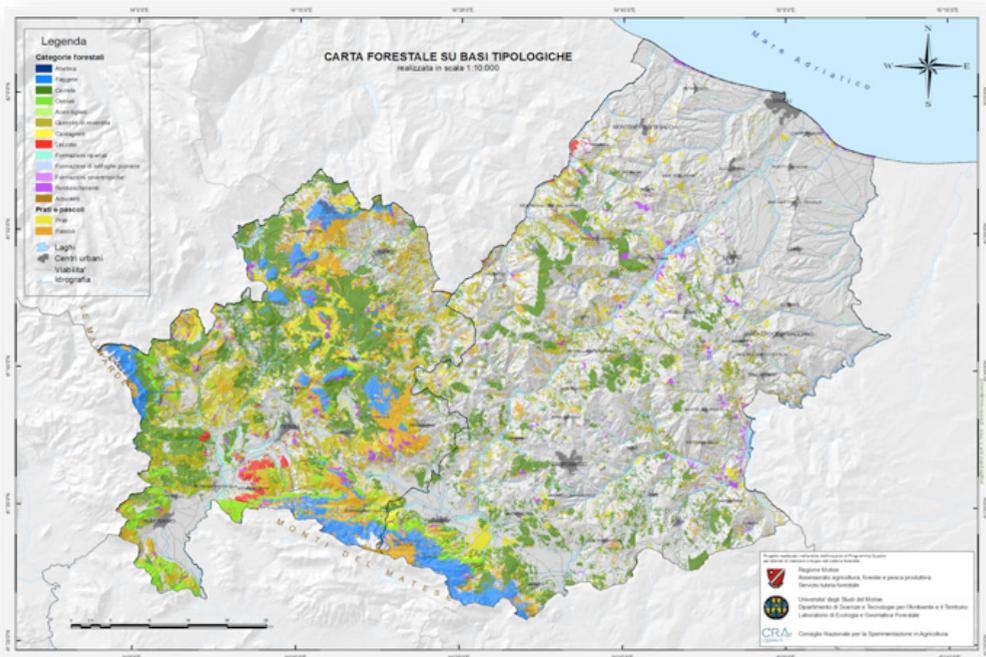
Questo contributo non segue la tradizionale struttura introduzione/materiali e metodi/risultati/discussione ma è organizzato in sezioni, una per ognuno degli strati informativi prodotti.

### **Carta forestale su basi tipologiche**

Il progetto di cartografia forestale si è avviato con la definizione di un sistema nomenclaturale delle tipologie forestali della Regione Molise. L'inquadramento è articolato in 14 categorie e 38 tipi (di

cui 7 varianti). La cartografia è stata realizzata in scala nominale di 1:10.000 per fotointerpretazione manuale in ambiente GIS di immagini ADS40 a colori naturali (0,5 metri di risoluzione geometrica), supportata da un'intensa attività di rilievo in campagna (Chirici et al., 2009). La carta è datata 2007, utilizza un'unità minima cartografabile di 0,5 ha (20 m di larghezza per gli elementi lineari) e adotta la definizione di bosco originariamente proposta dalla FAO (FAO, 2000), successivamente utilizzata dall'Inventario Forestale Nazionale (INFC, 2007) e oggi intesa come standard di riferimento (Vidal et al., 2008). La cartografia riporta per ogni poligono di bosco anche il tipo colturale e il grado di copertura delle chiome. La cartografia forestale su basi tipologiche a livello di tipi forestali al collaudo ha dimostrato un'accuratezza tematica (in termini di *overall accuracy*) superiore all'85%.

Alla cartografia in un secondo momento sono state aggiunte anche le aree relative a prati e pascoli.



*Figura 1 – Carta forestale su basi tipologiche realizzata per la Regione Molise in scala 1:10.000. La legenda riporta il sistema di nomenclatura tipologico a livello di categoria e include anche le coperture a prati e pascoli.*

L'area indagata dalla carta corrisponde alla superficie totale della regione Molise pari a 443.758 ha, sono stati classificati tra le formazioni arboree e arbustive 157.609 ettari, ovvero il 35,52% della superficie totale. Il tipo forestale più diffuso è la cerreta mesoxerofila che occupa un'area di poco superiore ai 31.000 ettari pari al 19,73% della superficie forestale, seguita dalla cerreta mesofila (29.323 ettari pari al 18,61%) e dal querceto a roverella mesoxerofilo che occupa una superficie di 27.670 ettari pari al 17,56% dell'intera area boscata.

Successivamente una serie di cartografie forestali storiche sono state digitalizzate e armonizzate con la cartografia forestale su basi tipologiche: la Carta della Milizia Forestale realizzata in scala 1:25.000 nel 1936, una cartografia della vegetazione basata sulla fotointerpretazione del volo del Gruppo Aereo Italiano (GAI) acquisito nel 1954 e una cartografia dell'uso del suolo basata sul Volo Italia del 1992.

Dall'analisi di *overlay* delle quattro cartografie la copertura forestale regionale appare costantemente in aumento. Dai 49.000 ha di bosco cartografati nel 1936 si è passati a 71.600 ha nel 1954, a circa 121.000 ha nel 1992 per giungere agli odierni 151.000 ha (Figura 2).

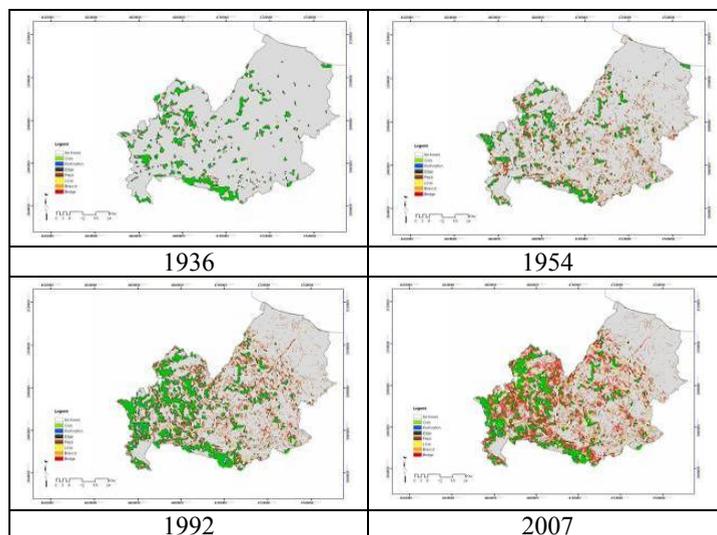


Figura 2 – Evoluzione storica della copertura forestale nella Regione Molise.

### Inventario forestale

In Italia le statistiche ufficiali sulle caratteristiche delle superfici forestali e delle altre terre boscate sono rese disponibili a livello regionale dall'Inventario Forestale Nazionale (INFC, 2007). L'inventario forestale della Regione Molise è stato progettato e realizzato per fornire una base utile alla creazione di una serie di cartografie tematiche (la prima a essere realizzata è la carta della biomassa); non è un prodotto finale ma solo intermedio, e come tale è stato ottimizzato in modo da massimizzarne la propria funzionalità. Il disegno campionario utilizzato è sistematico non allineato. Complessivamente sono state realizzate 236 unità di campionamento nel periodo 2005-2009 nelle quali sono stati rilevate variabili qualitative e quantitative della vegetazione arborea ed erbacea. Il primo impiego operativo di questa banca dati è stato quello dell'elaborazione della carta delle biomassa.

### Carta della biomassa

La stima della quantità di biomassa epigea delle formazioni forestali, dei prati e dei pascoli permette la quantificazione diretta della capacità di assimilazione del carbonio presente in atmosfera. È quindi particolarmente utile per ricostruire l'efficacia della vegetazione nella mitigazione dell'effetto serra e per quantificare le risorse sul territorio indagato. La carta della biomassa della Regione Molise è stata realizzata in formato raster con risoluzione di 20 m integrando tre strati informativi: la carta forestale, l'inventario forestale e una immagine IRSP6 LISS III acquisita nel luglio 2006. La scelta del tipo di immagine è il risultato di una fase di ottimizzazione del modello di stima basato sul confronto tra immagini SPOT5, Landsat 7 ETM+ e, appunto, IRS (Chirici et al., 2010).

La stima della biomassa epigea è stata realizzata per ognuno dei pixel dell'immagine IRS classificati come bosco, prato o pascolo nella carta forestale tramite algoritmo *k*-nearest neighbors (*k*-NN) a partire dai dati misurati a terra nell'inventario. Nell'applicazione in oggetto è stato utilizzato  $k=6$  e un algoritmo per il calcolo della distanza multispettrale con pesi fuzzy, maggiori

dettagli sull'algorithmo di stima sono presentati in Chirici et al. (2008). L'accuratezza della stima in termine di errore quadratico medio percentuale calcolata contro i 224 punti inventariali rilevati a terra con procedura *leave-one-out* è stata pari a circa il 5% (Figura 3).

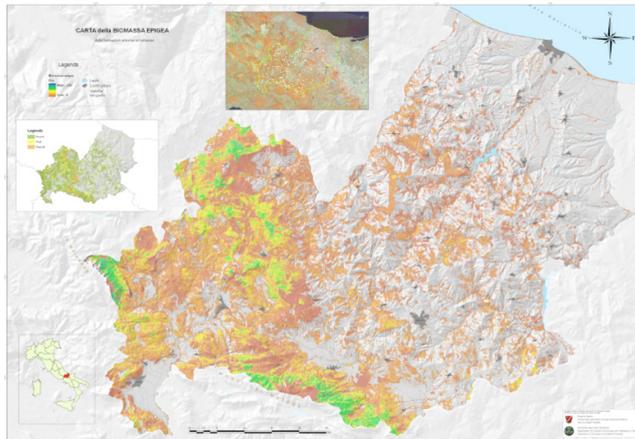


Figura 3 – La carta della biomassa epigea della Regione Molise. In alto sono rappresentati i 224 punti inventariali rilevati a terra utilizzati nel modello sulla base di una copertura Landsat. A sinistra in alto la distribuzione dei boschi, prati e pascoli della carta forestale e in basso la localizzazione della Regione Molise.

### Carta delle piantagioni da legno

Per identificare la distribuzione geografica degli impianti di arboricoltura da legno presenti sul territorio della Regione Molise è stato realizzato un apposito archivio cartografico incrociando due diverse fonti di dati:

- la banca dati curata dall'ERSAM delle pratiche di richieste di finanziamento per gli impianti realizzati nel periodo 1996–2006 contenenti una serie di informazioni quali la particella catastale interessata, l'anno d'impianto e le specie utilizzate;
- la copertura di ortofoto digitali ad alta risoluzione ADS40 acquisita nella primavera/estate 2007 che hanno permesso di cartografare con elevato dettaglio geometrico l'effettiva estensione degli impianti e lo stato di successo/fallimento.

La banca dati cartografica è costituita da 2188 impianti per complessivi 1225 ha di cui l'informazione sulla composizione specifica è risultata disponibile per 1433 impianti (818 ha). Il 65% di tale superficie è utilizzato con impianti di noce, per il 25% di ciliegio, per il 4% di frassino, per il 2% di querce, per l'1% di aceri e per il rimanente 3% da altre specie (Figura 4).

Sulla base delle informazioni desunte dalla fotointerpretazione per ogni impianto è stato inoltre valutato il grado di successo/fallimento sulla base degli individui ancora vivi e del relativo grado di copertura delle chiome. Questi risultati sono in corso di elaborazione al fine di poter fornire per il futuro linee guida per la realizzazione di impianti di arboricoltura con legno di qualità.

### Censimento degli alberi fuori foresta

Gli alberi fuori foresta (*trees outside forest* – TOF) sono rappresentati dagli alberi sparsi, dalle formazioni lineari e dai boschetti. Si tratta di popolamenti che seppur di estensione limitata svolgono un'importante ruolo multifunzionale soprattutto nei paesaggi agrari dove espletano un'importante funzione di connettività della rete ecologica. Essi hanno una rilevante funzione quali serbatoi di biodiversità e di anidride carbonica.

Al fine di poter disporre di una stima della disponibilità e delle caratteristiche degli alberi fuori foresta si è provveduto a un censimento delle formazioni non rientranti nella definizione di bosco.

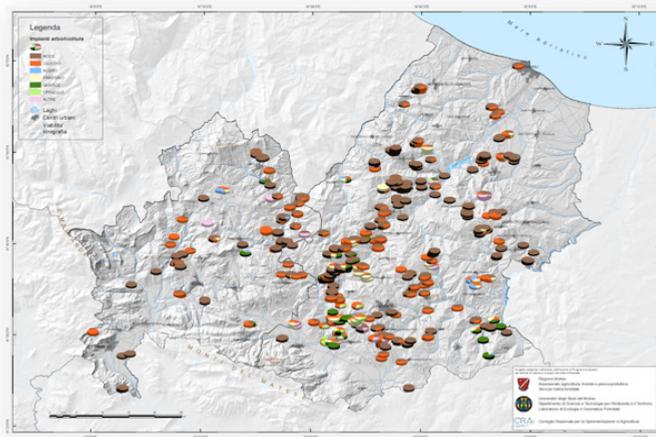


Figura 4 – Cartogramma degli impianti di arboricoltura da legno sulla base delle specie utilizzate nell'impianto.

Secondo Paletto et al. (2006) i TOF sono costituiti da:

- gruppi di alberi o boschetti con una superficie inferiore a 0,5 ha;
- alberi sparsi capaci di raggiungere un'altezza di almeno 5 m a maturità in situ, ma con una densità inferiore al 5%;
- alberi sparsi che non raggiungono un'altezza di 5 m a maturità in situ e con densità inferiore al 10%;
- formazioni lineari e formazioni riparie di larghezza inferiore a 20 m.

La restituzione cartografica, basata sulla stessa metodologia utilizzata per la realizzazione della carta forestale, ha riguardato i boschetti (come elemento topologico areale) e le formazioni lineari (come elemento topologico lineare) esistenti al di fuori della maschera bosco/non bosco creata a partire dalla citata carta forestale su base tipologica in scala 1:10.000 (Figura 5). L'attività di censimento e restituzione cartografica è attualmente conclusa per la provincia di Isernia e si concluderà presto anche in quella di Campobasso.

### Conclusioni e prospettive future

Le superfici forestali e gli altri ambienti naturali e semi-naturali rivestono un ruolo molto importante nel territorio della Regione Molise che è spesso caratterizzato da un'elevata naturalità diffusa. Per questi motivi il monitoraggio di questi ambienti è, in questa Regione, di primaria rilevanza.

Le attività qui brevemente illustrate sono il risultato di una fattiva collaborazione tra Regione Molise e Università degli Studi del Molise tramite convenzioni, progetti di ricerca e un costante flusso di studenti che condividono processi di formazione tra le due istituzioni. L'insieme degli strati informativi realizzati permette oggi di guardare al rilevante valore ambientale ed ecologico di questi territori in modo più consapevole e di fondare i processi di pianificazione e gestione di queste aree su una consistente base informativa.

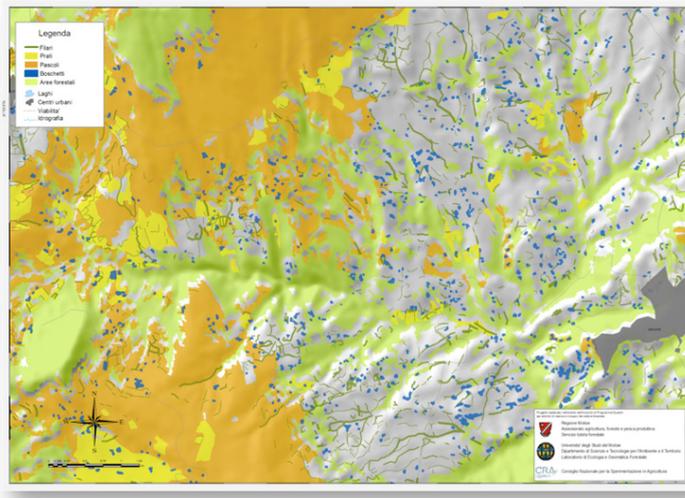


Figura 5 – La carta forestale integrata con la restituzione degli alberi fuori foresta. In arancione i prati/pascoli, in verde chiaro la copertura forestale. Le linee verdi sono i filari (lo spessore è proporzionale alla larghezza dei filari) e i punti blu sono i boschetti.

## Bibliografia

- Chirici, G., Barbati, A., Corona, P., Marchetti, M., Travaglini, D., Maselli, F., Bertini, R. (2008). “Non-parametric and parametric methods using satellite images for estimating growing stock volume in alpine and mediterranean forest ecosystems”. *Remote Sensing of Environment* 112, 2686-2700.
- Chirici G., Di Martino P., Garfi V., Ottaviano M., Tonti D., Giongo Alves M., Santopuoli G., Marchetti M. (2009). “Tecniche avanzate di cartografia degli ambienti forestali su base tipologica in Italia centrale”. In: Ciancio, O. (Ed.), *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Taormina: 989-994.
- Chirici, G., Corona, P., Marchetti, M., Tonti, D., Travaglini, D. (2010). “Biomass estimation by satellite data and ground measurements”. In: Miranda D., Suarez J., Rafael, C. (Eds.), *proceedings of the Forestsat2010 conference*, Lugo (Spain), pp. 42-45.
- FAO. 2000. “On definition of forest and forest change”. FRA Working Paper 33. Rome. Disponibile on-line su: [www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp](http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp).
- INFC (Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio) (2007). “Le stime di superficie 2005 – Prima parte”. Autori G. Tabacchi, F. De Natale, L. Di Cosmo, A. Floris, C. Gagliano, P. Gasparini, L. Genchi, G. Scrinzi, V. Tosi. MiPAF – Corpo Forestale dello Stato - Ispettorato Generale, CRA - ISAF, Trento. Disponibile on-line su: <http://www.infoc.it>.
- Paletto, A., De Natale, F., Gasparini, P., Morelli, S., Tosi, V. (2006). “L’Inventario degli Alberi Fuori Foresta (IAFF) come strumento di analisi del paesaggio e supporto alle scelte di pianificazione territoriale”. *Forest@* 3, 253-266.
- Vidal, C., Lanz, A., Tomppo, E., Schadauer, K., Gschwantner, T., di Cosmo, L., Robert, N. (2008). “Establishing forest inventory reference definitions for forest and growing stock: a study towards common reporting”. *Silva Fennica* 42, 247-266.