

Applicazione della cartografia della copertura del suolo nell'analisi del paesaggio vegetazionale delle dune costiere

Carmela Francesca Izzi¹, Alicia Acosta¹ e Maria Laura Carranza²

¹Dipartimento di Biologia, Università di Roma Tre, v.le Marconi 446 - 00146 Roma.

E-mail: c.izzi@uniroma3.it

²Dipartimento S.T.A.T., Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone - 86170 Pesche (IS)

Riassunto

Le spiagge e le dune sabbiose sono caratterizzate dalla presenza di una considerevole diversità biologica, in quanto soggette ad un peculiare mosaico di condizioni ambientali e microclimatiche. La cartografia e la descrizione ecologica di questo mosaico, secondo le tecniche tradizionali, risulta spesso difficile. Il presente lavoro propone l'utilizzo di una cartografia dettagliata della copertura del suolo come base per il campionamento e la descrizione della vegetazione dunale costiera. A tal fine viene analizzata, mediante una matrice di errore, la coerenza tra le categorie di copertura del suolo ed i tipi di vegetazione presenti sulle dune costiere del Molise. È stato utilizzato come documento di base, una carta della copertura del suolo in scala 1:5000. La vegetazione è stata rilevata tramite un campionamento floristico random stratificato, utilizzando come strati le categorie di copertura del suolo relative alle aree naturali e seminaturali. Le comunità vegetali sono state individuate attraverso cluster analysis. Per analizzare la corrispondenza tra le classi di vegetazione e le categorie di land cover si è costruita una matrice di errore. Su questa matrice sono stati calcolati i diversi valori di accuratezza e l'indice K. I risultati mostrano un'ampia corrispondenza tra le tipologie di copertura del suolo e gli aggruppamenti vegetazionali campionati. La congruenza tra le categorie cartografate e le tipologie vegetazionali campionate è risultata buona nel caso di tipologie di copertura del suolo più estese o di facile fotointerpretazione, mentre è risultata minore per le tipologie di copertura del suolo poco estese o compenstrate a mosaico con altre tipologie vegetazionali. L'approccio proposto utilizza procedure standard di cartografia della copertura del suolo; di conseguenza può essere applicato ad altre realtà europee per il monitoraggio e la pianificazione sostenibile degli ecosistemi costieri.

Abstract

Coastal dune systems are characterized by a natural mosaic that promotes species diversity. This heterogeneity often represents a severe problem for traditional mapping or ground survey techniques. This paper proposes to apply a very detailed land cover map as baseline information for plant community sampling and analysis in a coastal dune landscape. Through an error matrix, we analyse the coherence between land cover classes and vegetation types identified through field survey. A land cover map (scale 1:5,000) of the Molise coast was used. Vegetation data were collected following a random stratified sampling design using the land cover classes as strata. An error matrix was used to compare, on a category-by-category basis, the relationship between vegetation types (obtained by cluster analysis of sampling plots) and land cover classes of the same area. Results showed that

the coincidence between both classification approaches is quite good but for one land cover class that presents a very weak agreement with its corresponding vegetation type. This discrepancy is principally related to the intense disturbance of the corresponding vegetation type. The proposed approach is based on a standard land cover classification. Therefore, it can be easily extended to most European coastal systems.

Introduzione

Le spiagge e i cordoni dunali coprono il 20% delle coste del mondo e rappresentano senz'altro uno degli ambienti naturali più interessanti sotto il profilo ecologico e paesaggistico. Inoltre costituiscono, su scala mondiale, ecosistemi tra i più vulnerabili e più seriamente minacciati. Per le peculiari condizioni ambientali e microclimatiche e per la loro limitata estensione, gli ecosistemi delle spiagge e delle dune sabbiose costiere sono caratterizzati, ove confrontati con altri habitat terrestri, da comunità animali e vegetali con un numero di specie modesto ma con una spiccata specificità ecologica che consente loro di occupare ambienti estremamente limitanti. I litorali sabbiosi, quindi, ospitano una flora altamente specializzata, che condivide molto poco con la flora di altri ambienti terrestri, costituendo un punto focale di biodiversità [AA.VV., 2002].

L'Italia presenta uno sviluppo costiero pari a 7500 km, di cui 4500 km sono costituiti da coste basse sabbiose-ghiaiose. E' da notare comunque che dai quarantacinquemila ettari di dune dell'inizio del 1900 si è passati ai novemila attuali, con una perdita dell'80% di paesaggio dunale [AA.VV., 1997].

Dato l'elevato interesse e la fragilità di questi sistemi, sono stati proposti diversi approcci per la loro descrizione, monitoraggio e valutazione ecologica. Infatti, sono numerosi gli studi riguardanti la flora, la fauna e le comunità dei cordoni dunali, mentre invece sono pochi i tentativi di analizzare i sistemi dunali costieri in termini di paesaggio [Van der Muelen et al., 1985; Doing, 1995; Acosta et al., 2003]. Questi studi sono generalmente realizzati ad una scala di lavoro per la quale le comunità vegetali delle dune costiere sono rappresentate come un mosaico complesso di diversi aggruppamenti vegetazionali.

Acosta et al. [2003] propongono una metodologia per valutare lo stato di conservazione e la funzionalità del mosaico di vegetazione delle dune costiere per mezzo di rilievi fitosociologici e lo studio di transetti vegetazionali. Altri lavori analizzano la copertura del suolo [Ehrlich et al., 2002; Shanmugam et al., 2003], ma spesso sono realizzati ad una scala inadatta a mettere in evidenza la presenza di alcuni habitat tipici dei sistemi dunali costieri. Considerando che i cordoni dunali sono in generale lunghi, stretti (in Molise raggiungono al massimo 1000 metri di larghezza) e spesso con una bassa copertura vegetazionale, la mappatura e il monitoraggio di questi ecosistemi necessita di strumenti cartografici di dettaglio adatti alla loro descrizione.

Nel presente lavoro viene valutata la potenzialità dell'uso della cartografia CORINE Land Cover per descrivere e monitorare il paesaggio vegetazionale delle dune costiere. In particolare, vengono analizzate quantitativamente le corrispondenze tra la copertura del suolo ottenuta tramite una fotointerpretazione di ortofoto digitali e la distribuzione degli aggruppamenti vegetazionali identificati attraverso un campionamento floristico di dettaglio.

Materiali e metodi

Area di studio

La costa molisana si estende da nord-ovest verso sud-est per ca. 30 km dal Canale Formale del Molino (a nord del Fiume Trigno) fino alla foce del Torrente Saccione (Fig.1). Per la presenza di alcuni habitat di grande interesse naturalistico (dune mobili del cordone litorale

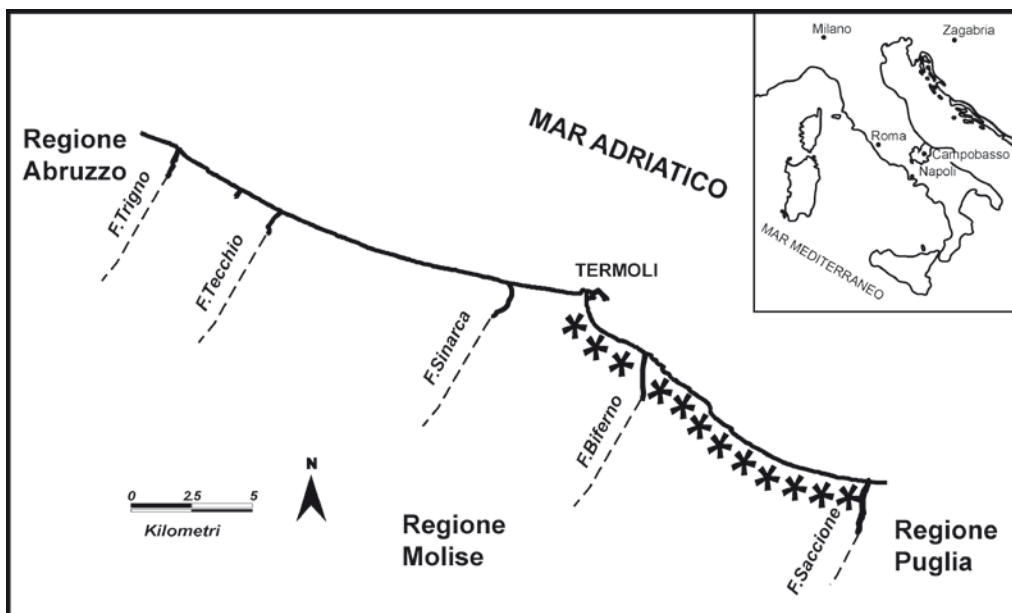


Figura 1 - Area di studio. I simboli delimitano il tratto costiero oggetto del presente lavoro.

con presenza di *Ammophila arenaria*, dune costiere fisse a vegetazione erbacea, macchia a sclerofille delle dune e depressioni retrodunali con numerose piante annue) sono stati proposti per il litorale molisano 3 Siti d'Interesse Comunitario (Foce del Saccione-Bonifica Ramitelli, Foce del Biferno-Litorale di Campomarino e Foce del Trigno-Marina di Petacciato). La presente ricerca ha interessato il tratto costiero, lungo 19 km, che va da Termoli Sud al limite amministrativo meridionale della Regione Molise. Dal punto di vista climatico, l'area rientra nel termotipo mediterraneo, ombrotipo umido/subumido [Blasi, 2003]. Il tratto costiero molisano esaminato è costituito da una costa bassa sabbiosa, potenzialmente occupata da una fascia di vegetazione psammofila, presente attualmente solo in alcuni tratti. In condizioni naturali, si può osservare che le diverse comunità vegetali si distribuiscono in fasce parallele alla costa; questa zonazione corrisponde ad uno sviluppo di diverse situazioni ecologiche [Iannantuono et al., 2004]. Nella Figura 2 viene riportato il profilo della vegetazione psammofila rilevata nella spiaggia di Ramitelli, in località Campomarino.

L'area di studio comprende alcuni degli ultimi lembi dei sistemi dunali della costa Adriatica occidentale ancora interessati da vegetazione psammofila e da formazioni di macchia che risultano per gran parte cancellate o fortemente ridotte nel settore Adriatico centro-settentrionale [Taffetani e Biondi, 1989].

Cartografia di copertura del suolo

Per il presente lavoro è stato allestito un GIS che include la cartografia della copertura del suolo della fascia costiera molisana, in scala 1:5000 per un'ampiezza di 500 m. La carta è stata realizzata attraverso la fotointerpretazione di ortofoto pancromatiche digitali ad alta definizione (volo del 1998) [Giancola, 2003]. La legenda della carta di copertura del suolo segue lo schema metodologico del progetto CORINE Land Cover [A.A.V.V., 1993] approfondito ad un IV livello di dettaglio [Acosta et al., 2003]. Nella Tabella 1 vengono indicate

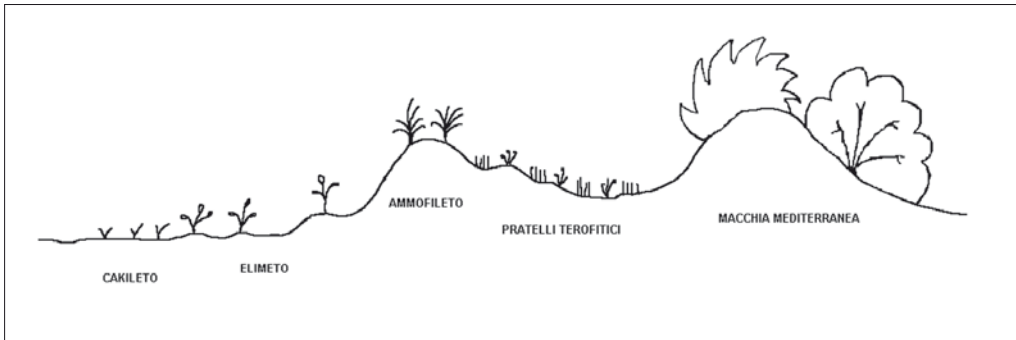


Figura 2 - Profilo della zonazione fitotopografica della Spiaggia di Ramitelli (Campomarino).

le tipologie di copertura del suolo secondo la legenda CORINE IV livello riferite alla vegetazione naturale tipica delle coste sabbiose del Molise [Carranza et al., 2004]. Quattro di queste tipologie (3.1.1.1: spiaggia emersa, 3.3.1.2: vegetazione psammofila erbacea aperta e molto aperta, 3.3.1.3: vegetazione psammofila erbacea chiusa, 3.3.1.4: vegetazione erbacea retrodunale e 3.2.3.1: macchia mediterranea) includono habitat d'interesse comunitario *sensu* direttiva HABITAT UE 92/43 [European Commission, 2003].

Campionamento del paesaggio vegetazionale

La vegetazione è stata rilevata attraverso un campionamento random stratificato [Corona, 2000], utilizzando come strati le diverse categorie di copertura del suolo. Dato che il lavoro interessa la vegetazione naturale e seminaturale, il campionamento è stato realizzato solo sulle seguenti 6 categorie (Tab.1): spiaggia emersa, vegetazione psammofila aperta e molto aperta, vegetazione psammofila chiusa, vegetazione erbacea retrodunale, rimboschimenti, macchia mediterranea.

A questo scopo, per mezzo di Arc-View 3.2 [Anon, 2000], è stata sovrapposta sulla carta di copertura del suolo una griglia a maglia quadrata di 50 m di lato. Successivamente, si è proceduto all'estrazione causale delle unità campionarie (celle della griglia) all'interno di ciascuno strato, in modo tale da assicurare un numero minimo di 10 celle per strato campionario. Sono state escluse le celle con più di una tipologia di copertura del suolo. Le celle sono state individuate sul terreno mediante l'uso della carta di copertura del suolo, delle ortofoto e delle tavolette topografiche 1: 5.000 della Regione Molise.

All'interno di ciascuna cella si è proceduto al campionamento floristico attraverso un plot di 2 m x 2 m posizionato all'interno delle celle selezionate. Per ogni plot sono state registrate le piante vascolari presenti stimando il valore di copertura secondo Van der Maarel [1979]. Sono stati così campionati 91 plot distribuiti nei diversi strati nel modo seguente: spiaggia emersa: 20; vegetazione psammofila aperta e molto aperta: 20; vegetazione psammofila chiusa: 10; vegetazione erbacea retrodunale: 19; rimboschimenti: 10; macchia mediterranea: 12.

I dati floristici sono stati successivamente analizzati attraverso tecniche di analisi multivariata in modo da evidenziare i principali aggruppamenti vegetazionali presenti nell'area di studio. La matrice di dati (115 specie x 91 plots) è stata clusterizzata utilizzando il programma Syntax-2000 [Podani, 2001]. Per caratterizzare i principali aggruppamenti vegetazionali, si è proceduto a una prima classificazione che ha permesso l'identificazione dei campioni meno rappresentativi (*outliers*). In questo modo, il numero dei campioni è stato ridotto da 91 a 85. Questi ultimi 85 campioni sono stati nuovamente classificati consentendo l'individuazione di aggruppamenti vegetazionali ben definiti.

Valutazione della corrispondenza tra tipologie di copertura del suolo e tipologie di vegetazione

La matrice di confusione, comunemente applicata per la verifica della qualità di una carta prodotta attraverso sensori remoti [Congalton e Green, 1999; Lillesand e Kiefer, 2000], consente di valutare la bontà della classificazione di dati telerilevati e di mettere in evidenza le classi spettralmente meno distinguibili. Nel presente lavoro si propone l'impiego di una matrice di confusione per verificare la corrispondenza tra le tipologie di copertura del suolo e gli aggruppamenti vegetazionali in un'area costiera.

Dal confronto tra la carta di copertura del suolo costituita da n_c tipologie di copertura del suolo ed un mosaico formato da n_v aggruppamenti di vegetazione, è stata costruita la matrice

Tabella 1 - Tipologie CORINE Land Cover presenti lungo il litorale molisano. Le tipologie CORINE IV livello in neretto si riferiscono unicamente alla vegetazione naturale e seminaturale per le quali è stato attuato il campionamento floristico nell'area indagata.

Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4
1. Superfici artificiali	1.1 Zone urbanizzate	1.1.1 Tessuto urbano continuo	
		1.1.2 Tessuto urbano discontinuo	
	1.2 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	1.2.2 Reti stradali e ferrovie	
		1.2.3 Aree portuali	
	1.3 Zone estrattive, cantieri	1.3.3 Cantieri	
1.4 Zone verdi artificiali non agricole	1.4.2 Aree ricreative e sportive		
2. Superfici agricole	2.1 Seminativi	2.1.1 Seminativi in aree non irrigue	
	2.2 Colture permanenti	2.2.1 Vigneti	
		2.2.2 Frutteti	
		2.2.3 Oliveti	
2.3 Prati stabili	2.3.1 Pascoli		
2.4 Zone agricole eterogenee	2.4.1 Colture annuali associate a colture permanenti		
3. Superfici boscate ed altri ambienti seminaturali	3.1 Boschi	3.1.2 Boschi di conifere	3.1.2.1 Rimboschimenti
	3.2 Aree caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea in evoluzione naturale	3.2.3 Aree a vegetazione sclerofilla	3.2.3.1 Macchia mediterranea
	3.3 Zone aperte con vegetazione rada o assente	3.3.1 Spiagge, dune e sabbie	3.3.1.1 Spiaggia emersa 3.3.1.2 Vegetazione psammofila erbacea aperta e molto aperta 3.3.1.3 Vegetazione psammofila erbacea chiusa 3.3.1.4 Vegetazione erbacea retrodunale
4. Ambiente umido	4.1 Zone umide interne	4.1.1 Aree interne palustri	
5. Ambiente delle acque	5.1 Acque continentali	5.1.1 Corsi d'acqua e canali	

di errore E di dimensione $n_c \times n_v$. I valori presenti sulla diagonale principale, n_{cv} , della matrice E , rappresentano i casi con una attribuzione congruente tra le categorie di copertura del suolo e le tipologie di vegetazione, mentre i valori che non ricadono sulla diagonale principale rappresentano gli errori di classificazione per i quali le attribuzioni cartografiche e floristiche non corrispondono. L'accuratezza totale, è stata misurata dividendo il numero totale dei plot classificati in modo congruente (rappresentato dalla somma degli elementi lungo la diagonale maggiore della matrice) per il numero totale dei plot considerati (85).

Analogamente, la *producer accuracy* (accuratezza di produzione) corrisponde, per ogni classe, alla frequenza di plot correttamente classificati rispetto al numero totale di plot di quella tipologia vegetazionale, mentre la *user accuracy* (accuratezza di utilizzo) indica la frequenza, classe per classe, dei plot correttamente classificati rispetto al numero totale dei plot attribuiti ad una determinata tipologia vegetazionale.

Infine, è stato calcolato il *coefficiente statistico K* [Lillesand e Kiefer, 2000]. Un valore di K pari a 1 indica che tutti i plot presentano una perfetta concordanza tra le categorie di copertura del suolo cartografate e le tipologie vegetazionali individuate attraverso l'analisi dei dati floristici, mentre K pari a 0 suggerisce che la concordanza tra la cartografia e l'analisi vegetazionale non è migliore di quella che emergerebbe da un'attribuzione casuale degli elementi.

Risultati e discussione

Analisi degli aggruppamenti vegetazionali

Dall'analisi dei dati relativi agli 85 plot considerati, è emersa la presenza di sei aggruppamenti vegetazionali (Fig. 3), ognuno corrispondente ad una diversa categoria di copertura del suolo.

Il gruppo A “cakileto”, comprende i plot relativi alla vegetazione annuale alonitrofila che si sviluppa sulla spiaggia nella porzione antistante le prime dune, dove si affermano *Cakile maritima* e *Xanthium strumarium* ssp. *italicum*. La maggior parte dei plot appartenenti al gruppo A ricadono nella tipologia di copertura del suolo “spiaggia emersa” (3.3.1.1).

Il gruppo B “elitrigeto”, comprende i plot relativi alle cenosi dotate di una certa stabilità che colonizzano la duna embrionale, costituite principalmente da *Elytrigia juncea*. Quasi tutti i plot del gruppo B ricadono nella tipologia di copertura del suolo “vegetazione psammofila aperta e molto aperta” (3.3.1.2).

Il gruppo C “ammofileto”, comprende i plot relativi alla vegetazione perenne erbacea pioniera caratterizzati dalla presenza di *Ammophila arenaria*, specie edificatrice e consolidatrice delle dune mobili. Circa la totalità dei i plot del gruppo C ricadono nella tipologia di copertura del suolo “vegetazione psammofila chiusa” (3.3.1.3).

Il gruppo D “pratelli terofitici”, comprende i plot relativi alle comunità terofitiche pioniere compenstrate a mosaico con l'ammofileto. Si tratta di un aggruppamento molto eterogeneo, in cui non c'è una specie predominante. I plot del gruppo D rientrano in buona parte nella tipologia di copertura del suolo della “vegetazione erbacea retrodunale” (3.3.1.4).

Il gruppo E “boschi a *Pinus halepensis* e *Acacia cyanophylla*”, comprende i plot relativi ai rimboschimenti a *Pinus halepensis* e ad *Acacia cyanophylla*. Questi rimboschimenti si sviluppano in zone retrodunali e sostituiscono il bosco litoraneo, dominato dal leccio (*Quercus ilex*), ormai scomparso dalla costa molisana. La maggioranza dei plot del gruppo E rientrano nella tipologia di copertura del suolo “rimboschimenti” (3.1.2.1.).

Infine, il gruppo F, “macchia a *Phillyrea angustifolia* e *Rhamnus alaternus*”, comprende i plot relativi alle formazioni arbustive-arboree di sclerofille sempreverdi delle dune stabili e della macchia pioniera a ginepro. Quasi tutti i plot di questo gruppo rientrano nella tipologia di copertura del suolo “macchia mediterranea” (3.2.3.1.).

Analisi della matrice di confusione

Nella Tabella 2 viene riportata la matrice di confusione insieme ai valori dell'accuratezza totale, della *producer accuracy*, della *user accuracy* e del coefficiente *K*. L'accuratezza totale, pari al 74,1% indica una buona corrispondenza tra le categorie cartografate e gli aggruppamenti vegetazionali. La *user accuracy* presenta, per la maggior parte delle classi di copertura del suolo, un valore superiore al 75%; vale a dire che quasi tutte le categorie cartografate presentano una chiara corrispondenza con gli aggruppamenti vegetazionali campionati. Soltanto per la tipologia di copertura del suolo "vegetazione erbacea retrodunale" (3.3.1.4), la *user accuracy* presenta valori molto bassi. Infatti, solo il 25% dei plot campionati in questa categoria ricade nel corrispondente aggruppamento vegetazionale "pratelli terofitici". Ciò è dovuto all'oggettiva difficoltà di cartografare tale categoria, spesso distribuita a mosaico, in ambienti fortemente antropizzati. La "vegetazione erbacea retrodunale", infatti, occupa aree ridotte, frammentate e compenstrate ad altre tipologie vegetazionali. La *producer accuracy* presenta per tutti gli aggruppamenti valori medio-alti. Ad esempio, quasi tutti i campioni corrispondenti all'aggruppamento vegetazionale macchia a *Phillyrea* e *Rhamnus* ricadono nella categoria di copertura del suolo "macchia mediterranea" (3.2.3.1.) (*producer accuracy* 91,7%). La *producer accuracy* più bassa è quella del cakileto che corrisponde idealmente alla tipologia "spiaggia emersa" (3.3.1.1). Questo è dovuto alla sua presenza a mosaico in altre tipologie di copertura del suolo quali "vegetazione psammofila aperta" (3.3.1.2) e "vegetazione erbacea retrodunale" (3.3.1.4). Infatti, l'intenso disturbo riscontrato su queste tipologie di copertura del suolo conduce spesso ad una colonizzazione da parte degli aggruppamenti più pionieri come il cakileto. Infine, l'accuratezza globale valutata attraverso il coefficiente *K* è buona (0,685). Ad indicare come la corrispondenza tra le tipologie cartografiche e gli aggruppamenti vegetazionali sia in gran parte migliore di una corrispondenza casuale.

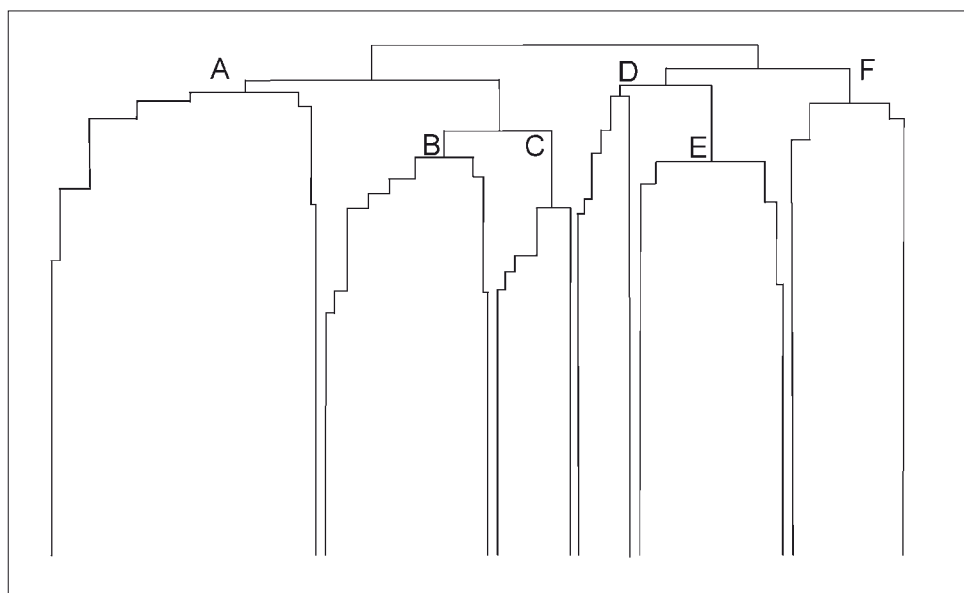


Figura 3 - Dendrogramma schematico relativo alla classificazione della matrice degli 85 plot campionati. A "cakileto"; B "elitrigeo"; C "ammofileto"; D "pratelli terofitici"; E "boschi a *Pinus halepensis* e *Acacia cyanophylla*"; F "macchia a *Phillyrea angustifolia* e *Rhamnus alaternus*".

Tabella 2 - Matrice di confusione derivata dal confronto tra la carta di copertura del suolo e gli aggruppamenti vegetazionali ottenuti da campionamento floristico. Vengono inoltre riportati la *producer accuracy* la *user accuracy* ed il coefficiente K.

Classi di Copertura del suolo	Aggruppamenti vegetazionali						User Accuracy
	Cakileto	Elitrigeto	Ammofileto	Pratelli terofitici	Boschi a <i>Pinus halepensis</i> e <i>Acacia cyanophylla</i>	Macchia a <i>Phillyrea angustifolia</i> e <i>Rhamnus alaternus</i>	
Spiaggia emersa	16	2	0	0	0	0	0,889
Vegetazione psammofila aperta e molto aperta	5	15	0	0	0	0	0,750
Vegetazione psammofila chiusa	1	0	7	1	0	0	0,778
Vegetazione erbacea retrodunale	5	0	1	4	5	1	0,250
Rimboschimenti	0	0	0	0	10	0	1,000
Macchia mediterranea	0	0	0	1	0	11	0,917
Producer Accuracy	0,593	0,882	0,875	0,667	0,667	0,917	
Accuratezza totale = 0,741							
Coefficiente K = 0,685							

Conclusioni

Il presente lavoro ha dimostrato la validità dell'approccio proposto per la valutazione del paesaggio vegetazionale dell'ambiente costiero molisano. La carta di copertura del suolo ottenuta mediante fotointerpretazione delle ortofoto si è rivelata un utile riferimento per indirizzare un campionamento floristico-vegetazionale. La corrispondenza tra le categorie cartografate e le tipologie vegetazionali campionate è risultato buono nel caso di tipologie di copertura del suolo più estese (spiaggia emersa) o di facile fotointerpretazione (rimboschimenti, macchia mediterranea), mentre l'accuratezza della classificazione è risultata minore per le tipologie di copertura del suolo meno estese o compenstrate a mosaico con altre tipologie di vegetazione, come ad esempio per la classe della vegetazione erbacea retrodunale. L'approccio proposto utilizza procedure standard di cartografia della copertura del suolo, e di conseguenza può essere applicato anche ad altre realtà europee. Inoltre, le procedure presentate possono costituire un utile strumento di monitoraggio e di gestione degli ecosistemi dunali costieri.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato realizzato con il contributo parziale del MIUR.

Bibliografia

- AA.VV. (1993) - *CORINE Land Cover. Guide technique*. CECA-CEE-CEEA. Bruxelles.
 AA. VV. (1997) - *Atlante delle spiagge italiane*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica. SELCA, Roma.

- AA.VV. (2002) - *Dune e spiagge*. Quaderni Habitat n.4, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio. Museo Friulano di Storia Naturale, Comune di Udine.
- Acosta A., Blasi C., Carranza M.L., Di Martino P., Paura B., Tolve E. (2003) - *Il programma CORINE Land Cover: un esempio per il bacino del F. Biferno (Molise)*. *Informatore Botanico italiano*, 35: 21-29.
- Anon. (2000) - *Arc View 3.2*. ESRI, Redlands, CA, US.
- Blasi C. (2003) - *Conoscenze naturalistiche in Italia. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio*. D.C.N. S.B.I. Commissione per la ricerca Botanica. Roma.
- Carranza M.L., Acosta A., Giancola D. (2004) - *Analisi del paesaggio della costa Molisana*. *Estimo e Territorio*, 67: 39-43.
- Congalton R., Green K. (1999) - *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. Lewis Publisher. Boca Raton, USA.
- Corona P. (2000) - *Introduzione al rilevamento campionario delle risorse forestali*. Edizioni CUSL Firenze.
- Doing H. (1995) - *Landscape ecology of the Dutch coast*. *J. Coastal Conserv.* 1: 145-172.
- Ehrlich Ü., Krusberg P., Habicht K. (2002) - *Land cover types and ecological conditions of the Estonian coast*. *Journal of Coastal Conservation* 8: 109-117.
- European Commission (EC) (2003) - *Natura 2000. Interpretation manual of European Union Habitats*, EUR25. Available from: <http://europa.eu.int/> (ultimo accesso: Maggio 2005).
- Giancola D. (2003) - *Analisi del paesaggio costiero del Molise*. Tesi di Laurea. Facoltà di SS.MM.FF.NN., Università degli Studi del Molise.
- Iannantuono E., Roskopf C.M., Stanisci A., Acosta A., Aucelli, P.P.C. (2004) - *Effetti della dinamica costiera sull'evoluzione dei sistemi dunali presenti lungo la costa molisana (Italia meridionale)*. *Atti Accademia Nazionale dei Lincei* 205: 321-331.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W. (2000) - *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley & Sons, New York.
- Podani J. (2001) - *SIN-TAX 2000, computer programs for multivariate data analysis in ecological systematics*. Scientia Publishing, Budapest.
- Shanmugam S., Lucas, N., Phipps P., Richards A., Bansley M. (2003) - *Assessment of remote sensing techniques for habitat mapping in coastal dune ecosystems*. *Journal of Coastal Research* 19: 64-75.
- Taffetani F., Biondi E. (1989) - *La vegetazione del litorale molisano e pugliese tra le foci dei Fiumi Biferno e Fortore (Adriatico centro-meridionale)*. *Colloques Phytosociologiques* XXVIII: 323-349.
- Van Der Maarel E. (1979) - *Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity*. *Vegetatio* 39: 97-114.
- Van Der Muelen F., Wanders E.A.J., Van Huis J.C. (1985) - *A landscape map for coastal dunes management*. *ITC Journal*: 85-92.

Manoscritto ricevuto il 12/10/2005, accettato il 25/01/2006.