

Valutazione della sostenibilità in termini di diversità ecotopica in un'ecoregione del Lazio meridionale

Roberto MANCINELLI, Enio CAMPIGLIA, Fabio CAPORALI, Vincenzo DI FELICE

Dipartimento di Produzione Vegetale - Università degli Studi della Tuscia, Via S. Camillo De Lellis - VITERBO
Tel. +39 0761 357556, fax +39 0761 357558, email mancinel@unitus.it

Riassunto

Recenti studi hanno evidenziato che la biodiversità è un elemento essenziale per la stabilità degli agroecosistemi. L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di valutare la sostenibilità di un territorio agrario attraverso l'uso di indicatori di biodiversità e di impatto umano ricavati dall'analisi del paesaggio. Lo studio ha riguardato un'ecoregione del Lazio meridionale, analizzata attraverso la metodologia del telerilevamento, validata con verifiche a campione sul territorio. L'area in esame è stata suddivisa in classi: (i) di proprietà (privata e pubblica), (ii) di altimetria (pianura, collina e montagna) e (iii) d'uso del suolo distinto in zone omogenee di copertura (ZOC). In relazione alle classi, è stata ricavata una mappa a mosaico (Land Cover Map) i cui dati, aggregati e stratificati, sono stati utilizzati per determinare una serie di indicatori di biodiversità e d'impatto umano.

I risultati della ricerca hanno evidenziato una maggiore frammentazione della copertura vegetale nella proprietà privata rispetto a quella pubblica determinata da una maggiore presenza e sviluppo di ecotoni. A livello di ecoregione, la frammentazione è risultata maggiore nelle fasce altimetriche più basse, dove le coltivazioni agricole sono maggiormente presenti, mentre l'intensità degli ecotoni è risultata più elevata in pianura e in collina rispetto alla montagna e nella proprietà privata rispetto a quella pubblica. L'impatto umano è risultato sempre maggiore nella proprietà privata pur diminuendo al crescere dell'altimetria e ha influenzato le ZOC sia nella forma sia nella dimensione. Questo è stato confermato dalla diversità ecotopica che appare inferiore in pianura e maggiore in collina.

Abstract

Recent studies have highlighted role of biodiversity as an essential element for the agroecosystem stability. The aim of this research has been to evaluate the agroecosystem sustainability through the use of both biodiversity and human impact indicators of landscape analysis.

The study has regarded an ecoregion of the southern Lazio, analyzed by the methodology of the remote sensing, and validated with samples verification in the fields. The study area has been subdivided in classes: (i) of property (private and public), (ii) of elevation (plain, hill and mountain) and (iii) of soil use differentiated in homogeneous covering zones (ZOC). According to classes, a mosaic map (Land Cover Map) has been utilized for determining a series of biodiversity and human impact indicators.

The results of this research have highlighted a greater fragmentation of the vegetated cover in the private property, due to a greater presence of ecotones. At ecoregion level, the fragmentation is grater at lower altitude, where agriculture activities are more present, while the intensity of ecotones dimension is higher in plain and hill areas in comparison with the mountain area and in the private property in comparison with the public one. Human impact has resulted higher in the private property and decreasing whit elevation and it has affected the ZOC in both shape and dimension. This has been confirmed by ecotope diversity that appears low in plain and high in hill.

Introduzione

Ai fini della sostenibilità e tutela ambientale è necessario che un adeguato livello di biodiversità sia

mantenuto negli agroecosistemi per garantirne la stabilità e il potenziale evolutivo, nonché i vantaggi culturali in termini etici ed estetici (Angermeier e Karr, 1994).

Generalmente, la biodiversità può essere definita come: intra-specifica, inter-specifica e degli ecosistemi. Turner et al. (1995) hanno suggerito che esiste una triplice interazione tra biodiversità, processi ecosistemici e dinamica del paesaggio. La biodiversità è influenzata dalle attività umane le quali, attraverso la frammentazione della vegetazione naturale, l'introduzione di margini tra i campi, la diversità delle colture e le rotazioni colturali, possono condizionarla a livello di scala territoriale (Paletti, 1995). Le modificazioni di copertura del suolo, prodotte dall'incremento di attività agrarie e di urbanizzazione, rappresentano la più importante minaccia alla biodiversità globale (Soulé, 1991; Dale et al., 1994). Conseguentemente, l'impatto delle attività umane sull'ambiente può essere giudicato in base agli effetti prodotti a livello di tutti i suoi componenti e delle loro relazioni (Mancinelli, 2004). Nello studio della sostenibilità su scala territoriale (ecoregione), le tecniche di analisi suggerite dalle varie discipline scientifiche sono molteplici ma qualsiasi sia l'approccio resta comunque valido il presupposto che la sostenibilità ambientale è una proprietà del sistema e non delle sue singole parti (Caporali, 2004). Nella difficoltà di utilizzare metodi scientifici diretti per la misura della sostenibilità ambientale spesso si fa ricorso a metodi indiretti come quello degli "indicatori di sostenibilità" (Socco *et al.*, 2002). Si può considerare il paesaggio come una unità di sistema caratterizzata da un mosaico costituito da diversi sottosistemi omogenei (ecotopi) che ben si presta ad essere studiata per esprimere giudizi sulla sostenibilità ambientale (Forman, 1995b; Steiner, 2000).

L'obiettivo di questo studio è stato quello di descrivere e valutare il livello di sostenibilità, di una ecoregione del Lazio meridionale, in termini di impatto umano e grado di biodiversità del paesaggio attraverso alcune condizioni biofisiche e l'uso di copertura del suolo.

Materiali e metodi

Lo studio ha riguardato un'ecoregione ubicata nel Lazio meridionale tra la Pianura Pontina ed i Monti Lepini (41°28'38"-41°39'16"N/12°55'00"-13°09'51"E) che si estende per oltre 160 km² [24% in pianura (0-200 m s.l.m.), 27% in collina (200-600 m s.l.m.) e 49% in montagna (oltre 600 m s.l.m.)], con quote altimetriche dai 10 ai 1500 m s.l.m.. L'area studiata è per il 42 % di proprietà pubblica e per il 58 % privata. I confini ecoregionali coincidono con quelli amministrativi dei Comuni di Carpineto Romano (RM), Sermoneta (LT) e Bassiano (LT) che hanno una popolazione totale di circa 13.000 abitanti. Il clima, tipico delle zone poste tra Regione Temperata e Mediterranea (Blasi, 1994), è caratterizzato per la distribuzione delle precipitazioni annuali (830-1530 mm) prevalentemente nella stagione autunno-vernina. La matrice geologica è calcarea (Sevink *et al.*, 1984) ed il rischio idrogeologico interessa il 74% della superficie totale. Le aree protette interessano circa il 24% dell'ecoregione e si collocano prevalentemente in montagna.

L'attività di ricerca ha riguardato la caratterizzazione della copertura dell'ecoregione tramite applicazione di metodiche di telerilevamento e fotointerpretazione su ortofoto (1 pixel m⁻²). Attraverso l'uso di tecnologie GIS, coadiuvate da controlli in campo, è stata generata la ripartizione del territorio in zone omogenee di copertura (ZOC o patches o ecotopi), successivamente raggruppate nelle seguenti classi: colture arboree (CA); colture erbacee (CE); boschi (B); siepi (S); erbacee naturali (EN); vegetazione arbustivo-arborea in evoluzione (AA); costruzioni e immobili urbani (I). Inoltre, sono stati individuati i principali elementi lineari quali strade e corsi idrici poiché importanti per definire la frammentazione e l'antropizzazione dell'ecomosaico (UNEP, 2001). La risultante espressione grafica, definita ecomosaico (Forman, 1995 a,b), ha consentito la realizzazione di un database (Balram *et al.*, 2004) idoneo a descrivere l'organizzazione spaziale del paesaggio (Purtauf *et al.*, 2005). Lo studio del paesaggio in termini di biodiversità è stato effettuato attraverso l'analisi dell'ecomosaico (Turner *et al.*, 2001; Odum, 1998; Magurran, 1988), e descritto tramite semplici parametri quali il numero delle patches, l'area delle classi d'uso e l'estensione degli elementi lineari (ecotoni). Questi ultimi rivestono un aspetto rilevante per la stretta relazione

Tabella 1. Principali indici ed indicatori (n = numero di patch; a = area della patch; e = lunghezza ecotono; p = incidenza percentuale di superficie; s = numero delle classi; n = numero di patches; ε = [area sistema + 2,72]; A = [sommatoria incidenze percentuali classi - 100]; $A_{max} = 100 \cdot [s - 1]$; h = impatto umano).

Indici	Simboli	Formula
Densità delle patches	PD	$= n_j / \left(\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^n a_{ij} \right)$
Intensità degli ecotoni	EI	$= n_j / \left(\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^n e_{ij} \right)$
Diversità degli ecotopi	d	$= \ln \left(\sum_{j=1}^s (p_j)^{\frac{1}{2}} \right)^2 / \ln(\varepsilon)$
Conservazione del paesaggio	ILC	$= 1 - (A / A_{max})$
Impatto umano	HU	$= \sum_{i=1}^m p_i \cdot h_i$

che hanno nell'incrementare il grado di biodiversità nell'ambiente. Al fine di ottenere indicatori di sostenibilità, i dati ottenuti sono stati opportunamente normalizzati in termini percentuali e riferiti ai livelli di altitudine (pianura - collina - montagna) e di proprietà (pubblico - privato).

Per descrivere e approfondire lo studio sul grado di biodiversità del paesaggio sono stati selezionati ulteriori "indici" (Tab. 1): (i) densità delle patches (PD) (Rutledge, 2003; Saura and Martinez-Millan, 2001); (ii) intensità degli ecotoni (EI); (iii) diversità degli ecotopi (d) (Yue et al. 1998); (iv) indice di conservazione del paesaggio (ILC) (Pizzolotto e Brandmayr, 1996; 2005).

Il grado di impatto dell'uomo sull'ambiente è stato valutato attraverso

l'indice di impatto umano (HU) facendo riferimento alle classi di copertura del suolo sopra descritte. Ad ogni classe è stato attribuito un diverso peso di impatto ($B = 0,2$; $AA = 0,3$; $S = 0,4$; $EN = 0,5$; $CA = 0,6$; $CE = 0,7$; $U = 0,9$) che combinato con le superfici delle classi ha permesso di calcolare l'indice di impatto umano (Yue et al., 2004).

Risultati

Dalle attività di telerilevamento nell'ecoregione, si evidenzia una maggiore presenza di proprietà privata in pianura e collina, mentre in montagna prevale la proprietà pubblica con classi di copertura del suolo quasi esclusivamente composte da quelle con maggiori caratteristiche di naturalità (B , AA ed EN) (Fig. 1).

In generale, la capacità delle classi di copertura vegetate a generare ecotoni risulta meno favorita dal bosco e colture erbacee (Fig. 2) rispetto alle altre classi, a causa di una conformazione delle patches prevalentemente estesa e regolare. Le siepi risultano avere una migliore attitudine a generare ecotoni e quindi interfacce per la biodiversità mentre le CA incrementano la diversificazione del paesaggio rurale in senso topologico (Zonneveld, 1994).

Gli indicatori che descrivono la copertura del suolo (Tab. 2) segnalano che le componenti tipiche dell'interferenza antropica sull'ambiente (CE , CA , U e strade) interessano principalmente la

Figura 1 - Caratterizzazione dell'ecoregione in termini di proprietà privata (a) e pubblica (b). In basso la descrizione altimetrica delle aree (c)

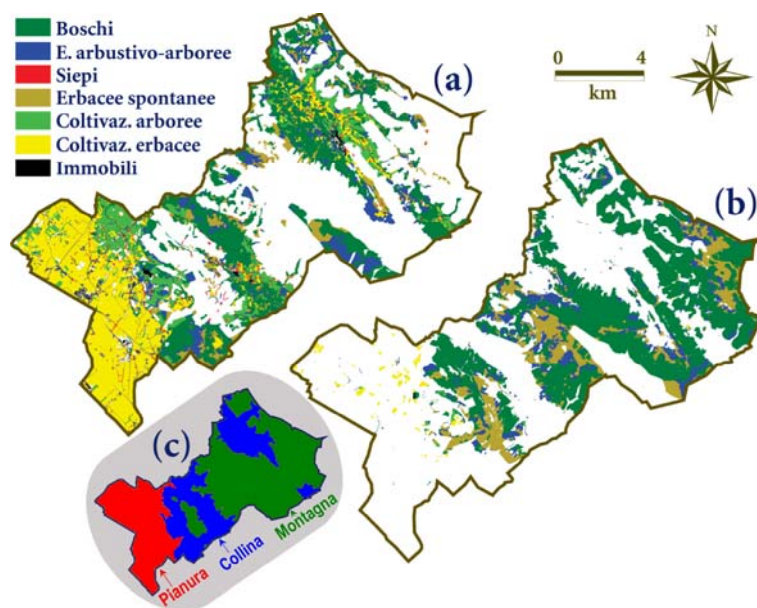
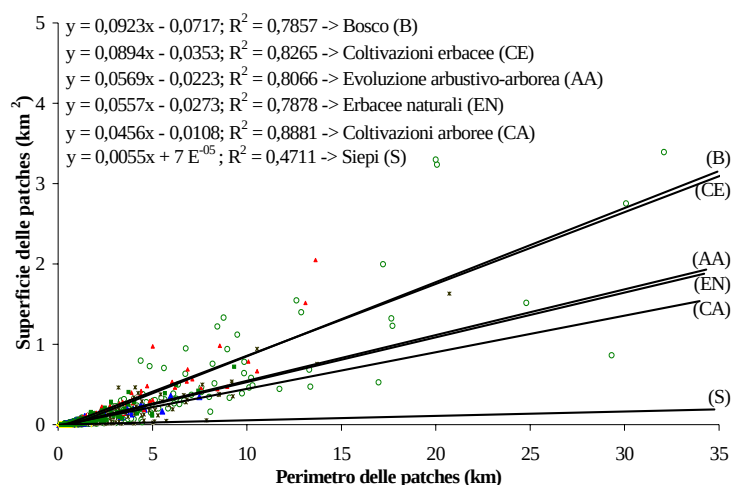


Figura 2 - Tendenza delle classi di copertura a generare ecotoni.



frazione privata in pianura e collina mentre le componenti più “naturalì” (B, EN e AA) si collocano nella porzione di territorio di proprietà pubblica, con prevalenza in montana e collina. I corsi d’acqua, che risultano più diffusi nelle aree rurali di proprietà privata, contribuiscono a favorire la frammentazione del territorio con benefici per la biodiversità. Invece, la frammentazione prodotta dalla rete stradale, di cui il 46,3 % si colloca nella proprietà privata di pianura contribuisce a generare impatti ambientali negativi (BEF, 2000).

Gli indici PD ed EI (Tab. 3) denotano un incremento del grado di

frammentazione passando dalla montagna verso la pianura e dalla proprietà pubblica a quella privata. Segnalano, inoltre, la maggiore presenza che le siepi svolgono nelle aree più antropizzate (PD=10,8 e 7,4; EI=35,8 e 23,9 rispettivamente in pianura e collina).

Tabella 2 - Incidenza percentuale di patches (numero e area sul totale dell’ecoregione) e di elementi lineari (estensione) per classi di altimetria e di proprietà (Pu = proprietà pubblica; Pr = proprietà privata).

Indicatori	Pianura			Collina			Montagna			Ecoregione
	Pu	Pr	Totale	Pu	Pr	Totale	Pu	Pr	Totale	
Numero Patches	%									
CE	5,4	41,5	47,0	1,2	46,5	47,7	0,2	5,1	5,3	100,0
CA	2,6	42,2	44,9	5,0	47,4	52,3	0,7	2,1	2,8	100,0
B	1,2	10,2	11,4	10,8	34,4	45,1	20,9	22,6	43,5	100,0
S	3,4	41,4	44,8	9,6	31,5	41,0	5,6	8,6	14,2	100,0
EN	0,3	23,2	23,5	5,4	24,0	29,5	24,7	22,3	47,1	100,0
AA	1,1	15,5	16,6	12,2	22,6	34,8	29,7	18,9	48,6	100,0
I	1,1	64,7	65,8	2,1	27,8	29,8	0,4	4,0	4,4	100,0
Totale vegetate	2,4	29,4	31,8	7,3	34,3	41,6	13,4	13,2	26,6	100,0
Totale	2,0	41,8	43,7	5,5	32,0	37,5	8,9	9,9	18,8	100,0
Area Patches	%									
CE	0,7	84,6	85,4	0,2	12,4	12,6	0,1	1,9	2,0	100,0
CA	0,7	39,7	40,5	2,3	55,8	58,1	0,2	1,2	1,4	100,0
B	0,2	1,5	1,7	11,9	23,4	35,3	48,5	14,6	63,0	100,0
S	3,0	35,0	37,9	8,0	34,2	42,2	7,2	12,7	19,9	100,0
EN	0,2	6,0	6,2	8,9	8,9	17,8	51,0	24,9	76,0	100,0
AA	0,3	4,5	4,8	11,5	15,9	27,4	39,3	28,5	67,8	100,0
I	2,7	56,3	59,0	1,4	37,0	38,5	0,1	2,4	2,5	100,0
Totale vegetate	0,4	21,5	21,9	8,4	21,0	29,4	34,5	14,3	48,8	100,0
Totale	0,4	21,8	22,2	8,3	21,1	29,4	34,2	14,2	48,4	100,0
Elementi lineari	%									
Strade	0,2	40,0	40,2	3,0	38,5	41,5	5,7	12,6	18,3	100,0
Corsi d'acqua	0,7	46,3	47,0	6,0	32,6	38,6	9,3	5,1	14,4	100,0

L’indice di impatto umano (HU) (Tab. 4) risulta sempre maggiore nella proprietà privata ed è inversamente connesso con l’altimetria. Al contrario, l’indice di conservazione del paesaggio (ILC)

aumenta al crescere dell'altimetria, anche se in montagna la differenza tra pubblico e privato si riduce, con valori rispettivamente pari a 0,47 e 0,53. L'indice di diversità, che indica la regolarità di dispersione delle patches nel territorio, evidenzia piccole differenze nella proprietà privata mentre in quella pubblica l'indice diminuisce passando dalla pianura alla montagna (0,44 - 0,18 e 0,13 rispettivamente in pianura - collina e montagna).

Tabella 3 - Densità delle patches (PD) e intensità degli ecotoni (EI) per classi altimetriche di proprietà (Pu = proprietà pubblica; Pr = proprietà privata).

Indicatori	Pianura			Collina			Montagna			Ecoregione
	Pu	Pr	Totale	Pu	Pr	Totale	Pu	Pr	Totale	
PD	n 100 ha ⁻¹									
CE	76,6	10,7	11,9	0,8	12,3	9,0	0,0	2,0	0,6	5,5
CA	26,6	7,8	8,2	2,3	9,0	7,1	0,1	0,6	0,2	4,0
B	13,3	2,1	2,3	5,7	7,3	6,8	2,7	7,0	4,0	4,4
S	45,0	10,2	10,8	6,0	7,9	7,4	0,9	3,2	1,5	5,3
EN	3,3	5,1	5,0	3,0	5,4	4,7	3,4	7,4	4,5	4,7
AA	13,3	3,5	3,7	7,0	5,2	5,7	4,1	6,4	4,8	4,8
I	41,6	46,7	46,7	3,8	20,6	15,8	0,2	4,3	1,4	15,5
Totale	219,8	86,0	88,5	28,7	67,6	56,5	11,4	30,9	17,1	44,3
EI	n 100 km ⁻¹									
CE	118,7	36,3	39,5	3,7	35,3	29,1	0,2	7,2	3,0	21,9
CA	41,3	26,5	27,0	11,1	25,8	22,9	0,5	2,2	1,2	15,7
B	20,6	7,1	7,7	26,9	21,0	22,1	16,2	25,5	20,0	17,5
S	69,7	34,4	35,8	28,4	22,7	23,9	5,1	11,5	7,7	20,8
EN	5,2	17,2	16,7	14,4	15,5	15,3	20,2	26,7	22,8	18,5
AA	20,6	11,8	12,1	33,2	14,9	18,5	24,9	23,2	24,2	19,0
Totale	276,2	133,3	138,8	117,7	135,2	131,8	67,1	96,2	78,9	113,4

Tabella 4 - Valori degli indici di impatto umano (HU), diversità ecotopica (d) e conservazione del paesaggio (ILC) nei tre livelli altimetrici (Pu = proprietà pubblica; Pr = proprietà privata).

Indici	Pianura			Collina			Montagna			Ecoregione
	Pu	Pr	Totale	Pu	Pr	Totale	Pu	Pr	Totale	
HU	0,52	0,65	0,65	0,28	0,38	0,35	0,28	0,32	0,29	0,39
d	0,44	0,17	0,17	0,18	0,20	0,19	0,13	0,19	0,14	0,17
ILC	0,31	0,11	0,11	0,46	0,34	0,37	0,47	0,53	0,49	0,37

Conclusioni

Lo studio ha messo in evidenza che sia l'altimetria sia il tipo di proprietà (pubblica e privata) inducono una diversa antropizzazione del territorio e conseguentemente anche modificazioni del paesaggio. La gestione privata rispetto a quella pubblica determina una maggior frammentazione del territorio e un incremento degli ecotoni specialmente in pianura e in collina, dove le coltivazioni agrarie sono maggiormente presenti. L'ecoregione denota anche una forte complementarità funzionale tra proprietà privata e pubblica, che dovrebbe essere conservata. La proprietà pubblica, presente soprattutto nei sistemi montani, prevede forme di copertura permanenti e bene adatte a svolgere il ruolo conservativo e protettivo. La proprietà privata compensa la perdita di sostenibilità propria degli ecosistemi nativi, dovuta all'elevata interferenza antropica, con la condizione di maggiore biodiversità indotta dalla generazione di ecotoni. Pertanto, in ambito ecoregionale, sussiste il problema di mantenere la coesistenza delle azioni di protezione - derivante da radicate e millenarie esperienze di interazione uomo-ambiente - con quelle di produzione dettate dalla pressione antropica e dalla spinta dell'agricoltura moderna.

Riferimenti bibliografici

- Angermeier, P.L., Karr, J. R., 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *Bioscience*, 44: 690-697.
- BEF, 2000. 2nd Baltic State of the Environment Report. Baltic Environmental Forum, <http://www.bef.lv>.
- Blasi C., 1994. Fitoclimatologia del Lazio. Università degli Studi "La Sapienza", Regione Lazio.
- Caporali, F., 2004. Agriculture and Health. The Challenge of Organic Farming. EDITEAM, Cento.
- Dale, V. H., Pearson, S. M., Offerman, H. L., O'Neill, R. V., 1994. Relating patterns of land use change to faunal biodiversity in central Amazon. *Conserv. Biol.* 8: 1027-1036.
- Forman, R.T.T., 1995a. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* 10, 133-142.
- Forman, R.T.T., 1995b. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- Magurran, A.E., 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton.
- Mancinelli, R., 2004. Agricoltura ed impatto ambientale. SISSA, (<http://ulisse.sissa.it>)
- Odum, E., 1998. Ecological vignettes: ecological approaches to dealing with human predicaments. Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
- Paoletti, M. G., 1995. Biodiversity, traditional landscapes management and agroecosystem. *Landscape and Urban Planning* 31: 117-128
- Pizzolotto R. e Brandmayr P., 1996. An index to evaluate landscape conservation state based on land-use pattern analysis and geographic information system techniques. *Coenoses* 11:37-44.
- Pizzolotto R. e Brandmayr P., 2005. I Coleotteri Caribidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. APAT, Manuali e Linee guida, 34/2005.
- Purtauf T., Thies C., Ekschmitt K., Wolters V. and Dauber J., 2005. Scaling properties of multivariate landscape structure. *Ecological Indicators*, (5) 295-304.
- Rutledge, D., 2003. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?. Department of Conservation, Science Internal Series 98, Wellington.
- Saura, S., Martinez-Millan, J., 2001. Sensitivity of landscape pattern metrics to map spatial extent. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67, 1027-1036.
- Sevink J., Remmelzwaal A. and Spaargaren O.C., 1984. The soil of Southern Lazio and adjacent Campania. Publicatie van het Fysisch Geografisch en Bodenkundig Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam, nr 38.
- Socco C., Cavaliere A., Guarini S. e Madeddu M., 2002. Cosa sono gli indicatori di sostenibilità e perchè sono indispensabili. Osservatorio Città Sostenibili, Dipartimento Interateneo Territorio del Politecnico di Torino e dell'Università di Torino, Torino, pp. 8.
- Soulé, M. S., 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science* 253: 744-750.
- Steiner, F., 2000. The living landscape. In: *An Ecological Approach to Landscape Planning*. McGraw Hill, New York, USA.
- Turner M. G., Gardner R. H. and O'Neill. R. V., 1995. Ecological dynamics at broad scales: ecosystems and landscapes. *Bioscience*, Suppl.: 29-35.
- Turner M. G., Gardner R. H. and O'Neill. R. V., 2001. *Landscape ecology in theory and practice*. Springer-Verlag, New York.
- UNEP, 1992. The Convention Biological Diversity. United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro.
- Yue, T.X., Xu B. and Liu J.Y., 2004. A patch connectivity index and its change in relation to new wetland at the Yellow River Delta. *International Journal of Remote Sensing* 25, 4617-4628.
- Zonneveld, I., 1994. Landscape Ecology and Ecological Networks. In Cook, E.A., van Lier H.N., (Eds.), *Landscape planning and ecological networks*, ELSEVIER, 13-34.