

I caratteri della vegetazione come descrittori della qualità ambientale: un'applicazione cartografica (provincia di Varese, Lombardia)

B. CERABOLINI, B. RAIMONDI, M. CATTANEO, D. PREATONI e G. BRUSA

ABSTRACT - *Vegetation characters as attributes of environmental quality: a cartographic application (province of Varese, Lombardy)* - The problem of the environmental quality definition has been dealt using vegetation analysis and descriptor indexes. The study has been carried out over a medium-large scale territory (province of Varese), creating a georeferenced archive. As first step the vegetation map has been realized after photo-interpretation and field surveys. The main map features consist of physiognomic and structural characteristics and ecological remarks (legend with 34 categories), scale 1:10.000 and minimum area mapped equal to 0.25 ha. The map has been digitalized by Autocad and then re-elaborated by PcArcInfo and ArcView Gis 3.1. The criteria employed for vegetation evaluation were: structure and maturity of vegetation, naturalness and type of occurrence (zonal, azonal or extrazonal communities), floristic richness and rarity. An index has been created according with each criterion; six numerical values (ranging from 0 to 5) were then assigned to each vegetation types. The analysis of environmental quality has been carried out by monothematic maps derived from each index and by a map obtained from the formulation of a synthetical index.

Key words: environmental quality indexes, Lombardy, vegetation maps

*Ricevuto il 3 Febbraio 2006
Accettato il 26 Gennaio 2007*

INTRODUZIONE

I diversi metodi di valutazione della qualità ambientale impiegati negli studi di impatto ambientale e nella pianificazione del territorio trovano nelle indagini floristico-vegetazionali una base di primaria importanza a causa del ruolo ecologico e del complesso valore indicatore degli organismi vegetali.

Diversi studi (LAUSI *et al.*, 1978; CORNELINI *et al.*, 1987; POLDINI, PERTOT, 1989; GRECO *et al.*, 1991; FERRARI *et al.*, 2000; CURRELI, MOSSA, 2000; ROSSI *et al.*, 2000; ecc.) hanno fornito importanti contributi avviando la definizione e la sperimentazione di indici di qualità ambientale a partire da dati floristico-vegetazionali. Il presente lavoro si inserisce in questo ambito e si pone due obiettivi fondamentali. Il primo è quello di selezionare indici descrittori della qualità della vegetazione e loro combinazioni numeriche mediante il loro impiego estensivo sul territorio. Il secondo è quello di pervenire ad una espressione quantitativa sintetica della qualità ambientale di un territorio esaminando le sole caratteristiche del popolamento vegetale.

L'informatizzazione del materiale cartografico all'in-

terno di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) ha consentito una facile gestione dei dati e una rapida valutazione degli indici e delle loro combinazioni. Altri vantaggi dei SIT risiedono nell'aggiornabilità delle informazioni e nella possibilità di impiegare nelle carte derivate sia poligoni definiti dai confini della vegetazione stessa, sia suddivisioni stabilite a priori. Questo permette una maggior puntualità e modulazione nella valutazione del territorio, particolarmente utili nell'ambito della tutela o della gestione delle risorse naturali biologiche. Occorre infatti precisare che il presente lavoro si colloca all'interno di un progetto, sviluppato dalla Provincia di Varese e dall'Università degli Studi dell'Insubria, che ha avuto come obiettivo la creazione di un archivio territoriale informatizzato per la gestione della fauna (SIT-FAUNA).

MATERIALI E METODI

Area di studio

Il territorio della provincia di Varese (Fig. 1) si esten-



Fig. 1
Posizione dell'area di studio in Lombardia (area annerita).
Position of the study area in Lombardy (blackish area).

de su una superficie di circa 1.115 km² e raggiunge le massime elevazioni sul confine Italo-Svizzero settentrionale (M. Lema, 1621 m s.l.m.). In riferimento all'assetto geologico e morfologico, la provincia è divisibile in tre settori. Il settore pianiziale comprende i territori della bassa e dell'alta pianura, quest'ultima costituita da sistemi di terrazzi fluvio-glaciali. Il settore collinare è costituito da rilievi morenici e da basse alture in rocce sedimentarie recenti (cretaceo-cenozoiche). Le maggiori depressioni inter-moreniche sono occupate da laghi (laghi di Varese, Comabbio e Monate) o da estese paludi (Palude Brabbia e Lago di Biandronno). Il terzo, o settore montano, è caratterizzato da rocce sedimentarie e vulcaniche permiano-triassiche nella parte meridionale e da rocce metamorfiche (gneiss e micascisti) nella parte settentrionale.

La rete idrografica è costituita da numerosi corsi d'acqua che perlopiù mettono in connessione i bacini lacustri. I principali fiumi sono il Ticino, che con il Lago Maggiore costituisce il confine occidentale della provincia, il Tresa, emissario del Lago di Lugano e tributario del Lago Maggiore, e l'Olona, che dalla Valganna scorre verso sud nella parte orientale, approfondendo il suo solco tra colline moreniche e alluvioni terrazzate.

L'intero territorio è interessato da elevate precipitazioni; le medie annuali sono comprese fra i 1100 e 2100 mm e aumentano progressivamente da sud a nord. Le zone maggiormente piovose si trovano nella parte centro-settentrionale a ridosso del Lago Maggiore. Il regime pluviometrico è ovunque caratterizzato da due massimi equinoziali e due minimi solstiziali, con il minimo estivo assai poco pronunciato a causa delle abbondanti precipitazioni orografiche dovute alla localizzazione prealpina e alla presenza di grandi bacini lacustri. Le temperature medie

annuali variano tra 8,5°C, sui rilievi montuosi della parte settentrionale, e 12,5°C della fascia collinare e pianiziale (BELLONI, 1975).

Da un punto di vista bioclimatico e biogeografico la provincia di Varese si inserisce pienamente nel Distretto Insubrico (CERABOLINI *et al.*, 2005).

Carta della vegetazione reale

La carta della vegetazione reale è stata redatta utilizzando come base topografica la Carta Tecnica Regionale, scala 1:10.000, II Edizione (1994). Non essendo disponibile alcuna cartografia vegetazionale in senso stretto, con l'eccezione di alcune aree protette, la compilazione della legenda ha rappresentato un punto nodale, svolgendosi secondo le seguenti fasi:

- censimento delle vegetazioni riportate in letteratura e in relazioni tecniche per la provincia di Varese e per il Distretto Insubrico in generale;
 - analisi e comparazione delle legende della cartografia tematica disponibile;
 - verifica e integrazione delle voci censite mediante fotointerpretazione e sopralluoghi in campo;
 - accorpamento dei tipi di vegetazione censiti in base alla loro struttura, alla dominanza e al piano altitudinale di appartenenza. Ogni gruppo fisionomico-strutturale così ottenuto è stato ulteriormente suddiviso sulla base della composizione floristica in modo da evidenziare le principali caratteristiche dell'habitat (vegetazioni acidofile, mesofile, termofile o igrofile), o la pressione antropica attuale o pregressa (vegetazioni degradate);
 - attribuzione di un codice numerico gerarchico ad ogni tipo di vegetazione per facilitare il trattamento dei dati nel SIT;
 - attribuzione dei tipi di vegetazione ad uno o più *syntaxa*, seguendo l'inquadramento proposto da THEURILLAT *et al.* (1995), a cui si fa riferimento anche per la nomenclatura. La nomenclatura delle specie è invece secondo PIGNATTI (1982).
- La redazione della carta è stata eseguita mediante fotointerpretazione di aerofotogrammi (volo TEM1 1980-81; e volo 1994 - Regione Lombardia) e periodiche verifiche di campo. L'unità minima cartografabile è stata considerata pari a 0,25 ha; inoltre non sono stati riportati poligoni con un lato inferiore ai 40 m e a carattere prettamente lineare (es. siepi e alberature stradali).
- La carta è stata digitalizzata in forma vettoriale tramite il pacchetto AutoCAD versione 14 della Autodesk. Ai poligoni sono stati associati vari attributi, primo tra tutti il codice numerico corrispondente al tipo di vegetazione. Tramite questo codice il poligono è stato collegato alla matrice degli indici di qualità.

Indici di qualità ambientale

I tipi di vegetazione sono stati valutati secondo sei criteri che hanno riguardato le loro proprietà naturalistiche ed ecosistemiche, ma che al tempo stesso erano in grado di descrivere la qualità dell'ambiente. I sei criteri utilizzati corrispondono a quelli maggior-

mente utilizzati nei sistemi di valutazione delle aree naturali (MARGULES, USHER, 1981; BRACCO *et al.*, 1984; SMITH, THEBERGE, 1986; CORONA *et al.*, 1993; VICIANI, 1999). Per ogni criterio adottato è stata approntato un indice e una scala (da 0 a 5) di valori numerici di riferimento (Tab. 1). Nell'illustrazione degli indici adottati vengono riportati i principali lavori italiani che hanno impiegato criteri analoghi con la relativa denominazione. In Tab. 2 viene riportato l'elenco completo delle 34 vegetazioni censite, affiancate dai relativi valori degli indici di qualità.

Struttura della vegetazione (POLDINI, PERTOT, 1989 - struttura dell'associazione).

Con questo indice è stata valutato il numero e la densità degli strati di vegetazione. I cedui semplici e le fustaie coetaneiformi sono stati inseriti nelle vegetazioni arboree monoplane, mentre i cedui composti o matricinati in quelle monoplane con elementi ad altofusto. Nessun tipo di vegetazione è risultato appartenere interamente alla categoria delle fustaie disetanee.

Maturità o distanza dal climax (POLDINI, PERTOT, 1989 - naturalità dell'associazione).

L'indice è stato valutato impiegando un modello di distribuzione della vegetazione potenziale messo a punto per il territorio della provincia (Cerabolini, Raimondi in AA.VV., 2002). Tale modello utilizza l'indice di continentalità idrica di Gams e un fattore di correzione in funzione dell'assolazione relativa.

Ricchezza floristica (GRECO, PETRICCIONE, 1988/1989 - ricchezza floristica; POLDINI, PERTOT, 1989 - molteplicità floristica; GRECO *et al.*, 1991 - ricchezza floristica).

L'indice è stato stimato come numero medio di specie presenti nei differenti tipi di vegetazione, in base alla consultazione di tabelle fitosociologiche inerenti la provincia o l'area insubrica (es. OBERDORFER, 1964; ANTONIETTI, 1968). La superficie di riferimento è quindi variabile, in ragione della vegetazione considerata, sebbene possa essere reputata come prossima al minimo areale.

Rarità di specie (GRECO, PETRICCIONE, 1988/1989 - entità sensibili; POLDINI, PERTOT, 1989 - presenza di specie non endemiche al limite dell'areale e molto rare).

L'indice ha valutato la potenzialità dei vari tipi di vegetazione ad ospitare specie comprese nelle liste della Legge della Regione Lombardia n. 33/77 e/o nelle Liste Rosse Regionali delle piante d'Italia (CONTI *et al.*, 1997). L'elenco delle specie è stato vagliato in base alle segnalazioni floristiche riferite alla provincia di Varese (MACCHI, 2005).

Specificità d'habitat (POLDINI, PERTOT, 1989 - azonalità)

L'indice ha stimato la frequenza con la quale le condizioni ecologiche per l'insediamento dei differenti

TABELLA 1

Scala dei valori numerici per i sei indici di qualità ambientale e per l'indice sintetico.

Scale of numerical values for the six quality indexes and for the Synthetic index.

STRUTTURA della VEGETAZIONE (Sve)	
Aree prive di vegetazione	0
Vegetazione erbacea discontinua	1
Vegetazione erbacea continua	2
Vegetazione arbustiva con arborea rada e boschi di impianto	3
Vegetazione arborea monoplana	4
Vegetazione arborea biplana o pluristratificata (incluso monoplana con altofusto)	5
MATURITA' o distanza dal climax (MA)	
Aree prive di vegetazione	0
Vegetazione +/- stabile senza elementi del climax (incluso azonale, artificiale e semiartificiale)	1
Stadio dinamico senza elementi del climax (incluso a disturbo frequente)	2
Stadio dinamico con elementi del climax	3
Vegetazione con composizione del climax	4
Vegetazione con composizione e struttura del climax	5
RICCHEZZA FLORISTICA (MSP)	
Aree prive di vegetazione	0
Numero specie: 1-10	1
Numero specie: 11-20	2
Numero specie: 21-30	3
Numero specie: 31-40	4
Numero specie: >40	5
RARITA' SPECIE (RSp)	
Aree prive di vegetazione	0
Habitat potenziale di 0-5 specie protette	1
Habitat potenziale di 6-15 specie protette	2
Habitat potenziale di 16-30 specie protette	3
Habitat potenziale di 31-40 specie protette	4
Habitat potenziale di >40 specie protette	5
SPECIFICITA' D'HABITAT (SHa)	
Aree prive di vegetazione	0
Vegetazione artificiale e azonale sinantropica	1
Vegetazione zonale diffusa o degradata	2
Vegetazione zonale rara	3
Vegetazione azonale rara	4
Vegetazione extrazonale rara	5
NATURALITA' o uso antropico (NA)	
Aree prive di vegetazione	0
Vegetazione artificiale	1
Vegetazione semiartificiale (mantenimento antropico)	2
Vegetazione degradata in rinaturalizzazione	3
Vegetazione naturaliforme con disturbo o prelievo ciclico	4
Vegetazione naturaliforme con disturbo o prelievo saltuario	5
INDICE SINTETICO (Sin)	
Aree prive di vegetazione	0
Aree a bassa qualità ambientale (aree riprogettabili)	1
Aree a media qualità ambientale (aree reindirizzabili)	2
Aree ad alta qualità ambientale (aree di tutela)	3

TABELLA 2

*Tipi di vegetazione e indici: codice di riferimento (COD.), denominazione della vegetazione e relativa fisionomia principale, syntaxa di riferimento (secondo THEURILLAT *et al.*, 1995) e valori attribuiti ai 6 indici di qualità ambientale e all'indice sintetico (sigle come in Tab. 1).*

*Vegetation types and indexes: relative codes (COD.), vegetation name and main physiognomy, syntaxa (according to THEURILLAT *et al.*, 1995) and values related to 6 environmental quality indexes and to Synthetic index (abbreviations as in Tab. 1).*

COD.	VEGETAZIONE	FISIONOMIA	Syntaxa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	IS
100	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
101	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
102	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
103	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
104	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
105	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
106	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
107	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
108	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
109	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
110	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
111	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
112	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
113	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
114	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
115	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
116	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
117	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
118	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
119	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
120	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
121	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
122	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
123	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
124	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
125	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
126	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
127	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
128	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
129	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
130	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
131	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
132	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
133	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
134	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
135	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
136	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
137	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
138	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
139	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
140	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
141	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
142	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
143	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
144	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
145	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
146	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
147	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
148	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
149	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1
150	Prati di fienile	Prati, fienile	Prati, fienile	1	1	1	1	1	1	1

tipi di vegetazione si presentano sul territorio, sia a livello locale (provincia di Varese) sia regionale (Distretto Insubrico). L'indice descrive quindi la rarità dei tipi di vegetazione considerati.

Naturalità o uso antropico (LAUSI *et al.*, 1978 - indice di antropizzazione)

L'indice ha valutato il grado di alterazione della vegetazione spontanea da parte dell'uomo, in termini di frequenza e intensità sia del prelievo di biomassa vegetale, sia di eventi distruttivi (es. incendi). Il taglio dei boschi è stato considerato un disturbo che avviene nel lungo periodo.

Indice sintetico di qualità ambientale.

L'indice ha valutato sinteticamente la qualità ambientale di ogni vegetazione. È stato calcolato come media aritmetica dei sei indici considerati:

$$I = (Sv_e + MA + MSp + RSp + SHa + NA) / 6$$

Questa procedura è stata di fatto impiegata anche da GRECO *et al.*, 1991. I valori medi ottenuti sono stati standardizzati per il valore medio più elevato, secondo la formula: $(I / I_{max}) * 3$. Infine, i valori standardizzati sono stati ripartiti in quattro categorie, sulla base dei seguenti intervalli: 0: Sin=0; >0-1: Sin=1; >1-2: Sin=2; >2-3: Sin=3.

L'articolazione della scala in sole quattro categorie, sebbene abbia comportato una certa perdita di informazione, ha reso la cartografia derivata di più facile lettura e interpretazione soprattutto ai fini della valutazione del territorio ad ampia scala per la progettazione di indirizzi gestionali. La prima categoria rappresenta infatti le aree prive di vegetazione spontanea nelle quali questa può eventualmente essere reinserita mediante specifici progetti. Nella seconda rientrano tutte le aree fortemente compromesse, ovvero che richiedono profondi interventi per poter innescare processi di rinaturalizzazione. Le aree che rientrano nella terza categoria, a media qualità ambientale, necessitano invece solo di interventi di indirizzo, dato che processi di rinaturalizzazione spontanea sono già in corso. Infine le aree classificate nella quarta categoria richiedono solo misure di tutela e/o valorizzazione, in quanto si possono considerare già ad elevata qualità ambientale.

Carte di qualità ambientale

La carta della vegetazione reale è stata elaborata per ottenere carte monotematiche riferite ad ogni indice tramite l'utilizzo dei software ArcInfo 7.2.1 per Windows NT4 e ArcView Gis 3.1. Inoltre è stata ricavata la ripartizione percentuale del territorio secondo ogni indice. La superficie della provincia di riferimento per questo calcolo è stata considerata al netto delle aree coperte dai laghi Maggiore e Ceresio e dal Fiume Ticino, attenendosi alla linea di costa laddove il confine provinciale cade all'interno degli stessi. Nei casi in cui erano presenti vegetazioni di sponda, come canneti e/o lamineti, la linea di costa è stata ampliata fino a comprenderle. Per i bacini lacustri minori (laghi di Varese, Comabbio, Ganna, ecc.), data la loro modesta profondità, l'intera superficie è stata considerata in prima approssimazione come

appartenente alla vegetazione idrofita. Nel calcolo della ripartizione percentuale secondo i diversi indici sono state tralasciate le aree prive di vegetazione (aree urbanizzate, produttive e residenziali e aree sterili).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Assetto vegetazionale del territorio

L'assetto complessivo del territorio provinciale è risultato piuttosto singolare (Fig. 2): più di un quarto (29%) è costituito da aree prive di vegetazione, in massima parte urbanizzate, ma al tempo stesso quasi la metà (45%) è ricoperta da aree boscate, prevalentemente distribuite nella parte montana settentrionale. Le aree agricole, escludendo i prati stabili, raggiungono il 15% e insieme alle aree urbanizzate sono concentrate nella parte meridionale della provincia e lungo i principali fondovalle (Valcuvia, Valceresio ecc.). Le formazioni erbacee occupano complessivamente quasi il 10%, mentre gli arbusteti raggiungono solo l'1,5%. Quest'ultimo dato è alquanto singolare se si considera che fino al secolo scorso la parte centro-meridionale della provincia ospitava estesissime brughiere pedemontane (ARTINI, 1927; PAVARI, 1927; GIACOMINI, 1958).

Tra i boschi dominano quelli misti di latifoglie autoctone (39% del totale dei boschi). Essi comprendono estesi boschi igrofilo e palustri a *Fraxinus excelsior* e *Alnus glutinosa* delle zone lacustri e delle depressioni intermoreniche, e i boschi misti di Faggio, Castagno e Querce con abbondante presenza di *Ilex aquifolium*. Questi ultimi si rinvenivano principalmente nel settore montano nel quale, grazie al clima umido e alla diffusione di substrati cristallini, è favorita la consistente discesa del Faggio a basse quote. Piuttosto diffusi sono anche i boschi puri di *Castanea sativa* (16%) e di *Fagus sylvatica* (10%), mentre quelli di Querce sono estremamente scarsi (<2%). Più di un quarto dei boschi della provincia (26%) è rappresentato da boschi degradati di specie esotiche (*Robinia pseudoacacia*, *Prunus serotina*, *Quercus rubra* e *Pinus rigida*), mentre i boschi dominati o codominati da conifere sono piuttosto scarsi (7%) e quasi interamente rappresentati da pinete a *Pinus sylvestris* dei settori pianiziale e collinare.

Il 70% delle formazioni arbustive è costituito da vegetazioni eterogenee a dominanza di *Cytisus scoparius*, *Pteridium aquilinum* e *Calluna vulgaris*, che includono i resti delle brughiere pedemontane, le brughiere rupestri e soprattutto gli estesi stadi di degradazione di Castagneti e Faggete della parte montana che sono spesso associati a stadi a *Molinia arundinacea* e a radi Betulleti. Occorre anche menzionare i Saliceti arbustivi (es. a *Salix purpurea*, *S. eleagnos* o *S. cinerea*) e gli arbusteti di quota a *Rhododendron ferrugineum* e/o *Alnus viridis*, questi ultimi concentrati in poche stazioni contigue al confine settentrionale della provincia.

Le formazioni erbacee sono perlopiù costituite (63%) dai prati stabili (Arrenatereti e più raramente Triseteti). Importanti sono anche le comunità a idro-

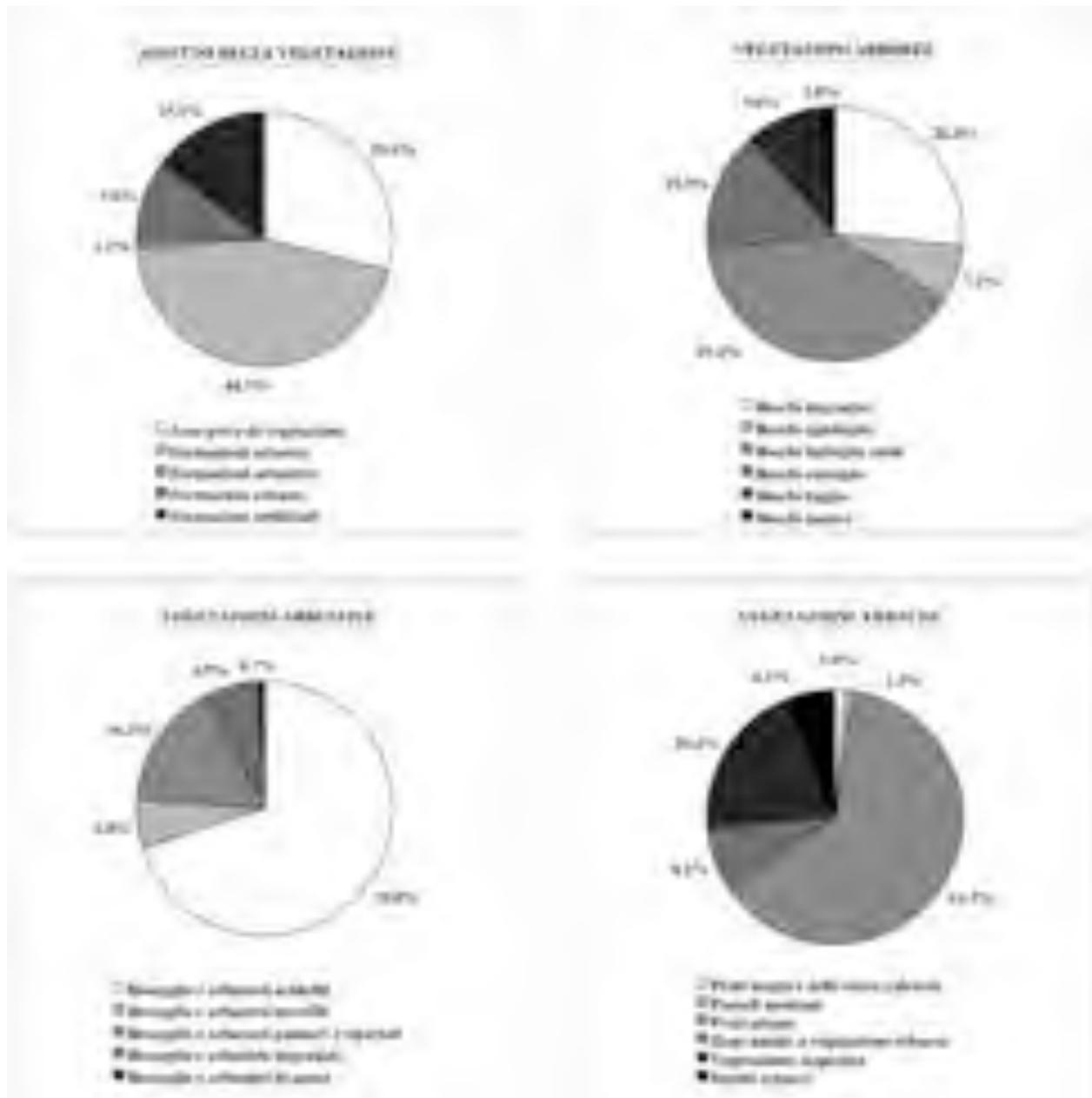


Fig. 2
 Assetto vegetazionale del territorio.
 Vegetation composition of the territory.

fite (*Najas marina*, *Nymphaea alba*, *Trapa natans*, ecc.) dei bacini lacustri (20%) e quelle ad elofite (8%) dominate da *Phragmites australis*, *Typha latifolia* e *Carex elata*. I pascoli montani (1%), perlopiù Nardeti, e i prati magri (1%), Brometi e Seslerieti, sono le formazioni erbacee meno rappresentate, ma tra le più rilevanti, essendo caratterizzati da un'elevata diversità biologica e da diverse specie rare per il territorio provinciale. Infine gli incolti erbacei (6%), dominati da *Artemisia verlotorum*, *A. vulgaris*, *Solidago gigantea* e *S. canadensis*, sono prevalentemente circoscritti alle aree periurbane (6%).

Qualità ambientale della vegetazione

Struttura della vegetazione. Secondo questo indice

(Fig. 3) la vegetazione è risultata dominata da formazioni arboree, prevalentemente monoplane (51%), dato che la maggior parte dei boschi viene gestita a ceduo. Meno rappresentate sono risultate le formazioni arboree biplane o pluristratificate (13%).

In generale il settore settentrionale montano ha presentato estese parcelle strutturalmente omogenee, all'opposto è emersa la frammentazione di quelli pianiziale e collinare. Ciò è imputabile ai fenomeni di urbanizzazione diffusa e a un mosaico di colture erbacee e comunità strutturalmente più complesse (boschi e arbusteti). Un'eccezione è costituita dal Parco Pineta di Appiano Gentile-Tradate, caratterizzato da estese formazioni di tipo forestale.

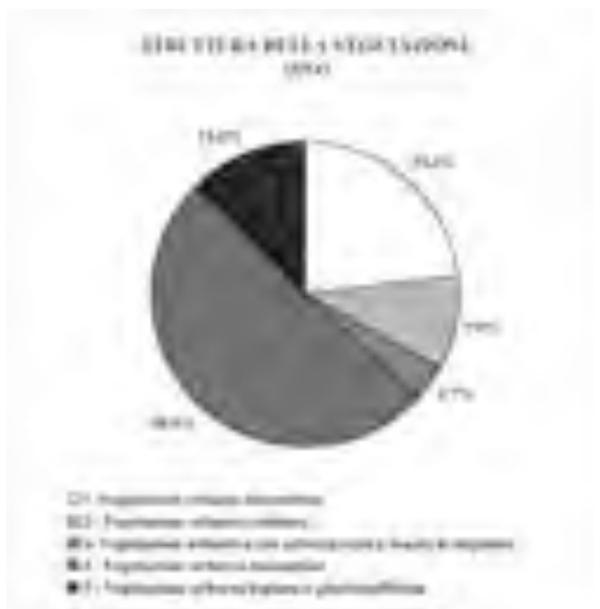


Fig. 3
Ripartizione territoriale secondo l'Indice di Struttura della vegetazione.
Territorial distribution according to Vegetation Structure Index.

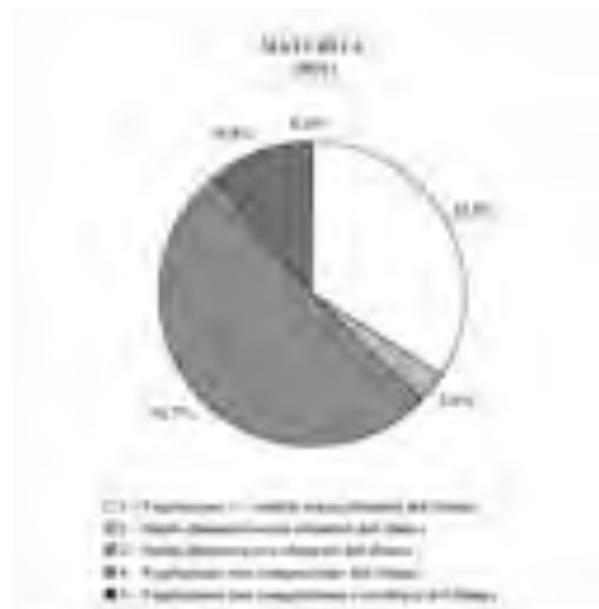


Fig. 4
Ripartizione territoriale secondo l'Indice di Maturità.
Distribution of the territory according to Maturity Index.

Maturità o distanza dal climax. La ripartizione della vegetazione secondo questo indice (Fig. 4) ha mostrato come più della metà (52%) sia caratterizzata da stadi dinamici con elementi del climax, mentre le formazioni più prossime al climax, tenendo conto sia degli aspetti strutturali che di quelli floristici, assommano solo a poco più del 11%. La modesta presenza di tali comunità è probabilmente dovuta all'intenso sfruttamento pregresso, che non ha risparmiato nemmeno tutte le formazioni forestali del territorio. Le vegetazioni più mature sono comunque risultate perlopiù concentrate nelle zone centro-settentrionali della provincia, spesso a diretto contatto con vaste aree urbanizzate, come la città di Varese e la Valceresio. Esse dunque non sono esenti da problemi di ordine conservazionistico, anche se parte di esse sono oggi sottoposte a regime di tutela (es. Parco del Campo dei Fiori).

Le vegetazioni più distanti dal climax sono state riscontrate in prevalenza nel settore pianiziale, dove anche le formazioni forestali hanno mostrato evidenti tracce di degrado, sia a livello strutturale che floristico. Situazioni di estrema criticità sono state evidenziate nella parte sud-orientale della provincia.

Ricchezza floristica. L'applicazione di questo indice (Fig. 5) ha evidenziato la presenza di vegetazioni spontanee costituite in generale da comunità con un modesto numero di specie (11-20 specie) e da una distribuzione dei valori medi dell'indice secondo tre fasce. Le zone caratterizzate da elevata ricchezza floristica (circa il 16% del totale) sono concentrate nella parte centrale. In questa area sono infatti prevalentemente presenti substrati di tipo calcareo-dolomitici che ospitano Querceti a Roverella, boschi misti ter-

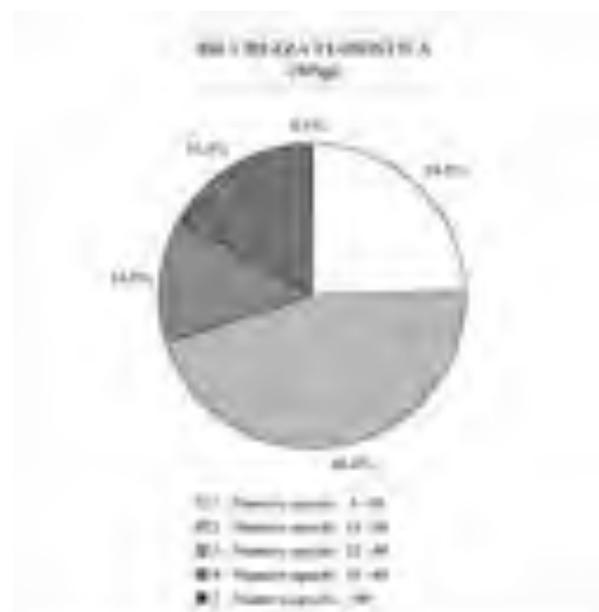


Fig. 5
Ripartizione territoriale secondo l'Indice di Ricchezza floristica.
Territorial distribution according to Floristic Richness Index.

mofili e prati magri. Le fasce collocate a nord e sud della fascia centrale sono invece risultate con ricchezza floristica relativamente bassa. Per quanto riguarda la fascia settentrionale ciò è dovuto alla prevalenza di comunità acidofile, legate ai substrati siliceo-cristallini e tipicamente caratterizzate da scarsa diversità biologica. La ridotta ricchezza floristica della fascia meridionale è invece da imputare all'intensa urbanizza-

zione, che ha portato all'insediamento di formazioni fortemente degradate, estremamente paucispecifiche e spesso dominate da specie esotiche.

Rarità di specie. L'impiego di questo indice ha evidenziato (Fig. 6) una situazione simile a quella individuata dall'indice "Ricchezza floristica". Gli habitat potenziali per un elevato numero di specie rare o protette, tra cui molte *Orchidaceae*, sono infatti prevalentemente concentrati nella zona centrale (es. Querceti a Roverella, boschi misti termofili e prati magri), anche se sono risultati piuttosto scarsi (8% circa). Al contrario le formazioni dominanti nella porzione settentrionale (es. Faggete e boschi misti acidofili) in genere non ospitano molte specie rare. La parte meridionale, pur essendo caratterizzata in genere da formazioni banali sinantropiche e degradate, ha rivelato la presenza di alcune importanti eccezioni, quali le formazioni erbacee delle zone umide e i prati magri lungo l'asta del Ticino, in grado di ospitare specie rare o protette.

I due indici "Ricchezza floristica" e "Rarità di specie", solitamente correlati, hanno tuttavia mostrato alcune importanti differenze. Comunità più o meno strettamente legate all'intervento antropico (incolti erbacei, boscaglie ed arbusteti degradati, prati pingui, ecc.) infatti possono essere caratterizzate da elevata biodiversità, ma raramente ospitano specie di pregio. Dall'altra parte alcune formazioni paucispecifiche possono potenzialmente ospitare diverse specie rare o protette, come nel caso di comunità vegetali delle paludi e delle torbiere, che in provincia spesso ospitano specie relitte di grande significato biogeografico (es. *Scheuchzeria palustris*, *Drosera rotundifolia*, *D. intermedia* e *D. anglica*).

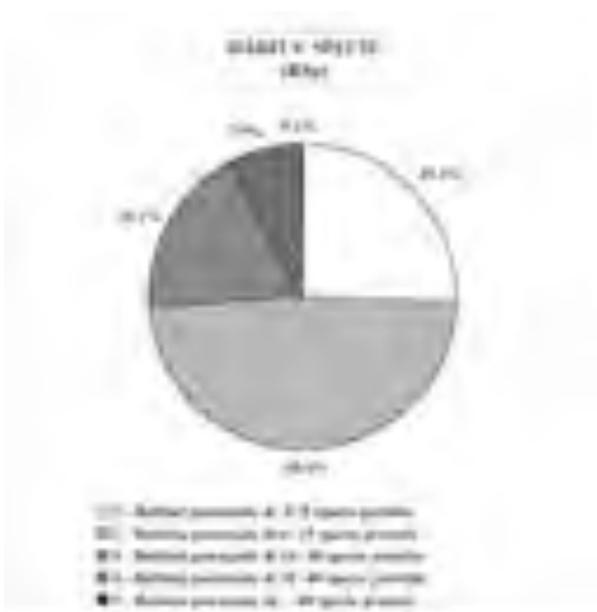


Fig. 6
Ripartizione territoriale secondo l'Indice di Rarità di specie.
Territorial distribution according to Species Rarity Index.

Specificità d'habitat. L'applicazione di questo indice (Fig. 7) ha mostrato come la maggior parte della vegetazione sia caratterizzata da formazioni zonali assai diffuse a livello regionale (52%) o addirittura sinantropiche e artificiali (31%). Solo un sesto circa è legata a particolari condizioni; queste hanno una distribuzione frammentaria in prevalenza concentrata nelle depressioni intermoreniche (es. Palude Brabbia) e nei fondovalle (comunità igrofile), oppure lungo l'asta del Ticino (brughiera a *Calluna* e prati magri). La conservazione di queste aree è in alcuni casi garantita dall'istituzione di appositi regimi di tutela (Riserve naturali), in altri completamente trascurata: ad esempio l'Aeroporto di Malpensa e le infrastrutture ad esso connesse sono state realizzate su una delle più importanti brughiere pedemontane della Lombardia. In generale si tratta di formazioni collocate in contesti fortemente urbanizzati e quindi potenzialmente minacciate da fenomeni di degradazione di habitat causati da inquinamento atmosferico, idrico, ecc..

Naturalità o uso antropico. L'applicazione dell'indice ha evidenziato come circa tre quarti della vegetazione siano rappresentati da aree a bassa naturalità, ovvero soggette a forme di prelievo o di degrado piuttosto intensi (Fig. 8). A molte formazioni sono stati attribuiti valori dell'indice elevati (boschi misti acidofili e mesofili, boschi di aghifoglie e latifoglie submontani, Faggete, Querceti acidofili, arbusteti mesofili, prati magri e comunità idro-igrofile), ma nell'insieme esse arrivano a coprire solo circa un quarto della superficie totale occupata dalla vegetazione.

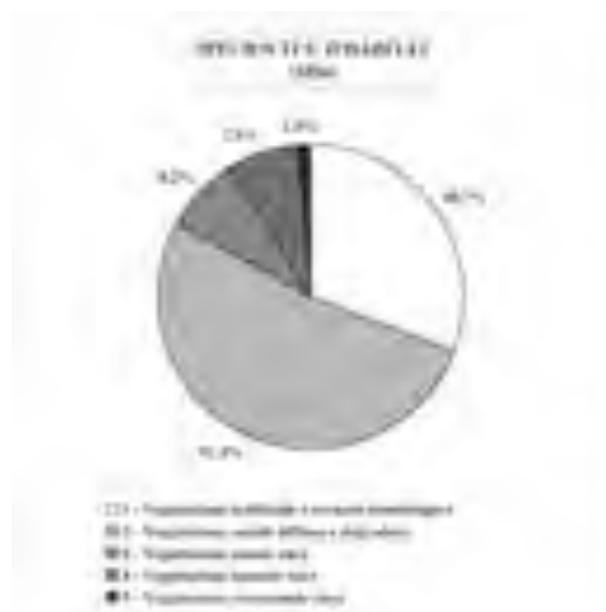


Fig. 7
Ripartizione territoriale secondo l'Indice di Specificità d'habitat.
Territorial distribution according to Habitat Specificity Index.

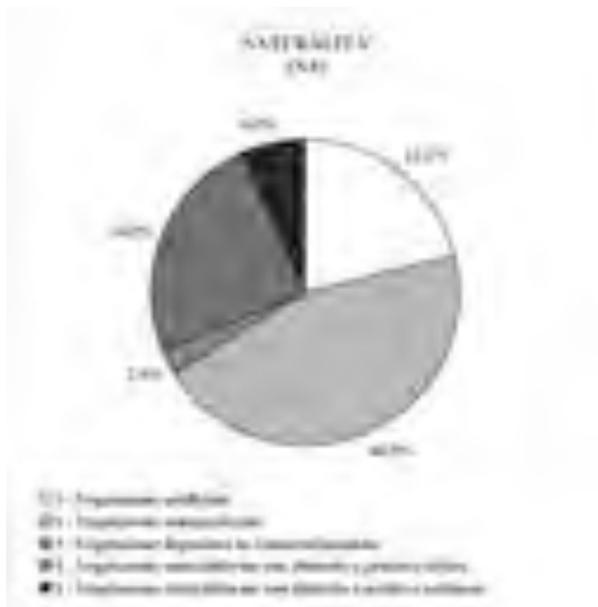


Fig. 8
Ripartizione del territorio secondo l'Indice di Naturalità.
Territorial distribution according to Naturalness Index.

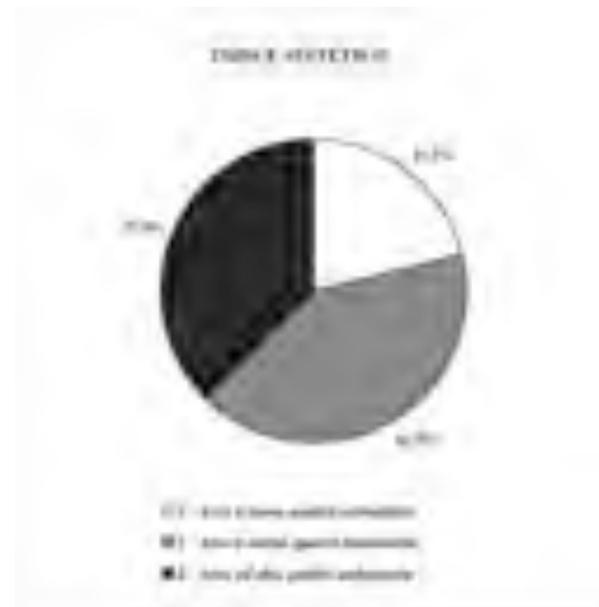


Fig. 9
Ripartizione territoriale secondo l'Indice Sintetico.
Territorial distribution according to the Synthetical Index.

A differenza degli altri indici che hanno registrato valori mediamente più elevati nella parte centrale della provincia, la distribuzione delle diverse classi di naturalità ha evidenziato una concentrazione di aree di maggior qualità nella parte più settentrionale del territorio, oggi soggetta ad un contenuto prelievo forestale e a sporadici incendi. Nella parte meridionale le uniche zone ad alta naturalità risultano essere, come per altri indici, quelle che ospitano le brughiere e le comunità igrofile.

Qualità ambientale complessiva. Il calcolo dell'indice sintetico (Fig. 9, 10) ha mostrato una vegetazione prevalentemente dominata da aree a qualità ambientale media ed alta (circa 80%). Se tuttavia si considerano nel calcolo anche le aree prive di vegetazione (prevalentemente aree urbanizzate equivalenti al 29% del territorio, v. Fig. 2), la percentuale a qualità media ed alta diviene poco superiore al 56%.

La porzione di territorio che è risultata di più elevata qualità ambientale corrisponde al settore montano, grazie ad una distribuzione omogenea e con ampie campiture delle tipologie forestali con composizione prossima al climax e con elevato valore di naturalità. Gli interventi gestionali individuabili in tali aree potrebbero consistere quindi unicamente in azioni di indirizzo (es. piani di assestamento forestale). Azioni di riqualificazione sarebbero invece unicamente necessari a livello locale, in particolare nei fondovalle.

Nel rimanente territorio provinciale le aree ad alta qualità ambientale sono risultate piuttosto frammentate, di piccole dimensioni e principalmente dislocate lungo l'asta del Ticino e in corrispondenza delle depressioni intermoreniche. La porzione centrale si mostra, infatti, dominata da zone a media e bassa



Fig. 10
Carta dell'indice sintetico.
Map of the Synthetical index.

qualità ambientale, in cui spiccano soprattutto le presenze di aree umide e boschi termofili o acidofili,

che si contraddistinguono dalle vegetazioni limitrofe sia per la specificità d'habitat sia per le peculiarità floristiche. Gli interventi gestionali dovrebbero riguardare principalmente la tutela di questi habitat, peraltro almeno in parte già garantita dall'istituzione di Riserve Naturali per le zone umide.

La parte meridionale della provincia ha mostrato valori di qualità simili a quella centrale, benché si assista alla fusione di aree urbanizzate e sterili, che porta alla formazione di conurbazioni sempre più vaste, alla riduzione dell'estensione delle parcelle di vegetazione e, in ultima analisi, alla compromissione della funzionalità e della stessa esistenza delle reti ecologiche. Emergono tuttavia per la loro intrinseca qualità ambientale piccole campiture occupate dalle brughiere, dalle formazioni forestali e dai prati magri dislocati lungo l'asta del Fiume Ticino. Un contesto ad alta criticità ambientale è specialmente rappresentato dalla porzione sud-orientale della provincia, compresa tra la conurbazione che si sviluppa intorno all'autostrada A8 (Varese-Milano) e quella che si colloca lungo la statale n° 233 (Varese-Saronno). In generale le vaste aree a bassa qualità potrebbero essere oggetto di interventi di riprogettazione ambientale finalizzati al recupero di una maggiore naturalità, anche per compensare l'elevata urbanizzazione (ad esempio come effettuato nel vicino PLIS Alto Milanese).

CONCLUSIONI

Il presente lavoro rappresenta un contributo sperimentale nell'ambito delle ricerche riguardanti la stima della qualità ambientale a partire dal dato vegetazionale. Il valore numerico della qualità ambientale, mediato tramite opportuni indici (prassi peraltro già ampiamente utilizzata nella letteratura scientifica e tecnica), è stato attribuito a poligoni di vegetazione e non a parcelle territoriali arbitrarie. Tali poligoni di vegetazione corrispondono a categorie vegetazionali ampie, in quanto la vastità del territorio e l'assenza di una dettagliata cartografia floristico-vegetazionale non ha consentito una individuazione di tipologie di maggiore dettaglio (ad esempio fitosociologiche). Tuttavia l'approccio impiegato nel presente studio consente l'applicabilità della medesima metodologia a carte vegetazionali di maggiore dettaglio (ad es. fitosociologiche) ottenendo risultati molto più interessanti e precisi, in quanto l'attribuzione del valore degli indici deriverebbe dalla lettura di dati strutturali e floristici puntuali, ovviando ad una attribuzione aprioristica quando si abbia a che fare con ampie categorie vegetazionali.

Per quanto riguarda le problematiche legate alla scelta dei singoli indici, delle relative scale di valori e della loro composizione in indici sintetici la gestione dei dati tramite SIT consente di poter valutare il comportamento dei vari indici e delle loro combinazioni evidenziando casi di ridondanza e/o scarsa risoluzione. In questo studio si sono volute considerare solo caratteristiche intrinseche della vegetazione, quali la struttura, il numero di specie, ecc., nulla

togliendo alla possibilità di inserire altri aspetti (es. fruibilità, valore culturale e paesaggistico). Resta comunque il problema di pervenire all'individuazione di un set di indici di riferimento ampiamente condivisi, nonché delle relative scale di valori, così da definire metodi confrontabili ed utilizzabili a diverse scale, soprattutto in campo tecnico-gestionale.

LETTERATURA CITATA

- AA.VV., 2002 - *Conoscenza delle risorse ambientali della provincia di Varese. Progetto Sit-Fauna*. Prov. Varese, Univ. Insubria.
- ANTONIETTI A., 1968 - *Le associazioni forestali dell'orizzonte submontano del Cantone Ticino su substrati pedogenetici ricchi di carbonati*. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Vers. Wes. Zurich, 44: 83-226.
- ARTINI E., 1927 - *La brughiera lombarda (Appunti geologici)*. Le Brughiere, Milano: 37-54.
- BELLONI S., 1975 - *Il clima delle province di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici*. CNR-Fondazione per i problemi dell'arco alpino, pubbl. n. 99.
- BRACCO F., SARTORI F., TERZO V., 1984 - *Indagine geobotanica per la valutazione di un'area della bassa Padania occidentale*. Atti Ist. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia, 7(3): 5-50.
- CERABOLINI B., ARMIRAGLIO S., ASSINI S., VERDE S., CACCIANIGA M., ANDREIS C., SARTORI F., 2005 - *Problematiche fitogeografiche e sintassonomiche del territorio lombardo: alcuni esempi*. Inform. Bot. Ital., 37: 482-483.
- CONTI F., MANZI A., PEDROTTI F., 1997 - *Liste Rosse regionali delle Piante d'Italia*. Dipartimento Botanica ed Ecologia, Univ. Camerino.
- CORNELINI P., LOCHE P., PANI F., PETRICCIONE B., SQUARTINI V., 1987 - *L'uso dell'informazione vegetazionale nella definizione della qualità dell'ambiente*. Inform. Bot. Ital., 21: 152-164.
- CORONA P., LEONE M., PETTENELLA D., 1993 - *Valutazione multicriteriale dell'impatto di interventi realizzati in ambienti forestali*. Note tecniche SAF.
- CURRELI F., MOSSA L., 2000 - *Un modello di analisi della Qualità ambientale per la valutazione ed il controllo di aree sensibili*. Inform. Bot. Ital., 32 (suppl. 1): 79-81.
- FERRARI C., PEZZI G., DELL'AQUILA L., 2000 - *Diversità e naturalità della vegetazione. Elementi per un'analisi quantitativa integrata*. Inform. Bot. Ital., 32 (suppl. 1): 31-34.
- GIACOMINI V., 1958 - *Sulla vegetazione della Brughiera di Gallarate*. In: PIGNATTI-WIKUS E., PIGNATTI S., *Relazione sulla terza escursione fitosociologica internazionale*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital., 34: 63-68.
- GRECO S., PERSIA G., PETRICCIONE B., PEZZOTTI E., 1991 - *Il valore di qualità ambientale degli ecosistemi forestali a partire da indici e funzioni di correlazione floristici e vegetazionali*. Ecologia, Atti S. It. E., 12.
- GRECO S., PETRICCIONE B., 1988/1989 - *La cartografia della vegetazione nella definizione della qualità dell'ambiente: il caso di Cocullo (AQ)*. Not. Fitosoc., 24: 63-98.
- LAUSI D., PIGNATTI S., POLDINI L., 1978 - *Carta della vegetazione dell'Alto Friuli-zona colpita dai terremoti del maggio-settembre 1976*. C.N.R. A.Q./1/3, coll. P.F. Promozione della qualità dell'ambiente, Roma.
- MACCHI P., 2005 - *La flora della provincia di Varese*. Edizioni Provincia di Varese.
- MARGULES C., USHER M.B., 1981 - *Criteria used in asses-*

- sing wildlife conservation potential: a review.* Biol. Conserv., 21: 79-109.
- OBERDORFER E., 1964 - *Der insubrische Vegetationskomplex, seine Struktur und Abgrenzung gegen die submediterrane Vegetation in Oberitalien und in der Sudschweiz.* Beitr. Nat. Forsch. Sudw. - Deutsch, 23: 141-187.
- PAVARI A., 1927 - *Boschi e brughiere.* Le Brughiere, Milano: 197-232.
- PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia.* Vol. 1, 2 & 3. Edagricole, Bologna
- POLDINI L., PERTOT M., 1989 - *Criteri di indicizzazione del valore naturalistico sull'esempio del carso triestino-goriziano.* Inform. Bot. Ital., 21: 133-151.
- ROSSI G., TOMASELLI M., GUALMINI M., 2000 - *Messa a punto metodologica sul problema dell'indicizzazione del valore naturalistico delle comunità vegetali.* Arch. Geobot., 5: 135-144.
- SMITH P.R.G., THEBERGE J.B., 1986 - *A review of criteria for evaluating natural areas.* Env. Manag., 10(6): 715-734.
- THEURILLAT J.-P., AESCHIMANN D., KÜPFER P., SPICHTER R., 1995 - *The higher vegetation units of the Alps.* Coll. Phytosoc., 23: 189-239.
- VICIANI D., 1999 - *La valutazione della qualità degli aspetti floristico-vegetazionali negli Studi di Impatto Ambientale: una metodologia semplificata.* Inform. Bot. Ital., 31: 213-217.
- RIASSUNTO - È stato affrontato il problema della definizione della qualità ambientale tramite l'analisi della vegetazione e l'applicazione di indici descrittivi. Lo studio è stato condotto a livello territoriale di media scala sull'intera provincia di Varese, realizzando un archivio georeferenziato. Inizialmente è stata redatta la carta della vegetazione reale mediante fotointerpretazione e verifiche di campo. Le principali caratteristiche della carta comprendono gli aspetti fisionomico-strutturali della vegetazione e le relative notazioni ecologiche (legenda di 34 voci), una scala 1:10.000 e il minimo poligono cartografabile pari a 0,25 ha. La carta è stata digitalizzata tramite AutoCad e successivamente rielaborata con PcArcInfo e ArcView GIS 3.1. I criteri di valutazione della vegetazione considerati sono stati: la struttura e la maturità, la naturalità e la zonabilità della vegetazione, la ricchezza e la rarità floristica. A ogni criterio è stato associato un indice, che ha permesso l'attribuzione di sei valori numerici, su una scala da 0 a 5, a ciascun tipo di vegetazione. L'analisi sintetica della qualità ambientale è stata condotta sia mediante le carte monotematiche relative ad ogni indice, sia tramite la carta derivata dalla formulazione di un indice sintetico.

AUTORI

Bruno Cerabolini, Barbara Raimondi, Michele Cattaneo, Guido Brusa, Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale, Università dell'Insubria, Via Dunant 3, 21100 Varese, e-mail: bruno.cerabolini@uninsubria.it
 Damiano Preatoni, Dipartimento Ambiente Salute Sicurezza, Università dell'Insubria, Via Dunant 3, 21100 Varese
 Guido Brusa, Dipartimento di Scienze Chimiche e Ambientali, Università dell'Insubria, Via Valleggio 11, 22100 Como