

Lo studio ecologico del paesaggio mediterraneo con l'ausilio di un Sistema Informativo Geografico

Raffaele LAFORTEZZA*, Dario MARTIMUCCI**

* Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali- Università degli Studi di Bari

** Planetek Italia srl, Via Massaua, 12 - 70123 Bari

Tel. 080 5343750 - Fax 080 5340280 - E-mail info@planetek.it – http://www.planetek.it

Il lavoro ha avuto come obiettivo quello di definire un possibile modello di integrazione tra GIS e Landscape Ecology nello studio ecologico dei paesaggi mediterranei e delle loro più comuni fonti di disturbo. In particolare, si è valutato il grado di frammentazione ecologica del territorio di Acaya (Lecce) attraverso la definizione delle sue principali unità ecosistemiche (nuclei residui di vegetazione naturale) e delle "barriere" artificiali imposte dall'uomo. Il modello messo a punto ha permesso di realizzare una carta delle reti ecologiche in cui si evidenziano le possibili connessioni tra i frammenti di paesaggio relitti e la loro salvaguardia in vista di possibile utilizzo ricreativo e sportivo di quest'area.

1. Introduzione

L'Ecologia tradizionale, negli ultimi anni, è stata oggetto di una sintomatica evoluzione che ha portato ad un raffinamento delle analisi e degli strumenti interpretativi dei fenomeni, sulla base di principi e metodi più integrati. Lo studio degli ecosistemi e delle loro principali componenti si è dimostrato insufficiente alla descrizione dei processi e delle dinamiche rilevabili alla scala di paesaggio, determinando la nascita di una specifica disciplina che va sotto il nome di *Landscape Ecology* (Ecologia del Paesaggio). Essa è in grado di offrire un approccio sintetico all'analisi dei mosaici ambientali (i.e. ecomosaici), mediante l'elaborazione di modelli strutturali e di grandezze indicatrici della funzionalità ecologica (Forman, Godron, 1986).

La valenza applicativa di un simile approccio è, però, strettamente legata alla messa a punto di procedure standard di analisi del paesaggio, supportate da strumenti e tecnologie informatiche idonee allo scopo: GIS (Sistemi Informativi Geografici) e *Remote Sensing* (telerilevamento). L'obiettivo del presente lavoro è stato proprio quello di definire un possibile modello di integrazione tra GIS, *Remote Sensing* e *Landscape Ecology* nello studio dei sistemi ambientali e delle loro più comuni fonti di disturbo.

2. Il caso studio

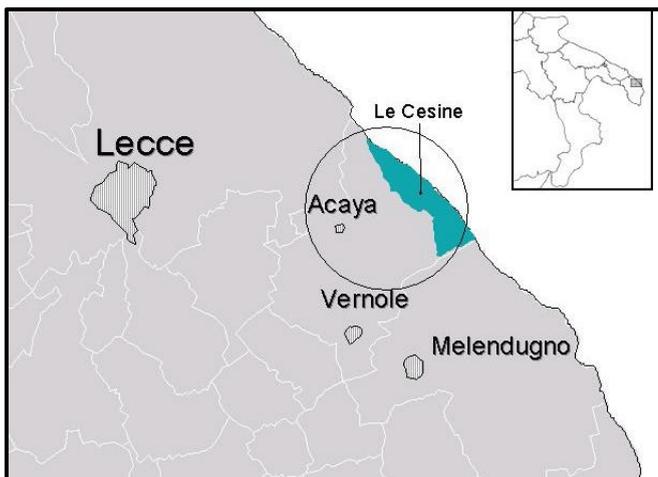


Figura 1 - Ubicazione dell'area di studio

L'integrazione dei nuovi paradigmi dell'Ecologia con l'analisi GIS ha trovato la giusta dimensione applicativa nello studio di un'interessante porzione del Salento Meridionale (c.a 3600 ha), situata nella parte nord-orientale del comune di Vernole, in località Acaya, quasi al confine con gli ambiti territoriali di Lecce e Melendugno (Fig.1). La porzione di territorio così delimitata mostra, in maniera significativa, gli effetti delle politiche territoriali pregresse basate sulla semplice istituzione di Parchi e Riserve Naturali e non sulla loro integrazione in reti di trasferimento e di interscambio ecologico (i.e. reti ecologiche). L'elemento naturalistico di maggior rilievo è dato dalla vasta zona umida "Le Cesine" che si estende da nord-ovest a sud-est lungo l'intera linea di costa. Questo biotopo è stato dichiarato nel 1980 "Riserva Naturale di

Popolamento Animale", assumendo così i connotati di area protetta in cui attuare finalità di conservazione e tutela ambientale. A questa imponente "isola di habitat" (Mc Arthur, Wilson, 1967) fanno seguito ampie estensioni di terreni agricoli, a prevalente indirizzo olivicolo e cerealicolo, intervallati da piccoli frammenti

e lembi residui di lecceta, macchia mediterranea e gariga ad *Erica manipuliflora* Salisb. (specie endemica in via di estinzione). Nonostante l'esigua dimensione, questi nuclei di vegetazione autoctona possono svolgere un importante ruolo nel mantenimento della diversità biologica, fornendo preziosi habitat per il rifugio, la nutrizione e la riproduzione delle biocenosi locali.

Si è pertanto proceduto alla valutazione di queste unità, sia in termini di distribuzione spaziale che di potenzialità biologica e alla individuazione delle barriere artificiali "imposte" dall'uomo lungo le principali direttrici di permeabilità ecologica. Il modello messo a punto ha permesso di realizzare una carta delle reti ecologiche in cui si evidenziano le possibili connessioni tra i frammenti di paesaggio relitti e la loro salvaguardia in vista della prossima realizzazione in quest'area di un campo da golf a 18 buche.

3. Metodologia e dati di partenza

La metodologia posta in essere per il raggiungimento degli obiettivi descritti, ha previsto una sequenza di analisi e valutazioni quali-quantitative (Fig.2), supportate da una serie di indicatori ecologici riferiti all'organizzazione strutturale e funzionale del paesaggio oggetto di studio.

Una prima parte della ricerca è stata indirizzata al riconoscimento delle unità ecosistemiche elementari (*patches*) presenti nell'ecomosaico e alla loro organizzazione gerarchica in classi di Grana, Perimetro, Biopotenzialità Territoriale e Qualità Ambientale. Si è passati, quindi, all'analisi dei rapporti di

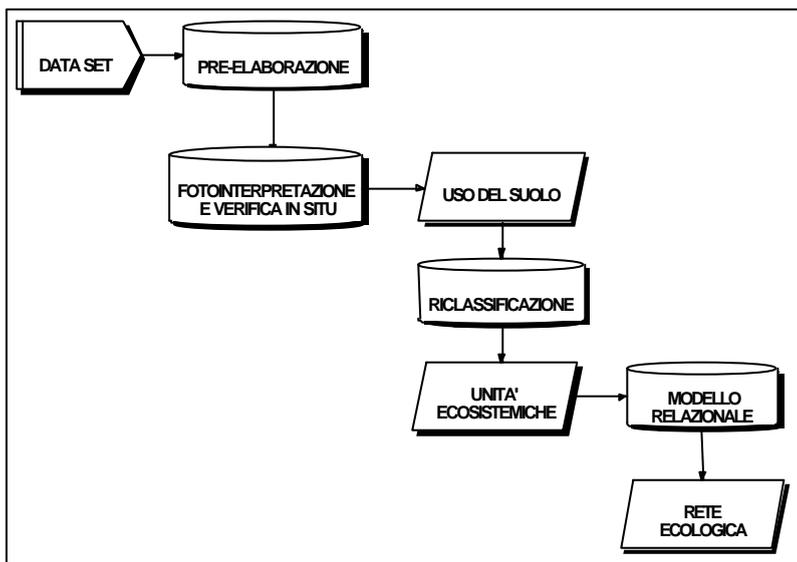


Figura 2 - Schema metodologico

interscambio ecologico tra le predette unità, mediante un modello relazionale interpretativo degli attuali livelli di frammentazione e connettività territoriale. Il processo di analisi è stato sviluppato, sin dal principio, con l'ausilio di un GIS, che ha reso possibile lo studio comparato delle diverse componenti ecologiche e la loro elaborazione su più livelli di indagine e conoscenza. Nella fattispecie sono stati utilizzati il GIS della ESRI ArcView 3.2 e le sue estensioni Spatial Analyst e 3D Analyst. I dati territoriali di partenza sono stati la Carta Tecnica della Provincia di Lecce (CTP) sez. nn.: 512040, 512080, 513010, 513050, in formato DWF, ed un ortofotocarta in toni di grigio, entrambe in scala 1:10.000 e georeferenziate in proiezione Gauss-Boaga, fuso Est

con datum Monte Mario. Dopo un'operazione di omogeneizzazione-integrazione preliminare, questi dati sono stati opportunamente "ritagliati" per la sola area di interesse rappresentata da un poligono di dimensioni 6000x6000m. Sulla base di queste informazioni territoriali è stato condotto il processo di analisi ecologica.

4. Struttura e funzionalità dell'ecomosaico

Il riconoscimento delle unità ecosistemiche elementari (elementi strutturali del paesaggio) è stato preceduto dalla attribuzione, a ciascun elemento poligonale della CTP, della relativa classe d'uso del suolo. Tale associazione è avvenuta interpretando i fotogrammi di volo disponibili e verificando i risultati ottenuti con opportune indagini di campo. Le singole classi sono state in seguito valutate in chiave ecologico-paesaggistica ed accorpate o suddivise in nuove categorie, in base alla attribuzione di una specifica funzionalità ecosistemica. Ad esempio i frutteti-agrumeti e gli oliveti specializzati sono stati riuniti

in un'unica classe: agroecosistemi arborei; i rimboschimenti sono stati, invece, distinti in aree boscate (sup. > 0,5 ha) e nuclei di vegetazione arbustivo-arborea (sup. < 0,5 ha).

L'elenco definitivo delle unità ecosistemiche cartografate è riportato in tabella 3; per ciascuna di esse sono stati determinati i seguenti indici strutturali:

- Superficie complessiva (ha) e relativa (%) espresse in termini di frequenza;
- Grana (ha), data dal rapporto tra la frequenza assoluta e il numero di tessere (poligoni) occupate da una determinata unità ecosistemica; questa grandezza è correlata in maniera inversa al grado di frammentazione ecologica delle singole unità;
- Indice perimetrale (IP), dato dal rapporto tra il perimetro e la frequenza assoluta di ciascuna unità; questo parametro quantifica il grado di interazione di ogni singola unità ecosistemica con la rimanente parte dell'ecomosaico.

Unità ecosistemiche	Frequenza assoluta (ha)	Frequenza relativa (%)	Tessere (n°)	Grana (ha)	Perimetro (m)	IP (%)
Agroecosistemi arborei	874,77	24,3	136	6,4	161674,12	1,8
Agroecosistemi erbacei	792,42	22,0	95	8,3	135033,41	1,7
Agroecosistemi promiscui	635,60	17,7	127	5,0	138838,20	2,2
Arbusteti	302,09	8,4	121	2,5	95662,70	3,2
Aree boscate	177,99	4,9	32	5,6	37172,20	2,1
Aree infrastrutturate extraurbane	9,34	0,3	1	9,3	2869,42	3,1
Aree urbanizzate dense	29,94	0,8	21	1,4	12288,41	4,1
Aree urbanizzate rade	15,30	0,4	37	0,4	9979,17	6,5
Attività estrattive	22,90	0,6	22	1,0	11363,42	5,0
Canali artificiali	6,15	0,2	9	0,7	11419,05	18,6
Fasce arbustivo-arboree	4,67	0,1	59	0,1	31902,24	68,4
Mare	310,83	8,6	1	310,8	9199,13	0,3
Nuclei di vegetazione arbustivo-arborea	7,59	0,2	42	0,2	7867,29	10,4
Sistemi di vegetazione palustre	168,48	4,7	10	16,8	29251,51	1,7
Specchi d'acqua	70,45	2,0	6	11,7	12323,09	1,7
Strade principali	71,05	2,0	8	8,9	221581,68	31,2
Strade secondarie	17,52	0,5	189	0,1	66753,36	38,1
Unità erbacee spontanee	83,32	2,3	83	1,0	40965,45	4,9

Tabella 3 - Distribuzione e caratteristiche strutturali delle unità ecosistemiche

L'elemento paesistico maggiormente rappresentato nell'ecomosaico (matrice paesaggistica) è dato dalla campagna produttiva: agroecosistemi arborei ed erbacei, con una frequenza relativa totale superiore al 46%. Seguono gli agroecosistemi promiscui (17,7%), caratterizzati da un limitato sfruttamento delle risorse ambientali e da una presenza significativa di elementi di diversificazione del paesaggio (filari di alberi, muretti a secco) e gli arbusteti (8,4%) comprendenti le zone di macchia mediterranea, le garighe, e la vegetazione dunale. Quest'ultima unità ecosistemica denuncia, però, un notevole grado di frammentazione (grana=2,5) sintomo di una gestione territoriale poco attenta alle valenze naturalistiche locali. Il regime di tutela riservato alla zona umida "Le Cesine" è, invece, confermato dagli elevati livelli di grana delle sue principali unità ecosistemiche: sistemi di vegetazione palustre e specchi d'acqua. Infine, sono da evidenziare gli alti valori nel rapporto perimetro/superficie degli elementi ecosistemici nastriformi: strade principali, secondarie, fasce arbustivo-arboree, segno di una forte interazione (positiva o negativa) di queste unità con l'ambiente circostante.

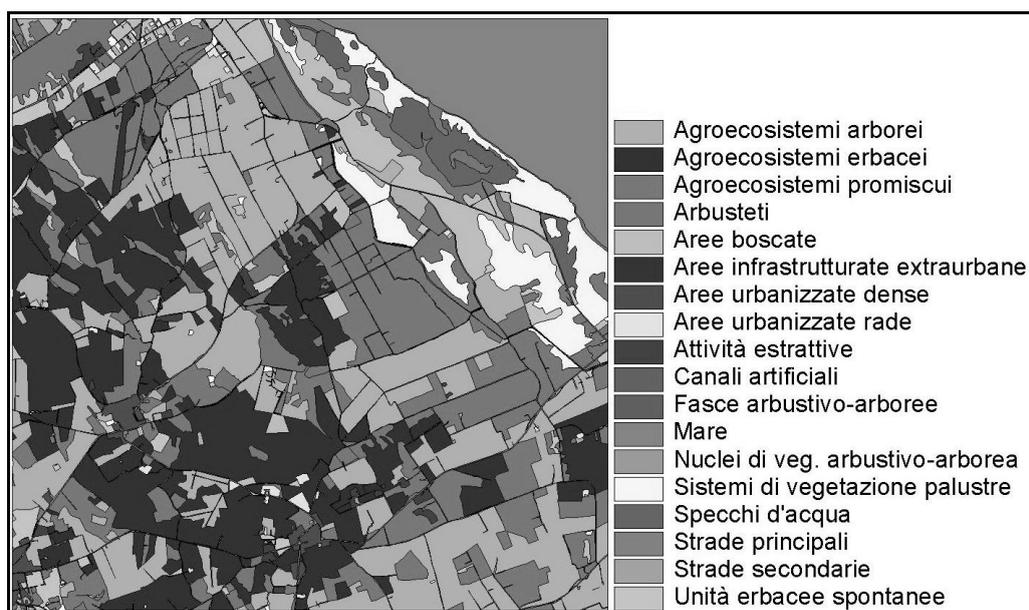


Figura 4- Carta delle Unità Ecosistemiche

Una volta definita la configurazione strutturale del paesaggio in oggetto, si è proceduto alla analisi delle sue caratteristiche funzionali, mediante l'attribuzione dell'indice di Biopotenzialità Territoriale (BTC) alle unità ecosistemiche cartografate. Questo indice ecologico consente di valutare il livello di complessità biologica di una determinata unità ecosistemica, essendo correlato alle capacità omeostatiche (auto-equilibrio) e al flusso di energia metabolizzato per unità di area dai sistemi ambientali (Kcal/m^2 anno). Ad alti livelli di BTC corrispondono maggiori capacità del sistema di produrre biomassa vegetale e quindi maggiori attitudini di resistere alle perturbazioni esterne. Per l'associazione di questo parametro alle unità ecosistemiche si è fatto riferimento ai valori proposti da Ingegnoli (1995) opportunamente adattati agli elementi paesistici tipici delle regioni mediterranee. La Carta della Biopotenzialità Territoriale (Fig.5) offre una lettura sintetica dei livelli di stabilità ecologica presenti nell'ambito considerato; dalla sua analisi emerge un gradiente di potenzialità biologica decrescente procedendo dal mare verso l'entroterra. E' netto il distacco tra i livelli di BTC raggiunti nelle aree interessate dalla Riserva Naturale ($\text{BTC} > 3,5$) e quelli delle aree agricole limitrofe segno di una limitata eterogeneità paesistica (bassa omeostasi) di queste ultime *patches*. Procedendo verso l'interno si registra un'ulteriore regressione di questo parametro che raggiunge le soglie più basse in corrispondenza dei centri abitati di Acaya, Vanze e Strudà, delle aree estrattive, di quelle infrastrutturate e del reticolo stradale principale. Il valore medio di BTC per l'area considerata è stato calcolato in modo automatico ed è pari a $1,94 \text{ Kcal/m}^2$ anno.

5. Modello relazionale

Sulla base delle indicazioni desunte dalle analisi precedenti, si è passati alla definizione di un modello relazionale in grado di tradurre delle semplici unità di paesaggio, apparentemente scollegate e indipendenti tra loro, in un insieme di elementi tra di loro connessi in modo funzionale:

- **Corridoi ecologici:** elementi lineari di origine naturale o semi-naturale favorevoli allo spostamento della fauna tra i bacini di naturalità;
- **Corridoi antropici:** elementi lineari di origine antropica che per caratteristiche intrinseche sono in grado di funzionare da elementi di continuità ecologica;
- **Stepping zones:** aree naturali o semi-naturali adatte a costituire punti di appoggio e di riparo per gli organismi che si spostano tra i nodi della rete;
- **Nodi principali:** ampie zone naturali o semi-naturali, che per dimensione e continuità ecologica sono in grado di fornire habitat sufficienti al mantenimento di biocenosi stabili.

L'algoritmo utilizzato è stato del tipo *vector to raster*, con celle di dimensioni 5x5m, implementato sul livello di analisi relativo alle unità ecosistemiche. Tramite una specifica matrice di valutazione (Tab.6) sono stati attribuiti a ciascuna di queste unità dei punteggi variabili da 1 a 5, in funzione dei valori di Grana, IP e BTC opportunamente ripartiti in classi di ampiezza. In aggiunta a questi parametri quantitativi è stato introdotto un indice di qualità ambientale (QA) che riassume alcune delle principali caratteristiche ecologiche riconosciute agli elementi di connettività (Malcevschi, 1996). Anche per questo parametro si è scelta una scala di punteggio variabile da 1 a 5.

Unità ecosistemiche	Grana	Indice Perimetrale (perimetro/superficie)	BTC (Produttività primaria, metastabilità)	Sviluppo della catena trofica	Connettività	Diversificazione degli habitat	Ruolo per la biodiversità globale	Ricchezza specifica	Sito di alimentazione	Ruolo come sito riproduttivo	Corridoi per la fauna	Ruolo di stepping zones	Ruolo di rifugio	Capacità diffusiva	Livello climatico	Q.A. (valore medio)
Agroecosistemi arborei	3	1	2	3	2	2	1	2	3	1	1	2	2	2	1	1,8
Agroecosistemi erbacei	3	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1,7
Agroecosistemi promiscui	2	1	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2,7
Arbusteti	1	1	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	4	4	3	3,8
Aree boscate	2	1	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4,8
Aree infrastrutturate extraurbane	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aree urbanizzate dense	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aree urbanizzate rade	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1,3
Attività estrattive	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,1
Canali artificiali	1	4	3	2	5	3	3	2	2	2	3	1	2	2	1	2,3
Fasce arbustivo-arboree	1	5	4	4	5	3	5	4	4	3	5	2	4	3	3	3,8
Mare	5	1	4	4	2	3	3	3	3	2	1	2	1	2	1	2,3
Nuclei di vegetazione arbustivo-arborea	1	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	5	4	4	2	3,6
Sistemi di vegetazione palustre	5	1	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	2	4,4
Specchi d'acqua	4	1	5	5	4	4	4	4	4	3	2	2	2	3	1	3,2
Strade principali	3	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Strade secondarie	1	5	3	2	3	3	2	2	2	1	3	1	2	1	1	1,9
Unità erbacee spontanee	1	1	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	1	2,3

Tabella 6 – Matrice di valutazione delle caratteristiche strutturali e funzionali delle unità ecosistemiche

Tipo	Siala	G	IP	BTC	QA
Nodi principali della rete	Np	>3	<3	≥3	≥3
Stepping zones	Sz	<3	<3	≥3	≥3
Corridoi ecologici	Ce		>3	≥3	≥3
Corridoi antropici	Ca		>3	≥3	<3
Barriere puntuali	Bp	<3	<3	<3	<3
Barriere Estese	Be	≥3	<3	<3	<3
Barriere Lineari	Bl	≥3	>3	<3	<3

Tabella 7 – Campi di variabilità degli indici ecologici

Mediante una seconda matrice, appositamente sviluppata (Tab.7), sono stati definiti i campi di variabilità dei valori di Grana, IP, BTC e QA per l'identificazione degli elementi costitutivi la rete ecologica e dei numerosi ostacoli alla continuità ambientale presenti nell'area di studio (barriere lineari, estese, puntuali). Con delle semplici Map-Query sono stati ottenuti i

GRID relativi ai diversi elementi su cui sono state effettuate delle operazioni di Map-Algebra; in particolare attraverso la somma di Np, Sz, Ce, Ca, Bl, Bp, Be sono state derivate le cosiddette **aree ininfluenti** ai fini della continuità ecologica (Ai). Con un filtro *majority* sono state riclassificate come ininfluenti anche le barriere lineari ricadenti all'interno delle Ai. In figura 8 è riportata la carta della rete ecologica dell'area di studio. Per verificare l'effettiva funzionalità di questa rete, si è fatto riferimento alla cosiddetta "teoria della percolazione" (Forman, 1995). Tale teoria, nata per descrivere alcune proprietà fisiche dei polimeri, viene comunemente impiegata in *Landscape Ecology* per valutare il grado di

connettività e/o frammentazione di una determinata matrice paesaggistica: se le celle occupate dagli elementi di connettività superano la soglia critica del 59,28% ci sono grandi probabilità che le specie animali transitino da un lato all'altro della matrice. Nel caso specifico le celle occupate dalle **aree d'interesse per la rete ecologica** (somma di Np, Sz, Ce, Ca) ammontano a circa il 21% del totale, valore nettamente inferiore alla soglia critica prefissata. Gli elementi di naturalità non sono quindi sufficienti ad assicurare gli spostamenti delle comunità biotiche all'interno dell'ecosistema. La piena permeabilità ecologica potrà essere conseguita solo tramite accorte misure di tutela e d'incremento della naturalità esistente (ripristino delle siepi, rifacimento dei muretti a secco, piantumazione di essenze

autoctone) o attraverso la realizzazione ex-novo di aree a verde destinate allo svago e al tempo libero, in grado di rivestire il ruolo di *stepping zones* rispetto alla rete ecologica locale.

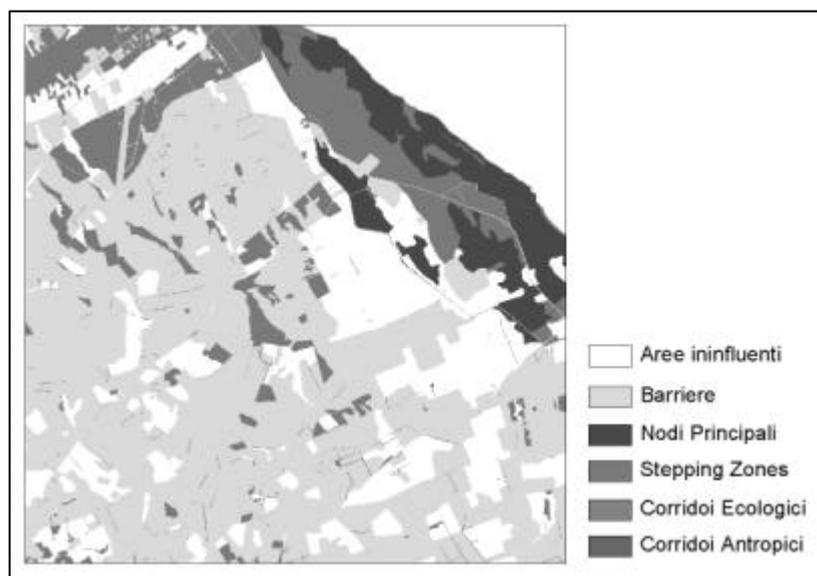


Figura 8 – Carta della rete ecologica dell'area di studio

Il modello di analisi sviluppato in questo lavoro dimostra l'assoluta complementarità tra gli strumenti GIS e i principi di *Landscape Ecology* nello studio dei sistemi ambientali. La bontà dei risultati ottenuti, incoraggia l'estensione di questa procedura a realtà territoriali ben più ampie, da analizzare ed indagare, sin dalle prime fasi, in modo oggettivo e completamente integrato

Bibliografia

- Forman R.T.T., Godron M. (1986), *Landscape Ecology*, John Wiley, N.Y.
Forman R.T.T. (1995), *Land Mosaics. The ecology of landscape and regions*, Cambridge University Press, 253-255
Ingegnoli V. (1995), *Fondamenti di ecologia del paesaggio*, CittàStudi, Milano, 169-171
Malcevschi S. (1996), *Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale*, Il Verde Editoriale, Milano, 20-27
Mc Arthur R.H., Wilson E.O. (1967), *The Theory of Island Biogeography*, Princeton Univ. Press

Planetek Italia s.r.l.

Via Massaua, 12 - 70123 Bari

tel. +39 080 5343750

fax +39 080 5340280

web: www.planetek.it

e-mail: info@planetek.it