Applicazione dei principi dell'ecologia del paesaggio alla valutazione ambientale di un'opera autostradale

Daniel Franco - Pierfrancesco Ghetti - Marco Tosato - Sara Dimenna

L'utilizzo di un approccio che tenga coerentemente conto, in un'unica architettura valutativa, della multiscalarità sia degli impatti sia delle mitigazioni relative alla realizzazione di infrastrutture lineari in un paesaggio culturale, fornisce una prospettiva concreta e realistica di gestione strategica della V.I.A. a scala di paesaggio

1° Introduzione

Il presente contributo è tratto da un lavoro di analisi e progettazione sviluppato all'interno del complesso di ricerche e indagini compiute per uno Studio di Impatto Ambientale, per le componenti Ecosistemi e Paesaggio, relativo ad un tratto Autostradale dell'Italia del Nord.

L'opera ha avuto ed ha tuttora un iter tormentato, e non sarebbe pertanto opportuno esporre dei risultati a riguardo di una procedura di valutazione tecnico/amministrativa in itinere. Pertanto lo scopo del lavoro è quello di un generico approfondimento scientifico e metodologico non relativo alla specifica opera. In particolare si porrà l'attenzione sugli aspetti inerenti la stima ecologico-ambientale degli ecosistemi e dei paesaggi interessati, propedeutica allo studio di impatto ambientale.

La metodologia di valutazione eco-paesistica adottata è l'evoluzione di una procedura in corso di sviluppo da qualche anno (Franco *et al.*, 2000). In questo caso la definizione degli obiettivi si è incentrata sulle indicazioni e gli indirizzi della normativa VIA di riferimento, e ha analizzato da un lato la stima della "qualità" o "sensibilità" degli ecosistemi presenti per valutarne in seguito l'entità delle modificazioni dovute alla realizzazione dell'opera, e quindi la definizione della configurazione spaziale dei paesaggi interessati dalla realizzazione dell'opera prima e dopo gli interventi, per stimarne le modificazioni strutturali e quindi funzionali.

1.1 Inquadramento normativo

La normativa relativa alla redazione degli Studi di Impatto Ambientale per la costruzioni di opere autostradali (D.P.C.M. 27/12/1988 L. 22/02/1994 n. 143; D.P.R. 02/09/1999; D.P.R. 12/04/1999) indirizza la stima della qualità degli ecosistemi attraverso una loro individuazione cartografica, strutturale e funzionale associata ad un relativo giudizio. Nel caso dei paesaggi, invece, si sollecita la caratterizzazione della qualità del paesaggio attraverso aspetti storico-testimoniali e architettonico-percettivi per valutare le modifiche generate dalla nuova opera in rapporto alla qualità dell'ambiente. Nel lavoro svolto oltre alla normativa specificatamente relativa alla VIA, è stato inoltre analizzato il corpo di leggi relativo alla protezione dell'ambiente o dei paesaggi in generale, per individuare da un lato il valore che la società a vari livelli associa a queste componenti e dall'altro i possibili vincoli presenti nel processo valutativo. Sono stati inoltre valutati tutti gli strumenti di tutela delle componenti naturalistiche, ecologiche ed ambientali che a diversi gradi (comunitario - locale) sono vigenti all'interno dell'area in esame.

2° Materiali e Metodi

1.2 Fasi

Il lavoro si è svolto in due fasi fondamentali.

1. Fase di analisi e valutazione del pregio e/o sensibilità ecologico-ambientale degli

Quadro normativo

Le direttive e le prescrizioni relative alla tutela delle risorse naturalistiche e ambientali, delle zone umide, dei boschi, dei parchi e riserve naturali regionali, risultano dalle Norme di Attuazione del PTRC. La zona posta in esame comprende aree vincolate ai sensi della Legge n. 431 del 1985 ("Legge Galasso"), sottoposte a vincolo paesaggistico ai sensi della Legge n. 1497 del 1939, le zone umide e i diversi ambiti naturalistici così come previsti dall'art. 19 delle Norme di Attuazione del P.T.R.C. Fra le normative ambientali di interesse si rilevano:

1. Legge 29 giugno 1939 n. 1497: vincolo paesistico per la tutela dei beni ambientali e la protezione delle bellezze naturali;
2. Legge 8 agosto 1985 n. 431: vincola l'area interessata dalla presenza del sistema agro centuriato;
3. Legge Regionale 8 gennaio 1991 n. 1: disciplina l'uso in agricoltura dei fertilizzanti, fitofarmaci ed erbicidi tramite l'applicazione di un piano specifico denominato "Agricolo-Ambientale e per la difesa fitopatologica";
4. Legge Regionale 7 settembre 1982 n. 44: prevede la redazione di un "Piano Regionale per le attività di cava" ai fini di disciplinare le attività concernenti l'apertura di nuove cave o la continuazione in quelle esistenti;
5. Legge 18 maggio 1989 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale per la difesa del suolo", disciplina l'azione della Regione in materia di sistemazione idraulica, irrigazione, difesa del suolo;
6. Decreto del Presidente della Repubblica 13 marzo 1936 n. 448: disciplina il trattamento di aree quali le zone umide;
7. Legge Regionale 16 agosto 1984 n. 40: individua gli "Ambiti per l'istituzione di parchi e riserve regionali naturali e archeologici e di aree di tutela paesaggistica" fra cui il Medio Corso del Brenta, in riferimento al settore planiziale; all'interno di tali ambiti vale la disciplina normativa e programmatoria regionale ed in particolare gli artt. 27 e 33 del P.T.R.C.;
8. Titolo VII del P.T.R.C.: norme relative a prescrizioni e vincoli per aree di tutela paesaggistica di interesse regionale soggette a competenza degli Enti locali, fra cui (per il settore planiziale) il Bosco di Dueville;

In riferimento al punto 3 dell'elenco sopra riportato si sottolinea che, in generale, valgono le azioni di tutela ambientale e di uso razionale del territorio previste nel documento interregionale "Interventi e metodi di produzione agricola e zootecnica per la salvaguardia e la valorizzazione della Valle Padano-Veneta" approvato dal Consiglio regionale in data 26 marzo 1991.

ecosistemi e dei paesaggi.

2. Fase di analisi e valutazione degli impatti della infrastruttura sugli ecosistemi e sui paesaggi.

Riguardo il punto 1 si è proceduto alla identificazione e acquisizione dei dati, ad una loro standardizzazione e ad una loro analisi mediante un modello analitico e valutativo GIS supportato, di seguito descritto. I dati utilizzati nella procedura di indagine sono stati acquisiti attraverso:

- analisi delle foto aeree per la classificazione e la valutazione delle caratteristiche dei singoli ecotopi identificati;

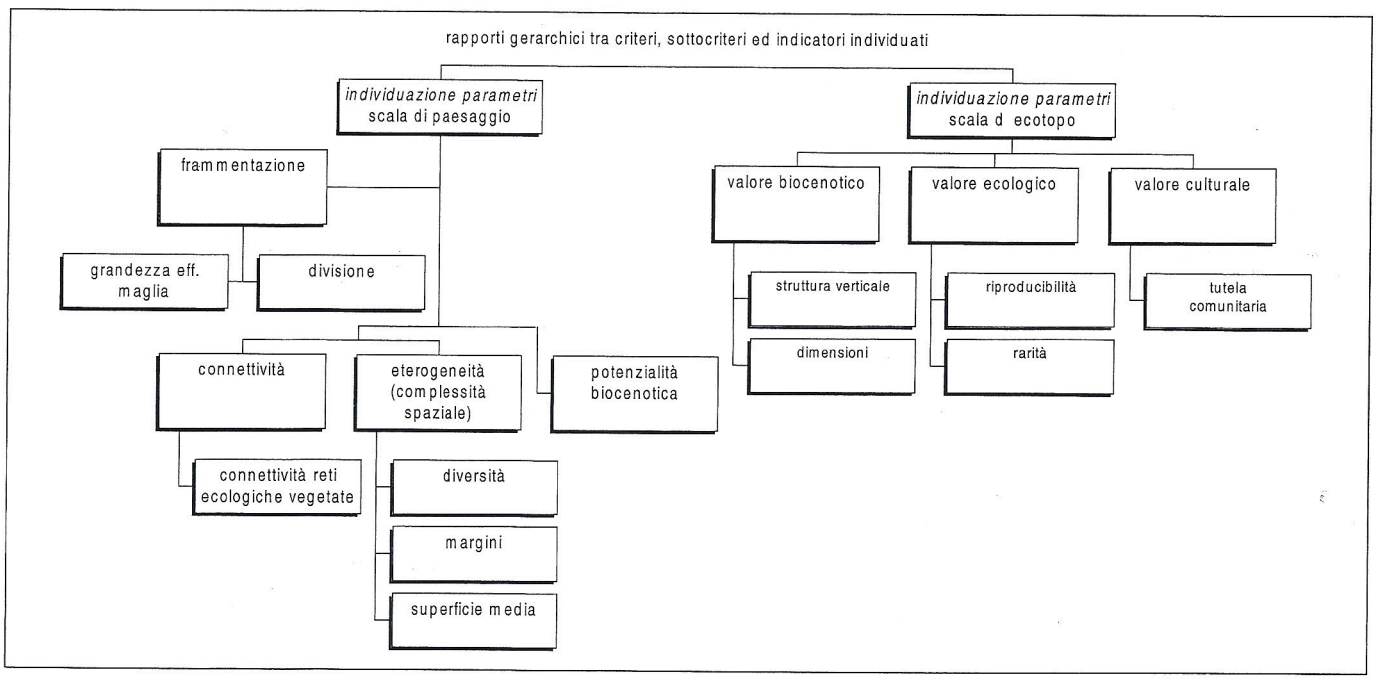

Fig. 1 - L'architettura logica gerarchica per la definizione dello stato ecologico delle aree indagate.

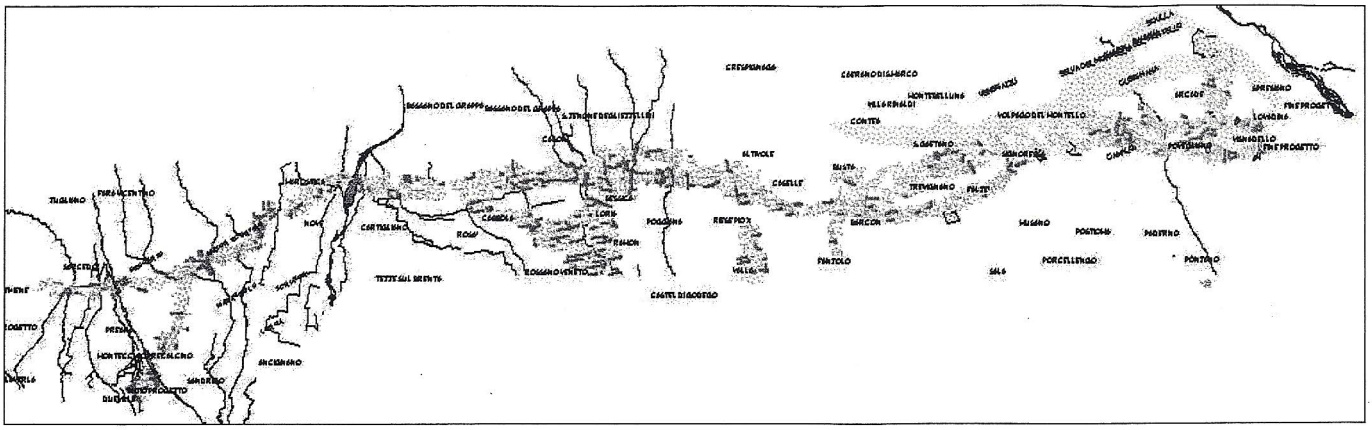

Fig. 2 - Si riporta il quadro di insieme degli ecotopi censiti e distinti per valore ecologico basso (azzurro) intermedio (verde chiaro) ed elevato (verde scuro).

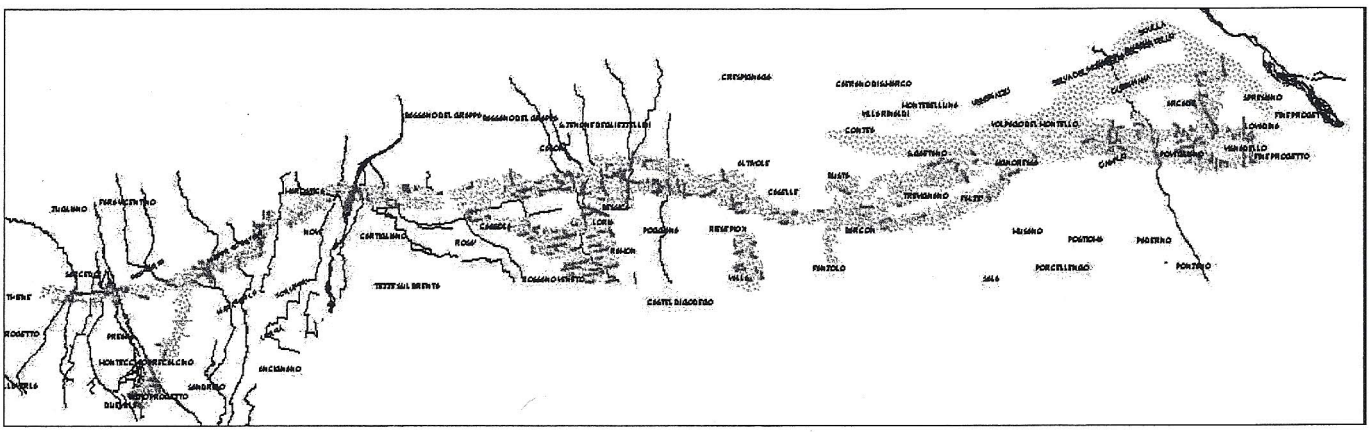

Fig. 3 - Si riporta il quadro di insieme degli ecotopi censiti e distinti per valore biocenotico basso (azzurro e fucsia) intermedio (verde chiaro) ed elevato(verde scuro).

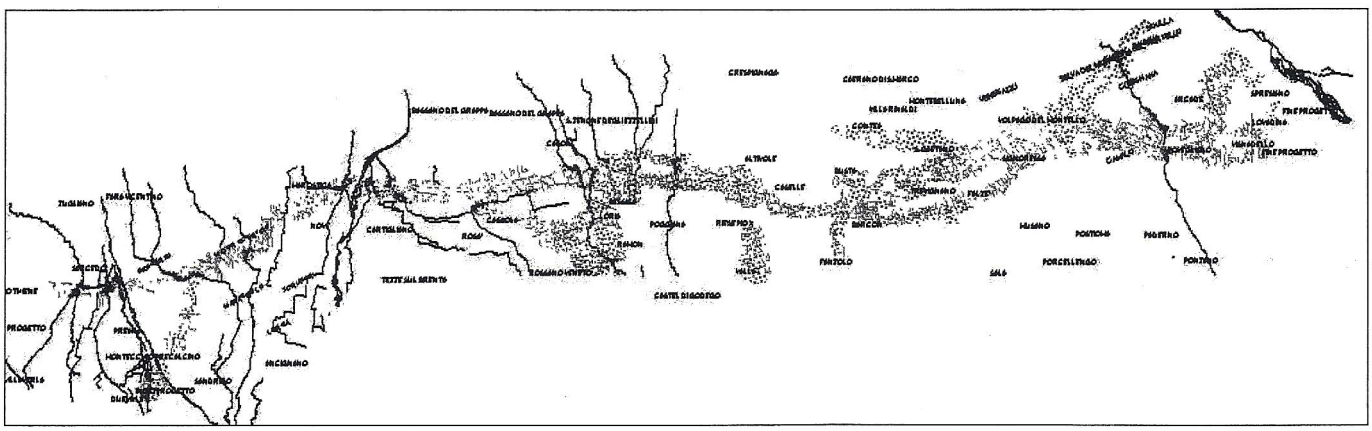

Fig. 4 - Si riporta il quadro di insieme degli ecotopi censiti e distinti per valore culturale basso (azzurro e fucsia) intermedio (rosso chiaro) ed elevato (rosso scuro).

- analisi delle informazioni settoriali botaniche, faunistiche ed agronomiche ed inserimento dei dati raccolti nella struttura informativa di analisi e valutazione;
- definizione delle caratteristiche "sensibilità" e "criticità" degli ecosistemi analizzati;
- digitalizzazione e georeferenziazione di tutti i dati raccolti in un sistema GIS supportato di analisi e valutazione delle informazioni;
- stima delle caratteristiche strutturali e funzionali degli ecosistemi analizzati;
- analisi e descrizione delle forme e della struttura paesaggistica;
- stima delle caratteristiche strutturali e funzionali del paesagigo analizzato;

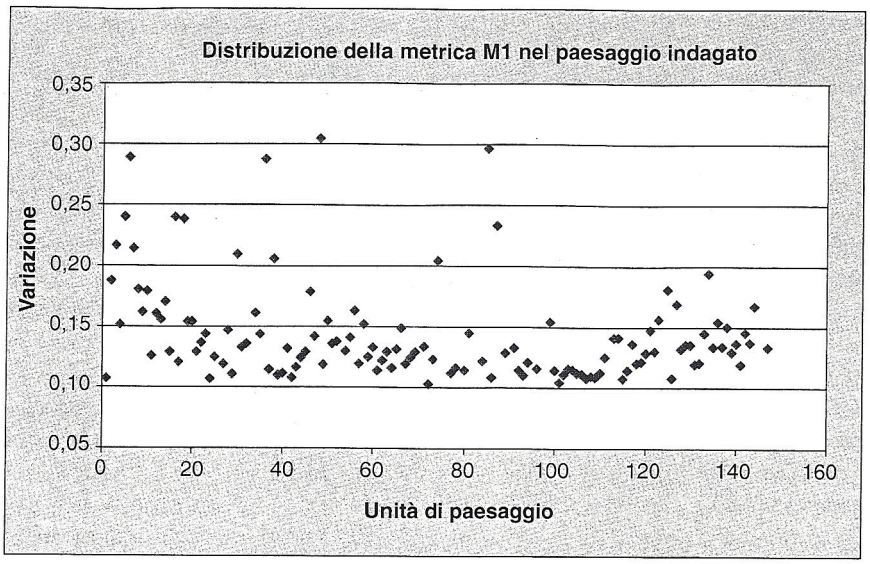

Fig. 5 - Si riporta la variazione della metrica complessiva M1 utilizzata per la caratterizzazione strutturale del paesaggio analizzato.

Nel caso del punto 2, si è proceduto alla stima degli impatti mediante un semplice sistema di relazioni matriciali qualitative (matrici di interazione) sviluppato in varie forme sin dalla metà degli anni settanta, del quale si accennerà più avanti.

1.3 Analisi e valutazione del pregio e/o sensibilità ecologico-ambientale degli ecosistemi e dei paesaggi

L'approccio utilizzato nella realizzazione del modello di valutazione è quello dell'ecologia del paesaggio, applicato per considerare in maniera coerente i processi ecologici e le relazioni tra questi e le strutture che li so-

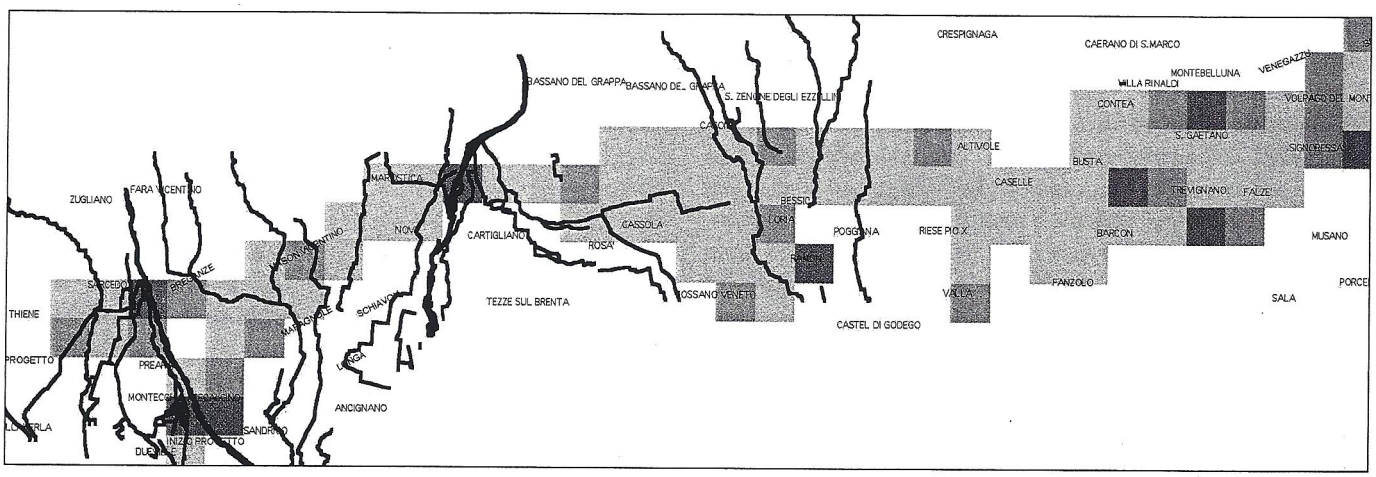

Fig. 6 - Si riportano i valori di qualità del paesaggio desunti dalla analisi del parametro complessità strutturale (eterogeneità) mediante la metrica M1, rispetto all'intera superficie analizzata suddivisa da una griglia con maglie di 1 km (vedi il testo per spiegazioni): l'intensità crescente della colorazione corrisponde ad un aumento della qualità stimata.

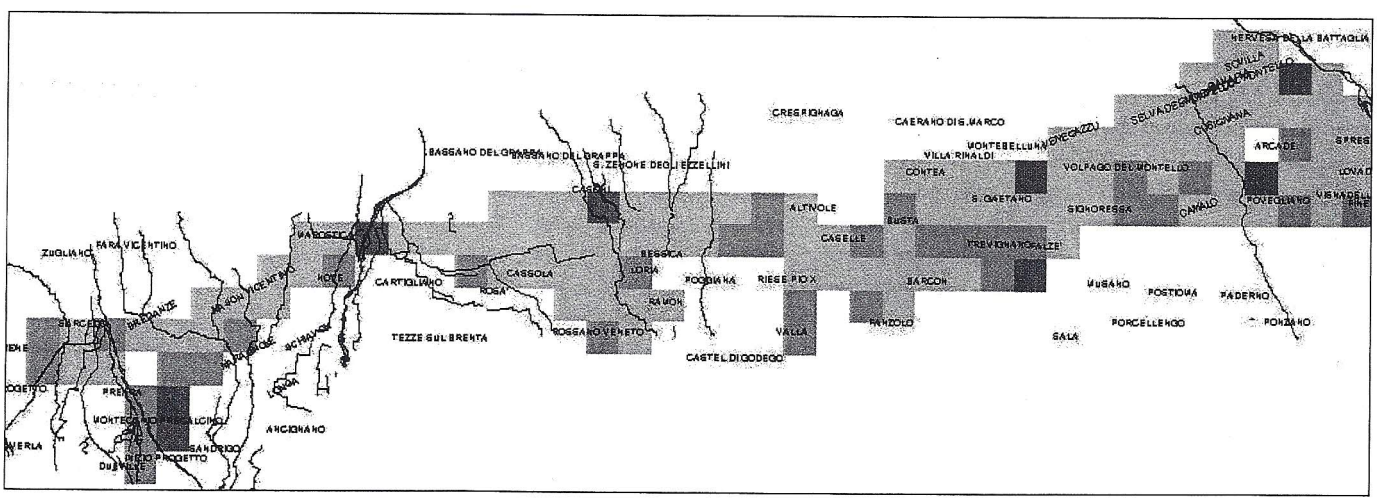

Fig. 7 - Si riportano i valori di qualità del paesaggio desunti dalla analisi del parametro frammentazione rispetto all'intera superficie analizzata: l'intensità crescente della colorazione corrisponde ad un aumento della qualità stimata.

stengono, il loro grado di influenza reciproca al variare della scala di indagine (da quella di ecosistema a quella di paesaggio) nonché l'esplicita partecipazione dei processi e delle strutture antropiche nella valutazione.

Il modello descrittivo di riferimento in questa disciplina (a ecotopi, macchie e corridoi, e matrice) permette una categorizzazione delle informazioni spazio-temporali piuttosto e semplice, e si adatta in maniera intuitiva ed efficiente ad una informatizzazione delle informazioni e delle elaborazioni mediante l'uso di GIS.

1.3.1 Classificazione degli ecotopi

La classificazione degli ecotopi è stata impostata in relazione alla risoluzione progettuale ed analitica da adottare e di tutte le informazioni disponibili, derivate in buona parte dall'analisi delle foto aeree (Foto Piano), dagli studi agronomici, ambientali, idrogeologici e naturalistici dei diversi strumenti pianificatori a vario livello interessanti l'area: da quello comunale a quello comunitario. Non sono state finanziate, infatti, nuove indagini di campagna ad eccezione di quelle relative ai corsi d'acqua potenzialmente incontrati dalle varie alternative di tracciato.

L'obiettivo finale previsto per gli studi di impatto ambientale riferiti al "comparto ecosistemi" è la realizzazione di una valutazione a scala di singolo ecotopo, pertanto il livello gerarchico superiore del sistema a complessità organizzata indagato, il paesaggio, è stato di seguito definito utilizzando come unità di riferimento gli ecotopi classificati in questa fase. La classificazione adottata è stata quella CORINE e la base cartografica utilizzata è stata quella della Carta Tecnica Regionale 1:10.000. La fascia interessata dal censimento è stata mediamente di 1.500 metri rispetto a tutte le soluzioni progettuali previste.

Complessivamente sono stati fotointerpretati, classificati, valutati nelle caratteristiche strutturali e funzionali ed infine mappati nello strumento GIS supportato circa 8.500 ecotopi tra macchie e corridoi, per una dimensione complessiva di circa 12.700 ettari per le macchie e 500 chilometri per le reti ecologiche forestate, generate mappando circa 3.600 legami e 5.900 nodi.

1.3.2 Lo strumento valutativo GIS supportato

Il passaggio dalla valutazione di sistemi complessi alla definizione di sintesi semplicemente interpretabili determina una degradazione dell'informazione iniziale; pertanto i metodi utilizzati devono rendere conto dell'accresciuta incertezza della stima ottenuta. Tali considerazioni devono sottostare al fatto che la risoluzione (percettiva e valutativa) adottata è influenzata da processi a scale spazio-temporali diverse e in relazione tra loro. Per risolvere questi problemi di impostazione abbiamo utilizzato uno schema logico analitico sviluppato negli ultimi anni (Figura 1). Il sistema utilizza l'ecotopo come unità di riferimento ed adotta strumenti diversi per le analisi e le valutazioni al variare della risoluzione (grana) e dell'estensione considerati.

I valori sintetici di valutazione dei singoli ecosistemi e dei paesaggi sono stati ottenuti mediante l'individuazione di una serie considerata minima e sufficiente di parametri di giudizio fondamentali collegati gerarchicamente ad una cascata di sottocriteri, affrontando il problema della comprensione e descrizione dello stato ecologico mediante un'architettura gerarchica (Saaty, 1994). Tutti i descrittori finali (livello inferiore) sono associati attraverso meccanismi moltiplicativo e non additivi o mediati, il che implica un pregiudizio del criterio fondamentale per un valore limitante di uno dei descrittori elementari.

La composizione logica della struttura è uno strumento essa stessa di comprensione del problema, assumendo esplicitamente la proprietà gerarchica del sistema indagato. La scelta dei parametri finali è derivata da una selezione riguardo la capacità esplicativa, la chiarezza interpretativa e la minore ridondanza.

Per semplificare l'interpretazione ed il confronto dei risultati, i valori risultanti per ciascun parametro sono stati classificati in tre categorie di giudizio (bassa, media, elevata) mediante una procedura di d'inserimento standardizzata per ciascun parametro, e oltre descritta.

1.3.3 Strumenti e criteri utilizzati a scala di ecosistema (ecotopo)

I parametri selezionati per fornire indicazioni chiaramente interpretabili dal decisore tre distinti aspetti della criticità eco-ambientale, già altrove definiti (Franco *et al.*, 2000) e qui riportati per chiarezza.

Per **valore ecologico** si intende una quantificazione della possibilità che l'insieme di elementi biotici ed abiotici che conferiscono un valore naturalistico-ambientale di un ecotopo si riproducano.

Per **valore biocenotico** si intende una quantificazione della possibilità di un sito di garantire la sopravvivenza di specie / popolazioni / comunità animali e vegetali, ed il livello diversità e rarità che contribuiscono a mantenere elevata la variabilità del patrimonio genetico della regione di appartenenza, motivo per il quale si ritiene importante che tali organismi continuino ad esistere..

Per **valore culturale** si intende una quantificazione del valore sociale e culturale di un ecosistema, che è correlata al valore che la società nel suo complesso associa ad un luogo e che si esplica in regolamentazioni scritte (normative).

Valore ecologico

Per ridurre la ridondanza dei giudizi risultanti le classi di giudizio sono state definite in funzione dell'intervallo di variazione effettivamente ottenuto, inferiore a quello potenzialmente esprimibile (da 1 a 5) per l'assenza di alcune categorie di valutazione.

- *valore ecologico basso* valori compresi tra 1 e 1.5;
- *valore ecologico intermedio* valori compresi tra 1.5 e 2.5;

• *valore ecologico elevato* valori compresi tra 2.5 e 3.5.

Il parametro è stimato attraverso due sottocriteri, la *riproducibilità ecologica* e la *rarità/pregio*, mediati geometricamente per tenere conto dell'effetto moltiplicativo ricercato e del peso dei valori estremi.

Riproducibilità ecologica

La valutazione del grado evolutivo e/o di sinantropia di una fitocenosi prendendo a riferimento le potenziali comunità climatiche fornisce una chiave interpretativa per la stima dello stadio di sviluppo o di degrado della stessa, proporzionale alla sua metastabilità e resilienza. Le categorie evolutive utilizzate nel sottocrterio sono 5 e ad ognuna di queste corrisponde un peso (valore unitario) crescente.

1. Comunità di specie coltivate ed esotiche.
2. Comunità di ambienti antropici abbandonati, dominati da specie ruderali e/o invasive; comunità degli stadi iniziali della successione non in grado di proseguire per evidenti limiti stazionali.
3. Comunità con specie degli strati inferiori non collegate fitosociologicamente a quelle degli strati superiori; comunità tipiche di stadi precoci di successioni ecologiche riconoscibili; comunità riconoscibili e degradate per l'ingressione di specie non caratteristiche della comunità.
4. Comunità con specie erbacee caratteristiche del sottobosco relativo, stadio intermedio di una successione ecologica.
5. Comunità con specie erbacee caratteristiche del sottobosco corrispondente, stadio maturo successione; comunità climax.

I singoli ecotopi sono stati associati alle categorie soprascritte in relazione ai dati d'uso del suolo e vegetazionali disponibili; nell'area influenzata dall'opera ed alla scala di ecosistema le due ultime comunità non risultano potenzialmente presenti. Nel caso degli ambiti fluviali si sono adottate, inoltre, le indicazioni redatte negli studi di settore.

Rarità e/o pregio ecologico

La rarità degli ecotopi è stata classificata in base agli studi settoriali precedentemente redatti ed alle indicazioni degli strumenti pianificatori esistenti, che recepiscono le analisi eco-ambientali specifiche sviluppate allo scopo. Alla scala di analisi considerata nessun ecosistema è risultato interessato da questa classificazione.

Valore biocenotico

Indica la complessità floristica e faunistica potenziale di una biocenosi, ed è stimato attraverso due sottocriteri, la struttura verticale e la dimensione della fitocenosi. Nel caso degli ambiti fluviali o canalizzi si sono adottate le indicazioni già redatte per l'area in esame da parte degli Enti preposti o degli studi di settore. Le tre classi qualitative sono state definite nello stesso modo e per gli stessi motivi sopra ricordati:

• *valore biocenotico basso* valori compresi tra 1 e 1.5;

• *valore biocenotico intermedio* valori compresi tra 1.5 e 2.5;

• *valore biocenotico elevato* valori compresi tra 2.5 e 3.5.

Struttura verticale

La complessità strutturale di una fitocenosi è collegata alla capacità portante del sistema e alla dimensione potenziale tanto della diversità che densità specifica. La struttura verticale è definita come numero di strati presenti (erbaceo, arbustivo, arboreo dominato, arboreo dominante), indicazione del grado di occupazione del biospazio. Alle categorie individuate per numero di strati crescenti, corrispondono dei pesi espressi da valori unitari crescenti. I singoli ecotopi sono stati associati alle categorie soprascritte in relazione ai dati di uso del suolo e vegetazionali disponibili.

Dimensioni

La dimensione di un ecosistema fornisce indicazioni sull'influenza della biocenosi di un certo tipo d'ecotopo, essendo proporzionale alla sua capacità portante. Naturalmente questo rapporto è strettamente specie-specifico, e per generalizzare l'utilizzo di questa informazione si sono suddivisi gli ecotopi in 3 classi superficiali omogenee, identificate mediante un algoritmo di classificazione (minimo scostamento, cfr. 1.3.4.1 pag. 9) che permette di ottenere una classificazione rappresentativa rispetto alla distribuzione di condizioni presenti in un dato sistema. A ciascuna classe è stato associato un peso crescente.

Valore culturale

Il valore culturale è stato inteso come quello assegnato per motivi di biodiversità, agro-ambientali, produttivi, di sicurezza territoriale e prettamente storico-culturali ad un determinato ecotopo. L'intensità del vincolo è stata associata al livello di tutela, elevato se a carattere Europeo e Nazionale, *intermedio* se a livello Regionale, Provinciale o Comunale, basso se assente. Le classi qualitative stabilite, per i motivi già ricordati, sono state tre:

valore culturale basso valori compresi tra 1 e 2 (tutela assente);

valore culturale intermedio valori compresi tra 2 e 3 (tutela Regionale o Locale);

valore culturale elevato valori pari a 3 (tutela Europea o Nazionale).

1.3.4 Strumenti e criteri utilizzati a scala di paesaggio

Lo scopo dell'analisi a questa scala di indagine è stato quello di stimare alcuni parametri paesaggistici in grado di fornire indicazioni sulla qualità strutturale e pertanto funzionale del paesaggio; questi sono stati la *eterogeneità* e la *frammentazione* (indicazioni sulla struttura orizzontale e/o sugli scambi funzionali), le *potenzialità biocenotiche* (indicazioni sulla struttura verticale), la *connettività* (indicazioni sugli scambi funzionali).

La *complessità della configurazione spaziale* di un paesaggio è legata alla sua ***eterogeneità***, che in termini generali e relativamente ai paesaggi culturali indagati è a sua volta correlata alla biodiversità. Si stima che valori di eterogeneità molto bassi possono essere infatti associati ad alti livelli di povertà biogenetica, a bassi livelli di metastabilità, a bassi livelli di energia potenziale e a una veloce esportazione di materia e energia (per es. Forman e Godron, 1986; Naveh, 1994). Inoltre la presenza di risorse diverse in macchie adiacenti garantisce la loro complementarità e di conseguenza una maggiore stabilità per le comunità

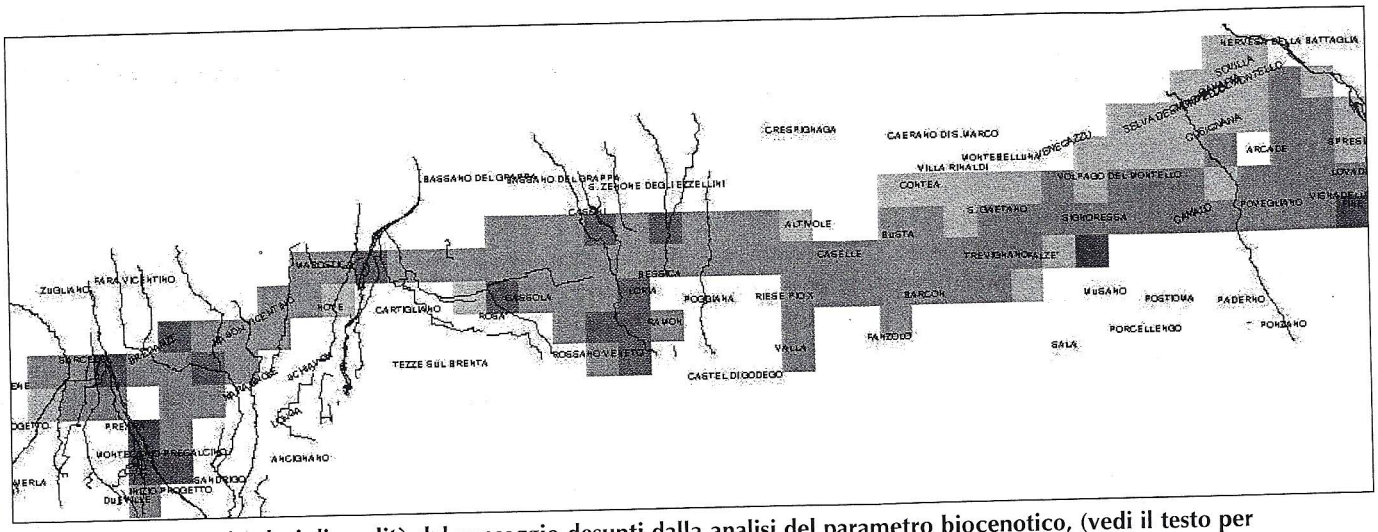

Fig. 8 - Si riportano i valori di qualità del paesaggio desunti dalla analisi del parametro biocenotico, (vedi il testo per spiegazioni): l'intensità crescente della colorazione corrisponde ad un aumento della qualità stimata.

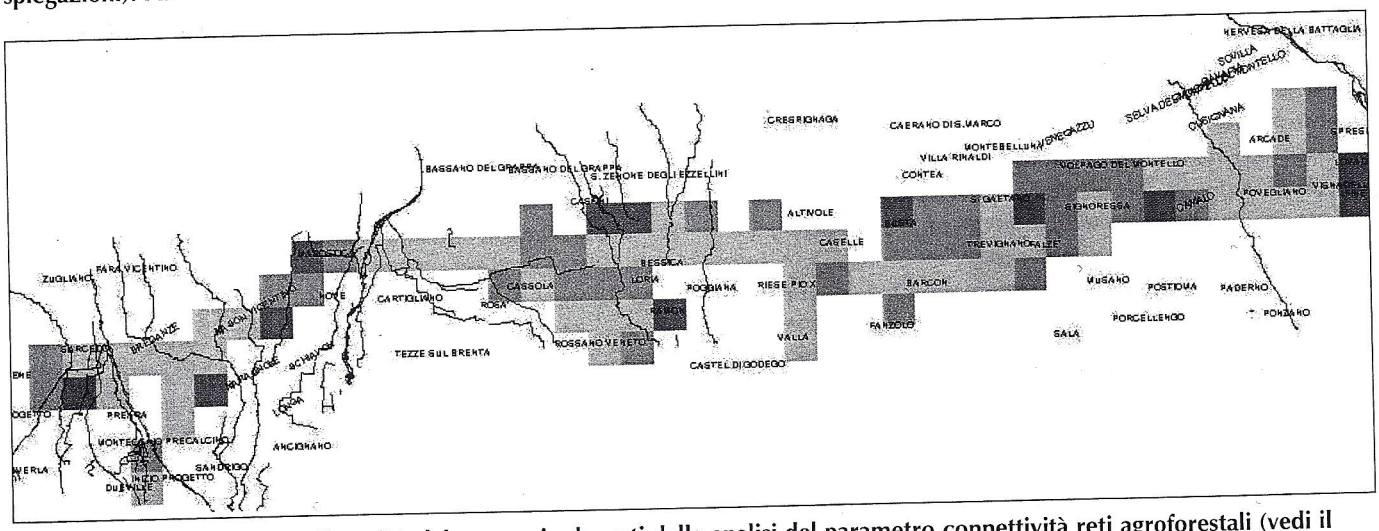

Fig. 9 - Si riportano i valori di qualità del paesaggio desunti dalla analisi del parametro connettività reti agroforestali (vedi il testo per spiegazioni): l'intensità crescente della colorazione corrisponde ad un aumento della qualità stimata.

che le utilizzano. L'eterogeneità è anche legata ai flussi paesaggistici: aumentando le condizioni di ecotono aumenta la varietà e l'intensità dei flussi (biotici, idrologici, ecc.). Infine la descrizione di questo parametro è utile perché la stima della "qualità" di un paesaggio dipende non solo dalla "qualità" degli elementi che lo compongono, ma dalla loro configurazione spaziale.

La *frammentazione* di un paesaggio viene indagata in quanto le condizioni strutturali del paesaggio, definite dal tipo di dislocazione dei diversi tipi di ecotopi presenti, influenzano le funzioni esercitate dal paesaggio nel suo complesso in base al principio che la *configurazione spaziale delle strutture paesaggistiche influenza i processi ecologici nel paesaggio*. I processi di frammentazione di un paesaggio si ritiene possano causare in generale una riduzione e modificazione degli habitat favorevoli e una conseguente diminuzione delle interazioni intra e interspecifiche o all'aumento del costo energetico per l'utilizzo delle stesse risorse (per unità di superficie) in più ecotopi rispetto ad un ecosistema unico, portando potenzialmente alla rarefazione e all'estinzione di specie. L'uso della frammentazione come variabile di controllo o parametro di confronto è reso complesso dal fatto che non esistono al momento misure comunemente accettate per la sua stima e perché gli indicatori oggi utilizzati per una sua valutazione tendono a sovrapporsi a quelli usati per la stima dell'eterogeneità. Inoltre un suo utilizzo generalizzato a scopi predittivi è reso difficile per la presenza di effetti secondari (relazioni interspecifiche, tipo di modificazione degli habitat indotti dalla frammentazione) e per la grande variabilità di reazione delle singole specie (Bowers & Dooley, 1999; Mac Nally *et al.*, 2000; Fauth *et al.*,2000).

Le ***potenzialità biocenotiche*** di un paesaggio possono essere associate alla capacità portante dei sistemi che lo compongono, ed in prima risoluzione alla loro riproducibilità ed al biospazio da questi occupato. Se con i parametri precedenti si è teso ad indagare sulla organizzazione orizzontale delle strutture paesaggistiche, in questo caso si è inteso valutare l'influsso della struttura verticale sul paesaggio stesso. Tanto più la struttura verticale degli ecosistemi vegetati risulta sviluppata e complessa, tanto

maggiore risulta la biodiversità in termini quantitativi e qualitativi del paesaggio.

La ***connettività*** in un paesaggio indica un rapporto funzionale tra ecotopi, strettamente legato al processo considerato. Un'alta connettività rispetto ad un determinato processo può avere effetti positivi o negativi nella gestione di un paesaggio: ad esempio sia un'alta che una bassa connettività rispetto al processo di dispersione possono stimolare la persistenza di una popolazione (Green, 1994), oppure la scarsa connettività può inoltre inibire la propagazione di fuoco, malattie e specie esotiche. Pertanto la gestione della connettività di certi processi può essere uno strumento utile al suo governo. In un paesaggio culturale come quello analizzato la presenza di corridoi arboreo-arbustivi influenza, in particolare, la dinamica di alcune popolazioni animali e vegetali e dei flussi idrologici. La funzione di *habitat* dei corridoi e delle macchie vegetate è stata ben studiata per alcuni *taxa*, ed in generale si può affermare che questi ecotopi sono dominati da specie generaliste e di margine. Inoltre molte specie animali e vegetali sono limitate, nei paesaggi attuali, ai sistemi forestali agricoli, beneficiando dell'effetto margine e della presenza di acqua, spesso associata a questi impianti, che dunque contribuiscono in maniera potente alla biodiversità. Inoltre una lunga serie di lavori sperimentali indica la capacità dei sistemi agroforestali di favorire il movimento di svariati taxa. Le evidenze sulla capacità da parte dei corridoi arboreo-arbustivi di promuovere il movimento di piante sono più rarefatte, ma presenti. Pertanto considerata la notevole difficoltà di definire univocamente la "connettività" di un paesaggio e ampiamente ridimensionate le promesse in questo senso di modelli quali quelli di percolazione (ad es. Nikora *et al.*, 1999), la connettività dei sistemi arboreo-arbustivi presenti nel paesaggio considerato può risultare un buon indicatore, validato sperimentalmente, della possibilità di sopravvivenza di molte delle popolazioni presenti e dunque della bio-diversità (sebbene la risposta delle singole popolazioni a questo parametro è strettamente specifica) e di altri flussi paesaggistici (ad esempio quelli idrologici, o quelli socio-culturali e percettivi) (Franco, 2000).

Le analisi sui parametri di riferimento sono state effettuate mediante gli strumenti di seguito descritti, che sono stati applicati nell'area analizzata e mappata, suddivisa mediante una griglia costituita da 160 celle con maglie di 1.5 km di lato. Ogni cella è andata a costituire una unità analitica di paesaggio.

La scala adottata (dimensione delle maglie e risoluzione degli elementi analizzati) ha consentito di passare da una analisi ecosistemica ad una di paesaggio in base ai limiti imposti dalla densità e qualità delle informazioni georeferenziate a disposizione. Si è preferito adottare questo tipo di suddivisione e non altre classificazioni perché non influenzato da scelte non obiettive.

Le metriche utilizzate per la stima dei singoli parametri di giudizio paesaggistico sono state selezionate tra quelle meno ridondanti e particolarmente efficaci nel rappresentare i processi ecologici, soprattutto se associate (cfr. bibliografia e Figura 1).

Complessità della configurazione spaziale (metrica M1)

Il parametro è stimato dalla integrazione nella metrica M1 di una serie di semplici metriche compositive e strutturali: Superficie media, Diversità, Margini.

L'insieme degli indicatori selezionati è in grado di sintetizzare efficacemente le caratteristiche strutturali del paesaggio inglobando in maniera più chiara e semplice l'incertezza interpretativa caratteristica di questo tipo di indici, segnalando l'entità e la direzione dei processi paesaggistici presenti. Per agevolare l'analisi ed il confronto i tre diversi indicatori sono stati standardizzati come suggerito (O'Neil *et al.*, 1996) in una unica metrica *(M1)* ottenuta dalla posizione nello spazio strutturale definito dalle tre variabili.

Le tre classi qualitative utilizzate (bassa, media, alta) sono state in questo caso definite individuando in primo luogo l'intervallo di variazione della metrica nel paesaggio analizzato (Figura 5), quindi inserendo i valori registrati mediante un algoritmo di classificazione statistica (minimo scostamento) che minimizza la differenza tra la media di ogni intervallo ed i valori che lo compongono. Il metodo è stato adottato per ottenere una migliore rappresentazione di classi omogenee di dati, tenendo conto della diversa frequenza di valori all'interno di ogni classe e della maggiore affinità dei dati che la compongono.

In questo caso tale classificazione ha portato ai seguenti risultati.

Eterogeneità bassa valori di *M1* compresi tra 0 e 0.15;
Eterogeneità intermedia valori di *M1* compresi tra 0.15 e 0.2;
Eterogeneità elevata valori di *M1* superiori a 0.2.

Superficie media

L'indicatore è rappresentato dalla media delle superfici riscontrate per i diversi ecotopi mappati, e fornisce indicazioni parziali sulla maggiore o minore eterogeneità di un paesaggio.

Diversità

Esistono vari indicatori di questo tipo (Shannon, Simpson, Simpson modificato, O'Neil, 1988); in questo caso è stato utilizzato l'indice di Shannon-Wiener, già ampiamente utilizzato per la valutazione della diversità specifica, nell'analisi ecosistemica.

È un indice che fornisce informazioni sulla ricchezza dei tipi di ecotopi presenti e sulla regolarità della loro distribuzione.

$$H = \sum_{i=1}^{n} P_i * LnP_i$$

Dove P = è la proporzione occupata dall'iesimo ecotopo, n = numero di ecotopi presenti.

Margini

L'indice utilizzato è caratteristico per la sua semplicità (indice di Patton) e mette in rapporto i margini totali di un'area rispetto alla sua superficie totale, fornendo indicazioni sulla densità delle condizioni del paesaggio analizzato.

L = lunghezza totale dei margini presenti nell'area considerata, A = superficie totale dell'area.

$$Pa = \frac{L}{2A\pi}$$

Frammentazione

Recentemente sono state proposte nuove e più efficienti misure del grado di frammentazione del paesaggio: *Divisione (D)* e *Grandezza effettiva della maglia (m)* (Jaeger, 2000). La base teorica del modello si basa sulla possibilità che hanno due individui posti in aree differenti di una regione di incontrarsi, ovvero alla probabilità che due punti di un paesaggio, scelti a caso, si trovino in una stesso ambiente più o meno ospitale indiviso. La possibilità di incontro di due individui è una condizione necessaria per la sopravvivenza di una metapopolazione, e dipende dalla grandezza degli habitat indivisi e dalla loro accessibilità. Naturalmente queste condizioni sono puramente ipotetiche e semplificate, considerata l'elevata specificità di questi comportamenti.

Le metriche sono intuitive, non sensibili al variare della scala di indagine e insensibili all'aggiunta o eliminazione di piccole macchie residuali. Le due metriche sono state poi implementate rispetto al modello descritto in letteratura associando a ciascun tipo di ecotopo un coefficiente, inserito per ridurre il peso di ciascuna categoria d'uso del suolo nella stima della frammentazione in relazione al grado di "naturalità" effettivo o pianificato (e.g. dalle mitigazioni). Il valore per le aree classificate come ecotopi naturaliformi (formazioni golenali, cave rinaturalizzate, ecc.) è pari a 1, e si riduce progressivamente in funzione dell'intensità di utilizzo antropico. I valori dei pesi sono quelli selezionati da uno degli autori per la procedura PLANLAND©® (Franco, 1997, 2000).

Le tre classi qualitative sono state ottenute con il consueto algoritmo di classificazione, una volta definito l'ambito di variazione del parametro nel paesaggio considerato, in questo modo:

Frammentazione bassa valori di *m* superiori a 5, valori di D tra 0 e 0.3;

Frammentazione intermedia valori di *m* compresi tra 2 e 5, valori di D tra 0.3 e 0,9;

Frammentazione elevata valori di *m* compresi tra 0.1 e 2, valori di D tra 0.9 e 1.

Grado di divisione (D)

Il grado di divisione del paesaggio (D) è definito come la probabilità che due punti (individui) scelti a caso in un paesaggio non siano situati nello stesso ecotopo indiviso:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{A_i}{A_t} \right)^2$$

Ai = superficie delle macchie almeno parzialmente ospitali; At = superficie totale dell'area considerata

Grandezza effettiva della maglia (m)

L'effettiva grandezza della maglia m indica la grandezza delle superfici all'interno delle quali un individuo si può muovere senza incontrare una barriera, in questo caso rappresentata da un asse viario o da un'area urbanizzata:

$$m = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^{n} A_i^2$$

Ai = superficie delle macchie almeno parzialmente ospitali; At = superficie totale dell'area considerata

Potenzialità biocenotica

In questo caso l'informazione per la stima del parametro di giudizio è stata fornita dall'utilizzo a scala di paesaggio dei criteri ecologico e biocenotico sviluppati per i singoli ecotopi. La associazione dei valori complessivi dei singoli ecotopi per fornire una indicazione a scala di paesaggio, relativa alla unità di analisi selezionata e corrispondente ad una cella della griglia sopra ricordata, è avvenuta attraverso un semplice processo di ponderazione utilizzando il semplice algoritmo generale

$$In = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i * in_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$$

Dove In = indicatore generico; a = area del'iesimo ecotopo identificato, in = è la stima dell'indicatore generico, n = numero di ecotopi considerato.

Anche in questo caso sono state stabile tre classi qualitative, per ridurre la ridondanza dei giudizi, ottenute con il consueto algoritmo:

Potenzialità biocenotica bassa valori compresi tra 0 e 1.6;

Potenzialità biocentica intermedia valori compresi tra 1.6 e 1.9;

Potenzialità biocenotica elevata valori superiori a 1.9.

Connettività (delle reti ecologiche agroforestali)

L'indicatore utilizzato (Forman & Godron, 1986) si ipotizza stimi (cfr. Franco 2000 per una revisione) la quantità di scambi funzionali possibili in un paesaggio sulla base del numero di nodi e dei legami presenti nella rete costituita da corridoi di vegetazione paranaturali (in questo caso sistemi agroforestali), applicando formulazioni derivanti dalla teoria dei grafi. L'indice di connessione γ è dato dal rapporto tra il numero di legami e nodi reali e (teoricamente) massimi di una rete

$\gamma = L / 3(V - 2)$

L = legami; V = nodi.

Le tre classi qualitative sono state così definite con il consueto metodo di classificazione (minimo scostamento) una volta individuato l'intervallo di variazione del parametro nell'area indagata:

Connettività bassa valori compresi tra 0 e 21;
Connettività intermedia valori compresi tra 21 e 27;
Connettività elevata valori superiori a 27.

1.3.5 Metodologia adottata nella valutazione degli impatti

Una volta definiti i livelli di pregio o sensibilità degli ambiti ecosistemici e paesaggistici intermedi o elevati si è passati ad una definizione dei potenziali impatti dell'opera di questi.

Nel caso della componente ecosistemi si sono considerati gli ecotopi impattati dall'opera, ed individuabili tra quelli stimati, valutati e mappati in un raggio di circa 500 metri a cavallo della stessa. Nel caso della componente paesaggio tutti gli ecosistemi censiti sono stati considerati (fascia di circa1.5 - 4 km).

La metodologia adottata è stata quella delle *check list* di impatti potenziali e delle interazioni tra questi e gli ecosistemi/paesaggi mediante relazioni matriciali qualitative (matrici di interazione). La metodologia non presenta aspetti innovativi, essendo presente in varie forme dalla prima metà degli anni settanta, ma ha il vantaggio di essere robusta dal punto di vista interpretativo ed elaborativo, oltre ad essere utilizzata dall'Ente di progettazione dell'opera nonché considerata positivamente dagli Organi di Valutazione.

La procedura opera attraverso le seguenti fasi:

1. definizione di un elenco degli "impatti potenziali" (diretti, indiretti, in fase di realizzazione, in fase di esercizio) di ciascuna tipologia d'opera (rilevato, trincea, ecc.);
2. classificazione del livello di "impatto potenziale" come di *distruzione o disturbo* (a scala di ecosistema), e *danneggiamento* o *limitazione funzionale* (a scala di paesaggio);
3. predisposizione della matrice di relazione tra i sistemi censiti di valore intermedio o elevato e i dei potenziali impatti dell'opera (pesi soggettivi) sulla base delle modificazioni prodotte dalla tipologia dell'opera in relazione al grado di pregio dell'ecosistema o del paesaggio.

È evidente che la redazione della matrice rappresenta il momento critico della valutazione degli impatti, risultando il momento più soggettivo del processo. Per questo motivo la scala di valutazione degli impatti viene esplicitata.

3° Risultati

1.4 Stima del valore ecopaesistico

3°.I.1 Scala di ecosistema

Si sono riscontrati solo 8 ecosistemi non lineari (macchie) con valore ecologico classificabile come elevato sull'intera area analizzata in dettaglio (circa 12.700 ettari) (Figura 2), e quasi tutti corrispondono ad ambiti golenali (dell'Astico e del Brenta) ad esclusione di un paio di cave rinaturalizzate ed un'area marginale rimboschita. Molto più diffusi sono invece i corridoi vegetati con valore ecologico elevato (circa il 17% di quelli censiti). Gli ecotopi non lineari con valore ecologico intermedio sono anch'essi pochi rispetto al totale (13 su 4.900 circa) e corrispondono nella quasi totalità a cave almeno in parte in disuso; nel caso dei corridoi forestati, invece, a questa classe appartiene l'80% degli ecosistemi censiti.

Gli ecosistemi sia lineari che non lineari con valore biocenotico elevato corrispondono sostanzialmente a quelli con valore ecologico elevato.

Gli ecotopi non lineari con valore biocenotico basso sono invece molto più numerosi e diffusi (Figura 3); la potenzialità biocenotica di un sito è legata infatti tanto alla complessità verticale che all'estensione; qualsiasi sistema paranaturale, comprese le coltivazioni, offre potenzialmente risorse trofiche e riproduttive. I corridoi vegetati con valori intermedi sono anch'essi molto numerosi (55% del totale) e distribuiti piuttosto omogeneamente sull'insieme di ecosistemi analizzati.

Circa il 30% degli ecotopi censiti, infine, risulta tutelato a vario livello dalla comunità . Le tutele ambientali di valore elevato (circa il 6%) si riscontrano lungo le aste fluviali principali, dove si ricorda si concentrano anche gli ecotopi censiti di maggior pregio ecologico, e alle falde delle prealpi, non interessate dall'opera.

Le altre forme di tutela (Regionale, Provinciale e Comunale) interessano circa il 16% dei corridoi e il 24% delle macchie censite e sono di ordine più generale, comprendendo tanto tutele prettamente naturalistico-ambientali (ambiti fluviali e di risorgiva) che più generalmente territoriali (ambiti di buona integrità agricola e dell'agrocenturiato romano).

È interessante notare che le aree che presentano maggior pregio ambientale in base alle analisi sistematiche condotte, risultino generalmente anche sottoposte a qualche forma di tutela.

Dal quadro generale sulle analisi riguardanti i singoli ecosistemi risulta evidente come gli ecosistemi analizzati (ecotopi) siano inseriti in un paesaggio caratterizzato da una diffusa e antica antropizzazione, e siano caratterizzati da una ridotta "qualità" eco-amientale in senso generale.

Questo risulta particolarmente evidente nell'area, dove la monocoltura maidicola è particolarmente diffusa (Provincia di Treviso, località di Poggiana e Signoressa). Invece la frequenza degli ecosistemi con caratteristiche di pregio ecologico e/o culturale più elevato aumenta, in termini generali, in prossimità degli ambiti fluviali principali, che evidentemente influenzano le caratteristiche geomorfologiche generali e le scelte di uso del suolo possibili.

3°.I.2 Scala di paesaggio

La metodologia messa a punto ci sembra consentire, a scala di paesaggio, da un lato una descrizione sintetica delle caratteristiche strutturali e funzionali dello stesso, e dall'altra l'individuazione di aree sensibili alla realizzazione dell'opera.

La metrica utilizzata per stimare la configurazione spaziale del paesaggio e la sua eterogeneità *(M1)* mostra un intervallo di variabilità piuttosto limitato, non oltrepassando il valore di un terzo

della scala potenziale di variazione compresa tra 0 e 1: *la scala indica all'origine zero un paesaggio ad uno stadio di degrado ideale con superfici infinitamente piccole e tutte eguali, privo di condizioni di ecotonali, mentre ad 1 un paesaggio altrettanto ideale costituito da ecotopi molto grandi, diversi e ricchi di margini*. La variazione modesta è dovuta, in particolare, alla variabilità piuttosto contenuta della densità ecotonale (margini) e in parte della estensione media degli ecotopi censiti. In generale la variabile che contribuisce ad elevare il valore sintetico della qualità strutturale del paesaggio è la diversità degli ecotopi censiti, ma in altri e più rari casi, in particolare nelle aree agricole della pianura trevigiana (tra Busta e Trevignano), è la superficie media degli ecotopi, ben rappresentati dagli appezzamenti a seminativo (Figura 6). Queste caratteristiche sono peculiari di un paesaggio culturale di antica antropizzazione come quello considerato che appare inevitabilmente frammentato, come più avanti vedremo, ed eterogeneo: le valutazioni sulla maggiore o minore qualità della struttura paesaggistica devono pertanto essere ricondotte agli ambiti di variazione strutturale riscontrati, come descritto nel capitolo materiali e metodi.

Partendo da ovest le condizioni a qualità più elevata, così come definita, si riscontrano in prossimità del Bosco di due Ville (biotopo di importanza europea) e dell'alveo dell'Astico, quindi in corrispondenza dell'asta del Brenta ed infine tra il Musestre ed il Piave.

È evidente come questa corrispondenza non sia casuale, e come le forme imposte alla configurazione spaziale della struttura paesaggistica dai processi geomorfologici più attivi ne determinino una maggiore variabilità e ricchezza funzionale.

Riguardo al parametro frammentazione (Figura 7), le aree indivise (comprese quelle agricole corrette per il tasso di utilizzo antropico crescente, cfr. 1.3.4.2 pag. 10) sono in buona sostanza inferiori ai due ettari (75%), e la probabilità che due individui presi da due punti casuali del paesaggio si possano raggiungere *incontrando* una barriera è quasi sempre superiore al 90%. In questo caso il criterio che tende a deprimere la stima del parametro frammentazione è appunto quest'ultimo.

In altri termini per una qualsiasi specie adattata ad un paesaggio rurale come quello considerato, limitata da vincoli territoriali (trofici, riproduttivi) e sensibile alle barriere identificate (strade e centri urbani) l'areale medio disponibile inferiore o uguale a due ettari e la sua probabilità di non incontrare tali barrire otre a tale limite è inferiore al 10%. Se poi consideriamo specie che solo possono sopravvivere *esclusivamente* in ecosistemi naturaliformimi, i valori si riducono drasticamente.

Pertanto, come prevedibile in un paesaggio di antichissima antropizzazione come questo, la frammentazione presente è elevata o molto elevata, rimanendo relativamente ridotta in prossimità degli alvei dei corsi d'acqua principali e in alcune porzioni di paesaggio rurale ad elevata vocazione agricola, con ampie superfici coltivate e/o discreta dotazione in impianti agroforestali (cfr. figure 2-4).

Come nel caso degli altri altri parametri, le indicazioni ottenute sono coerenti con quelle da essi fornite ma non ridondanti: non tutte le unità di paesaggio classificate come di buona qualità da parametro complessità strutturale coincidono con quelle nello stesso modo classificate dal parametro frammentazione. Un paesaggio infatti può risultare complesso ed eterogeneo dal punto nella sua configurazione ed al contempo frammentato dalle infrastrutture ed urbanizzazioni antropiche.

Il terzo criterio utilizzato nella valutazione della qualità funzionale e strutturale del paesaggio utilizzato, è stato quello della qualità biocenotica complessiva degli ecotopi indagati nelle singole unità di paesaggio. Anche in questo caso i valori di massima potenzialità biocenotica non corrispondono necessariamente ai valori di massima qualità strutturale presenti nel paesaggio analizzato. Infatti l'indicatore deve fornire informazioni diverse e complementari, riguardanti non tanto le caratteristiche della struttura orizzontale del paesaggio, ma della complessità della struttura verticale dello stesso. Una stessa unità paesaggistica, infatti, può essere caratterizzata da una diversità negli ecotopi che la compongono, di dimensioni relativamente elevate e con una buona presenza di ecotoni, ma non presentare necessariamente ecotopi paranaturali con una struttura verticale complessa.

Anche in questo caso è interessante notare come le aree con valore biocenotico potenzialmente più elevato si riscontrano in particolare in corrispondenza degli alvei principali.

L'ultimo parametro analizzato nella valutazione della qualità funzionale e strutturale del paesaggio è stata la connettività delle reti vegetate nelle singole unità di paesaggio. Anche in questo tipo di analisi, come nei precedenti, risulta che le condizioni di maggiore integrità si riscontrano generalmente in corrispondenza delle aste fluviali o torrentizie principali, ma aree di buona connettività sono presenti anche in zone decisamente più compromesse dal punto di vista strutturale (cfr. figure 6-8). Questo, oltre ad essere un elemento necessario alla comprensione dello stato attuale del paesaggio, è un fattore importante nella pianificazione degli interventi di mitigazione.

1.5 Impatti

Utilizzando i dati relativi all'assegnazione dei "valori" di qualità ecopaesistica ed il sistema di assegnazione degli impatti, robusto per quanto rozzo, ha permesso l'individuazione degli impatti potenziali, di maggior interesse. Il sistema permette una agevole verifica da parte del valutatore del motivo per cui gli impatti sono di un certo tipo.

Le valutazioni relative agli impatti inquinanti (atmosferici ed acustici) mediante l'uso di sistemi modellistici sono state sviluppate da altre componenti del gruppo di lavoro.

A scala di ecosistema gli impatti rilevati risultano di modesta entità e concentrati lungo le zone di intersezione con gli ambiti fluviali principali, in poche aree caratterizzate da un efficiente sistema di reti agroforestali ed in relazione alla costruzione degli svincoli, in altre parole nelle aree di maggior pregio ecopaesistico e rispetto alle tipologie più invasive come consumo di superficie.

Anche gli impatti potenziali a *scala di paesaggio* risultano ridotti, e quelli di entità media (circa l'11% di tutti gli impatti significativi) solo in prossimità degli ambiti fluviali maggiori (Astico, Brenta e Piave), in relazione alla realizzazione degli svincoli ed in poche aree caratterizzate da un sistema di

reti agroforestali paesaggisticamente efficace.

In entrambi i casi, però, la valutazione non tiene conto degli interventi di mitigazione.

1.6 Effetti delle mitigazioni a scale di paesaggio

Di pari passo con la valutazione ambientale dell'opera sono stati previsti e progettati degli interventi di mitigazione (Franco *et al.*, 2001), costituiti dalla realizzazione di corridoi arboreo arbustivi di struttura e composizione variabili, in funzione della tipologia dell'opera, delle funzioni dominanti ricercate e delle condizioni ambientali stimate. Sono stati così previsti e progettati circa 300 kilometri di impianti relativamente a tutte le soluzioni considerate. Sono stati previsti altresì passi faunistici di varia natura, dei quali si sono occupati altri gruppi di lavoro, ed interventi di mitigazione in alveo tanto in fase di cantiere che di esercizio per tutti gli ambiti fluviali, qui non trattati. L'inserimento dei diversi moduli progettuali identificati è avvenuto lungo tutti i tracciati di progetto per 1) minimizzare l'impatto inquinante dell'asse viario rispetto al paesaggio circostante; 2) massimizzare la connessione degli impianti di mitigazione con le reti di corridoi vegetati esistenti; 3) localizzare gli impianti dove operativamente possibile in base alle informazioni disponibili.L'analisi degli effetti complessivi delle mitigazioni è avvenuto, necessariamente, a scala di paesaggio mediante l'utilizzo degli strumenti messi a punto per le valutazioni della "qualità" ecopaesistica. Naturalmente gli effetti degli interventi di mitigazione non sono in grado di annullare gli effetti negativi dovuti alla frammentazione del paesaggio (in questo caso già elevata) indotta dall'asse autostradale, che genera inevitabilmente l'innesco di un processo di dissezione (Forman, 1995). Invece gli impatti degli impianti forestati di mitigazione su tutti gli altri parametri di analisi sono risultati positivi, tanto nel caso della *connettività* delle reti agroforestali esistenti (incremento del 2% rispetto allo stato *ante operam*), della *configurazione spaziale* del paesaggio (incremento del 9% rispetto allo stato *ante operam*), della *potenzialità biocenotica*, considerato l'aumento di superficie coperta da corridoi forestati (incremento del 20% rispetto allo stato *ante operam*).

Tali valutazioni si riferiscono al complesso delle varianti analizzate, e non ad una variante in particolare.

4° Conclusioni

Il presente lavoro aveva come obiettivi la descrizione di una metodica utilizzabile nell'analisi di "pregio" degli ecosistemi e dei paesaggi e la valutazione della sua efficienza e affidabilità nel fornire indicazioni coerenti ed interpretabili, ovvero della sua capacità di provvedere sintesi adeguate adattandosi al variare delle scala interpretativa.

Il risultato del lavoro svolto ha consentito l'individuazione georeferenziata di condizioni di maggiore o minore "pregio" ecologico-paesaggistico sulla base di elaborazioni di ridotta soggettività e, soprattutto, ripetibili.

Il sistema adottato ci sembra permettere una valutazione sintetica di caratteristiche eco-ambientali che a fronte di una inevitabile degradazione della informazione complessiva iniziale rimangono coerenti dal punto di vista scientifico, evitando semplificazioni eccessive o criptiche. In quest'ultimo caso, difatti, è alto il pericolo di passare da una analisi valutativa alla definizione di certezze rassicuranti ma indimostrabili, quelle che gli anglosassoni con lo spirito pragmatico che li contraddistingue definiscono "miti". Queste "verità assertive" tendono infatti a perdere il nesso con gli elementi valutativi più elementari e comprensibili che le dovrebbero generare.

Lo scopo della procedura è, invece, da un lato quello di essere chiaramente interpretabile dai decisori, sulla scorta di concetti intuitivi e generalizzabili, e al contempo di essere conservativa dal punto di vista scientifico, inglobando cioè l'incertezza intrinseca di questo tipo di valutazioni.

Nel caso studio specifico non sono stati utilizzati modelli di valutazione dell'impatto dell'opera sulla qualità percettiva del paesaggio considerato, attualmente in via di sviluppo.

Infine la procedura ci sembra utile per stimare con gli stessi criteri e con le stesse scale valutative l'efficacia degli interventi di mitigazione, in una prospettiva concreta e realistica di gestione strategica della VIA a scala di paesaggio.

BIBLIOGRAFIA

Bowers M. A., Dooley J.L., 1999. A controlled, Hierarchical study of habitat fragmentation: responses at the individual, patch, and landscape scale. Landscape Ecology 14:381-389

Fauth P.T., Gustafson E.J., Rabenold K.N., 2000. Using landscape metrics to model source habitat for Neotropical migrants in midwestern U.S. Landscape Ecology 15:621-631

Forman R.T.T., 1995. Land Mosaic. Cambridge University Press. Cambridge

Forman R.T.T, Godron M., 1986. Landscape Ecology. Wiley and Sons, New York.

Franco D., 1997 La procedura PLANLAND(c)(r): un nuovo strumento per l'analisi e la progettazione paesistica. Acer,1/97 - Acer,3/97 .

Franco D., 2000. Reti ecologiche, agroforestaziene e paesaggio. Il Verde Editoriale, Milano, Italia.

Franco D., 2001. Reti ecologiche e mitigazione dell'impatto paesaggistico delle infrastrutture viarie: un caso studio recente. Acer, in litteris.

Franco D., Scattolin M., Ghirelli L., Tosato M., 2000. Ecologia del paesaggio e pianificazione territoriale: il caso delle isole minori della Laguna di Venezia. Estimo e Territorio. 3(63): 44-60.

Green, D.G., 1994. Connectivity and complexity in landscapes and ecosystems. Pacific Conservation Biology.

Jager J.A.G., 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. Landscape Ecology 2(15):115-130.

Mac Nally R., Bennet A.F., Horrocks G., 2000. Forecasting the impacts of habitat fragmentation. Evaluation of species specific predictions of the impact of habitat fragmentation on birds in the box-ironbark forests of Central Victoria, Australia. Biological Conservation. 95: 7-29.

Mannino I., Franco D., Zanetto G., 2000. Reti ecologiche agroforestali e processi paesaggistici: la valutazione socio-economica. Estimo e Territorio. 3(63): 44-60.

Naveh Z., Liberman A.S., 1994. Landscape Ecology: Theory and Application. Springer Verlag. New York.

Nikora V.I, Pearson C.P., Shankar U., 1999. Scaling properties in landscape patterns; New Zeland experience Landscape Ecology 1(14): 17-33.

O'Neil R.V., Hunsaker C.T., Timmins S.P., Jackson B.L., Jones K.B., Riitters K.H.m, Wickham J.D., 1996. Scale problems in reporting landscape pattern at regional scale Landscape Ecology. 3(11):168-180.

O'Neil R.V., Krummel J.R., Gardner R.H., Sugihara G., DeAngelis D.L., Milne B.T., Turner M.G., Zygmunt G., Christiensen S.W., Dale W.H., Graham R.L., 1988. Indices in Landscape pattern. Landscape Ecology. 1:153-162.

Daniel Franco è Professore a contratto di Ecologia del Paesaggio, Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento Scienze ambientali - Dottore Forestale libero professionista

Pierfrancesco Ghetti è Professore Ordinario di Ecologia, Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento Scienze ambientali

Marco Tosato e Sara Dimenna hanno collaborato in qualità di liberi professionisti.