

Proposta di reti ecologiche sulla base della biopermeabilità vegetazionale (fitopermeabilità): il caso del Friuli Venezia Giulia

ENRICO BRESSAN*, LIVIO POLDINI**

**Università degli studi di Trieste, Dipartimento di Biologia,
via E. Weiss 2, 34127 Trieste (Italy);
e-mail: ebressan@units.it*

***Università degli studi di Trieste, Dipartimento di Biologia,
via L. Giorgieri 10, 34127 Trieste (Italy);
e-mail: poldini@units.it*

Key words: protected areas, ecological corridors, phytopermeability, Natura 2000, phytosociological progression

SUMMARY

In the Italian project "National Ecological Network: for the conservation of vertebrates" we tried to implement the ecological network on actual data, related to biological and ecological requirements of different vertebrates species. Animal biopermeability is defined as the capability of a living organism to pass through a natural or artificial structure. According with this definition, we guess that in an ecological corridor, vegetation structure plays the fundamental role; thus it is necessary to introduce the concept of vegetal or vegetational biopermeability in ecological networks. We refer to phytopermeability concerning vegetational cover and considering it as theoretical basis to characterize a widespread network of ecological corridors joining naturalistic areas of major interest in a specific territory. The definition of phytopermeability is based on floristic, structural and therefore functional affinity of the plant community in the territory. The proposed method is based essentially on the analysis of the vegetation, whose phytosociological associations have been hierarchically ordered according to the "phytosociological progression". This progression reflects the affinities of floristic composition and also the increasing complexity of the interrelations between the biological forms and therefore the increased efficiency in the uses of the local resources. The phytosociological progression is represented by a sin-system that codifies the succession of the vegetation types (from the most primitive to the most evolved). This sin-system allows to calculate an index of affinity between the single floristic communities by identifying areas where ecological corridors, that minimise the cost of species transfer, can be located. The ecological corridors were elaborated using algorithms already implemented in GIS-GRASS.

INTRODUZIONE

Il mondo scientifico, agli inizi degli anni '80, ha proposto come strumento di possibile strutturazione del territorio per preservare la biodiversità la "rete ecologica". Con questo termine si indica una rete fisica di aree centrali, collegate da corridoi e sostenute da zone cuscinetto, per facilitare la dispersione e la migrazione delle specie ai fini della conservazione della natura, dentro e fuori le aree protette. Si era

infatti affermata la consapevolezza degli effetti negativi dell'azione antropica sugli habitat dovuti soprattutto al drastico e progressivo cambiamento dell'uso del suolo; in particolare, a seguito dell'urbanizzazione irrispettosa delle esigenze ambientali, si era dato origine a quel fenomeno che prende il nome di frammentazione del territorio. La Direttiva "Habitat" 92/43/CEE rappresenta attualmente uno dei principali riferimenti a livello internazionale per ciò che riguarda le politiche a favore della continuità ecologica. Questa Direttiva ha definito un insieme di norme per costruire entro il 2004 una rete europea di aree ad alto valore naturalistico per la conservazione di habitat e specie minacciate, denominata Rete Natura 2000. Tale rete incorpora anche gli indirizzi e le applicazioni della Direttiva "Uccelli" 79/409/CEE che, a sua volta, si propone la tutela dei siti di importanza per l'avifauna. L'introduzione esplicita del modello di "rete ecologica" nell'ambito delle politiche internazionali risale al 1993, quando a Maastricht nel corso della conferenza internazionale "Conservig Europe's Natural Heritage: Towards a European Ecological Network", venne presentata l'iniziativa EECONET. L'obiettivo proposto fu quello di mantenere e migliorare la conservazione degli habitat naturali e semi-naturali, tenendo in considerazione la frammentazione del territorio. In Europa i concetti legati alla reticolarità ecologica e alla continuità ambientale si stanno diffondendo rapidamente all'interno delle politiche di pianificazione territoriale (AA.VV., 2005). Anche in Italia gli enti locali di diverse realtà territoriali hanno già inserito il concetto di rete ecologica all'interno dei loro strumenti di pianificazione. Un esempio è la Legge Regionale della Regione Veneto "Norme per il governo del territorio" (l.r. 23 aprile 2004 n. 11), che all'articolo 22 comma 1) lettera i) demanda ai Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP) il compito di "individuare e disciplinare i corridoi ecologici al fine di costruire una rete di connessione tra le aree protette, i biotopi e le aree relitte naturali, i fiumi e le risorgive".

Per questo motivo si è cercato di mettere a punto un metodo per l'elaborazione di una rete di corridoi ecologici basata sulla composizione vegetazionale del territorio regionale. Tutta l'analisi è stata effettuata con il software gratuito GIS-GRASS e ha riguardato la creazione di una rete ecologica fra i Siti di Interesse Comunitario presenti in Regione.

AREA DI STUDIO

La metodologia sviluppata è stata testata sull'intero territorio della Regione Friuli Venezia Giulia. Esso copre una superficie di quasi 8.000 kmq, confina a ovest con il Veneto, a nord con l'Austria, a est con la Slovenia e si affaccia a sud sul mare Adriatico. Oltre il 42% della superficie regionale, che corrisponde all'intera porzione settentrionale della regione, è costituito da montagne e il 35% è costituito da pianura; il rimanente territorio è costituito in parte da colline e dall'Altopiano carsico (Pezzetta, 1983). Sul territorio regionale è presente un sistema di aree

protette, vincolate e in via di protezione (o in cui è auspicata la protezione), che risulta essere complesso e articolato in vari tipi di tutela che coprono superfici più o meno estese (e a volte sovrapposte) di territorio regionale. In particolare sono presenti 62 Siti di Interesse Comunitario (pSIC), 7 Zone di Protezione Speciale (ZPS), 3 Riserve Naturali Statali, 2 Parchi Naturali Regionali, 11 Riserve Naturali Regionali, 24 biotopi, 20 Aree di ripercussione, 15 Aree di Rilevante Interesse Ambientale (ARIA) e 80 Siti di Interesse Nazionale (SIN-Progetto BioItaly).

DATI E SOFTWARE UTILIZZATI

Carta della vegetazione

Per testare la metodologia proposta è stata realizzata una pseudo-carta della vegetazione integrando la carta dei Sistemi Ecologici realizzata nell'ambito del Progetto Carta della Natura (AA.VV., 2003) con i dati provenienti dalla banca dati vegetazionale (Poldini et al., 1991; Gallizia Vuerich et al., 1999) rivista e corretta e con le descrizioni fitosociologiche della vegetazione proposte da Poldini et al. (ined.).

Codifica sintassonomica della vegetazione

La vegetazione del Friuli Venezia Giulia, utilizzata per lo sviluppo della metodologia proposta, è stata codificata sull'esempio di quanto proposto da Ellenberg (1979). Il codice è composto da sei campi in cui vengono codificati i sei livelli gerarchici di ogni singola associazione (classe, sottoclasse, ordine, alleanza, suballeanza e associazione).

Secondo questo schema, per esempio, l'associazione *Seslerio autumnalis-Quercetum petrae* (Poldini 1964 n.n.) Poldini 1982 sarà codificata con 45.0.3.1.1.05, dove:

- 45. *Quercus-Fagetum* Br.-Bl. et Vlieg. in Vlieg. 1937
 - 0. (sottoclasse assente)
 - 3. *Quercetalia pubescentis* Klika 1933
 - 1. *Carpinion orientalis* Horvat 1958
 - 1. *Seslerio autumnalis-Ostryenion* Blasi, Di Pietro et Filasi 2004
 - 05. *Seslerio autumnalis-Quercetum petrae* (Poldini 1964 n.n.) Poldini 1982

Software utilizzati

La gestione della banca dati della vegetazione (Gallizia Vuerich et al., 1999) è stata fatta utilizzando il database relazionale ACCESS della Microsoft (AAVV., 2000); esso permette l'integrazione diretta delle informazioni nei sistemi informativi territoriali (GIS).

L'analisi del territorio per la creazione delle reti ecologiche è stata effettuata tramite il software gratuito di pubblico dominio GIS-GRASS ver. 6.1 su piattaforma Windows. Del software, oltre alla versione utilizzata per Windows, esiste anche una versione per ambiente Unix/Linux (AA.VV., 1993; Zatelli e Neteler, 2005); entrambe le versioni sono scaricabili gratuitamente dalla rete dal sito dell'Istituto Trentino di Cultura (url: <http://itc.grass.it>) che è anche il quartier generale del "Grass Development Team" coordinato da Markus Neteler.

METODOLOGIA PROPOSTA ED ESEMPIO DI APPLICAZIONE

Il concetto di fitopermeabilità

La Direzione per la Conservazione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha affidato, dal 1996, al Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo dell'Università "La Sapienza" di Roma il compito di definire operativamente una componente della Rete Ecologica Nazionale (REN) che fosse funzionale alla conservazione delle specie di vertebrati della fauna italiana. Tale analisi si è concretizzata nel progetto "Rete Ecologica Nazionale: un approccio alla conservazione dei vertebrati", che contribuisce alla necessità di impostare la realizzazione della REN a partire da dati concreti, in questo caso relativi alle esigenze biologiche ed ecologiche delle diverse specie di vertebrati (Boitani et al., 2002; AA.VV., 2005). In questa sede si definisce biopermeabilità animale la facilità con cui un organismo vivente può attraversare una struttura naturale o artificiale (Lami et al., 2005). Concordi con questa definizione di biopermeabilità riferita alle specie animali, ma convinti che in un corridoio ecologico il ruolo fondamentale è dato dalla struttura vegetazionale con cui esso viene realizzato, a nostro avviso quando si parla di rete ecologica bisogna introdurre il concetto di "biopermeabilità vegetale" o "fitopermeabilità".

Per la prima volta, quindi, parliamo di "fitopermeabilità" riferita specificatamente alla copertura vegetale, quale premessa teorica fondamentale per l'individuazione di una rete diffusa di corridoi ecologici che colleghino fra di loro le zone naturalistiche di maggiore interesse all'interno di un dato territorio.

La definizione di fitopermeabilità deriva dall'affinità floristica e strutturale, e quindi funzionale, delle fitocenosi presenti sul territorio. Essa può essere misurata secondo un procedimento basato sul sistema sintassonomico attualmente adottato dalla massima parte dei fitosociologi europei, che tra l'altro è alla base della metodologia per l'individuazione degli habitat Natura 2000. In questo sistema, proposto da Ellenberg (1979), le unità cenotiche sono ordinate secondo l'ordine gerarchico previsto dalla "progressione fitosociologica", che riflette oltre che le affinità di composizione floristica, anche la complessità crescente delle interrelazioni fra le forme biologiche e quindi dell'aumentata efficienza

nell'utilizzo delle risorse stazionali. Essa si traduce quindi in un sin-sistema che codifica la successione dei tipi di vegetazione (dai più primitivi ai più evoluti) e permette di ricavare un indice di affinità fra le singole comunità vegetali attraverso le quali far passare i corridoi ecologici a minor costo di trasferimento per le specie.

La carta della fitopermeabilità potenziale

A ogni cenosi presente sul territorio viene attribuito un valore di "fitopermeabilità potenziale", che risulta essere la conversione della codifica sintassonomica a 6 numeri proposta da Ellenberg (1979) in un numero decimale.

Per esempio, l'associazione *Seslerio autumnalis-Quercetum petrae* (Poldini 64 n.n.) Poldini 82, il cui codice è 45.0.3.1.1.05, risulterà avere valore di fitopermeabilità potenziale 45,031105.

In parole più semplici il valore di permeabilità viene costruito attribuendo alla parte intera del valore il numero che codifica la classe fitosociologica (nell'esempio 45) e alla parte decimale la sequenza di numeri che codificano, rispettivamente, sottoclasse, ordine, alleanza, suballeanza e associazione (nell'esempio 031105).

La carta della fitopermeabilità potenziale (Fig. 1) viene infine realizzata attribuendo a ogni tipologia di uso del suolo presente sul territorio il valore medio della fitopermeabilità delle cenosi in esso incluse.

La carta della fitopermeabilità reale

Alla carta della fitopermeabilità potenziale sono state sovrapposte la carta del reticolo idrografico e la carta delle infrastrutture viarie (carte di impedenza). Questi due tematismi vengono considerati come una barriera nella costruzione di un corridoio ecologico, per cui ai due reticoli (idrografico e viario) è stato attribuito il valore 100, che è stato sommato alla carta della fitopermeabilità potenziale (Fig. 2) attraverso il comando:

$$r.mapcalc \textit{"fitopermeability=fitob+strade_barr+fiumi_barr"}$$

dove:

fitopermeability = nuova mappa di fitopermeabilità potenziale con sovrapposte le barriere (impedenze)

fitob = carta della fitopermeabilità potenziale

strade_barr = reticolo viario

fiumi_barr = reticolo idrografico.

Alla carta così ottenuta è stato applicato un filtro con una finestra mobile di 17x17 pixel (pari a 510 x 510 m) per calibrare la permeabilità del singolo

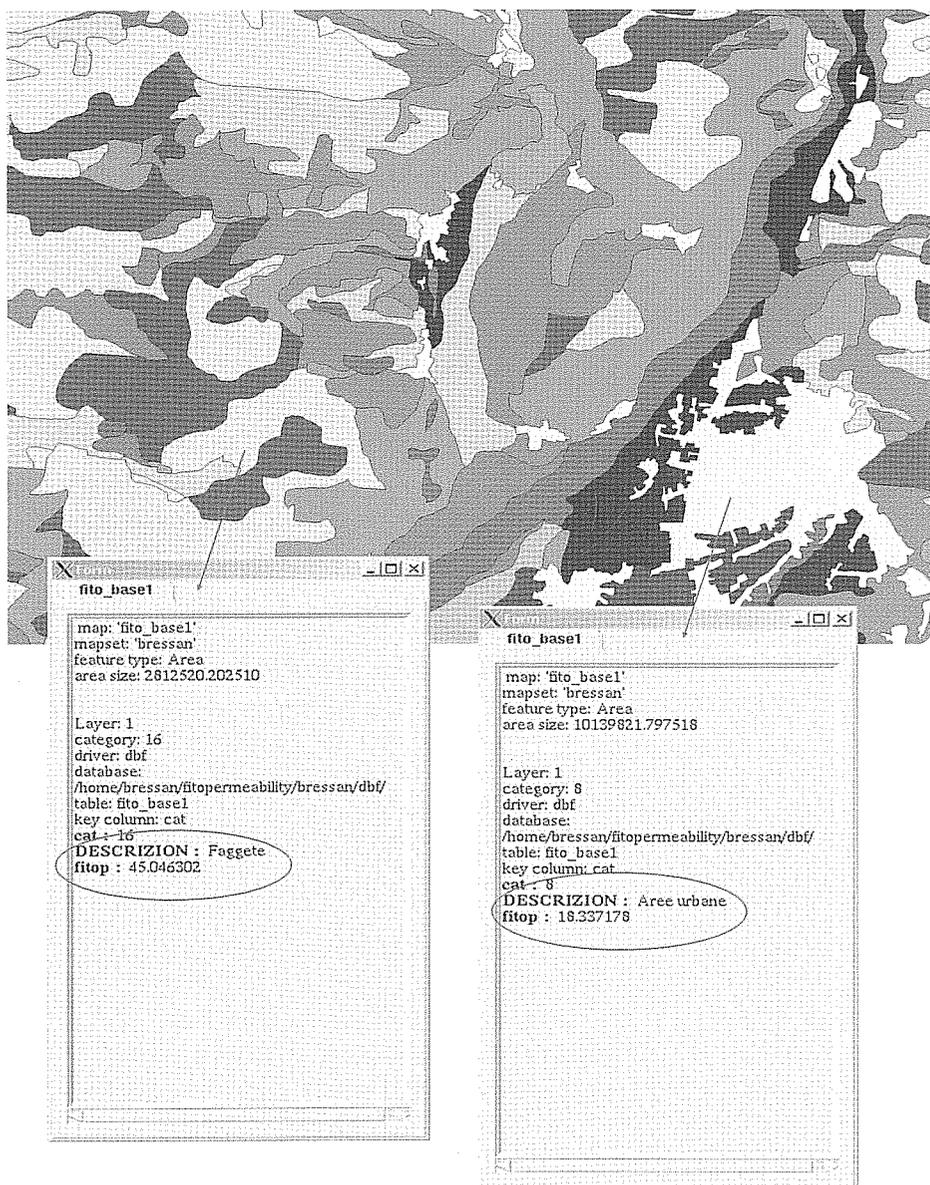


Fig. 1 - Esempio di valore di fitopermeabilità potenziale per le diverse tipologie di uso del suolo.

punto sulla base della matrice di permeabilità circostante e per valutare l'influenza delle aree circostanti sulle strutture lineari (infrastrutture viarie e reti idrologiche). La carta risultante, carta della fitopermeabilità reale del territorio (Fig. 3), è la base di partenza per la creazione dei corridoi ecologici. Per la sua

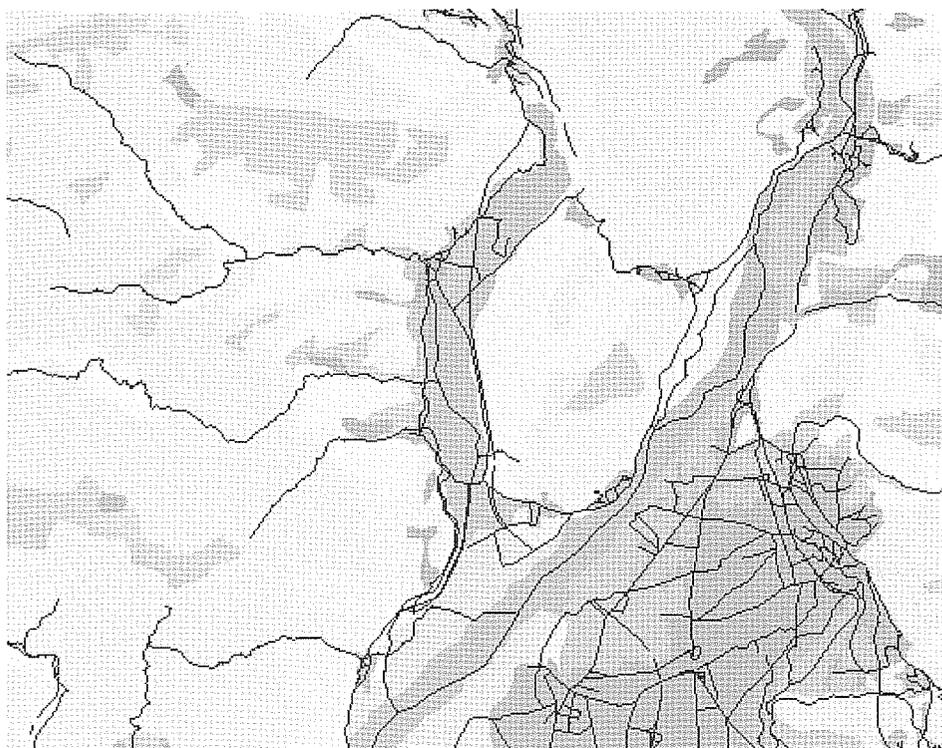


Fig. 2 - Particolare della carta della fitopermeabilità potenziale con sovrapposte le barriere stradali e idrografiche (impedenze) [in nero].

creazione è stato scritto uno *script* di operazioni che è stato richiamato con il seguente comando:

r.mapcalc < MW17x17

dove:

MW17x17 = script per l'applicazione del filtro

Analisi dei costi e realizzazione dei percorsi ottimali (corridoi ecologici)

La metodologia è stata applicata per la connessione dei Siti di Interesse Comunitario (SIC) presenti nella regione Friuli Venezia Giulia. Per ogni SIC è stata calcolata una carta dei costi cumulativi di allontanamento (Fig. 4) sulla base della carta della fitopermeabilità reale. La carta dei costi cumulativi di allontanamento dal primo al secondo SIC viene calcolata a partire dal baricentro dell'area protetta in esame. Il modulo per la creazione della carta dei costi è il seguente:

r.cost -v input=f17x17 output=costA_B coordinate=E₁N₁ stop_coordinate=E₂N₂

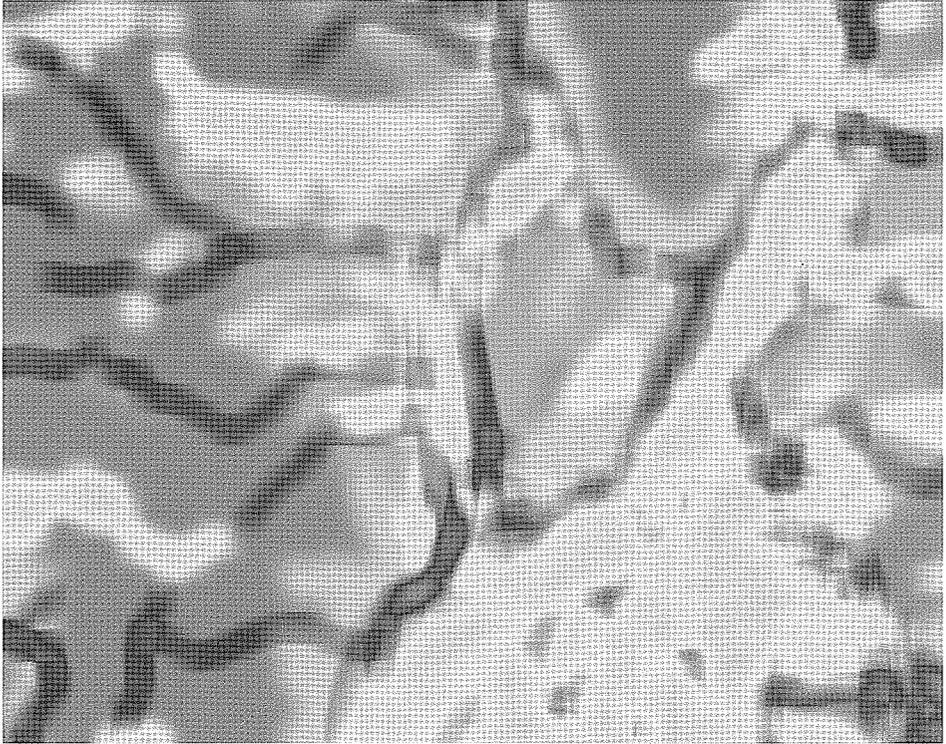


Fig. 3 - Particolare della carta della fitopermeabilità reale con l'applicazione del filtro di 510x510 m. I valori aumentano passando dal bianco al nero.

dove:

- v = flag per la visualizzazione dello stato di avanzamento dell'analisi
- f17x17 = carta della fitopermeabilità reale
- costA_B = carta di output dei costi cumulativi per andare dal SIC A al SIC B
- E_1, N_1 = coordinate del baricentro del SIC A
- E_2, N_2 = coordinate del baricentro del SIC B.

Il singolo corridoio tra i due SIC dell'esempio di Figura 4 (Fig. 5) viene identificato sulla base della carta dei costi cumulativi di allontanamento. Il corridoio viene creato tramite il modulo:

r.drain -c input=costA_B output=corrA_B coordinate= E_2, N_2

dove:

- c = memorizza il valore dell'ultima cella del corridoio esaminata
- costA_B = carta dei costi cumulativi per andare dal SIC A al SIC B
- corrA_B = carta di output del corridoio che connette il SIC A con il SIC B
- E_2, N_2 = coordinate del baricentro del SIC B (punto di partenza del corridoio).

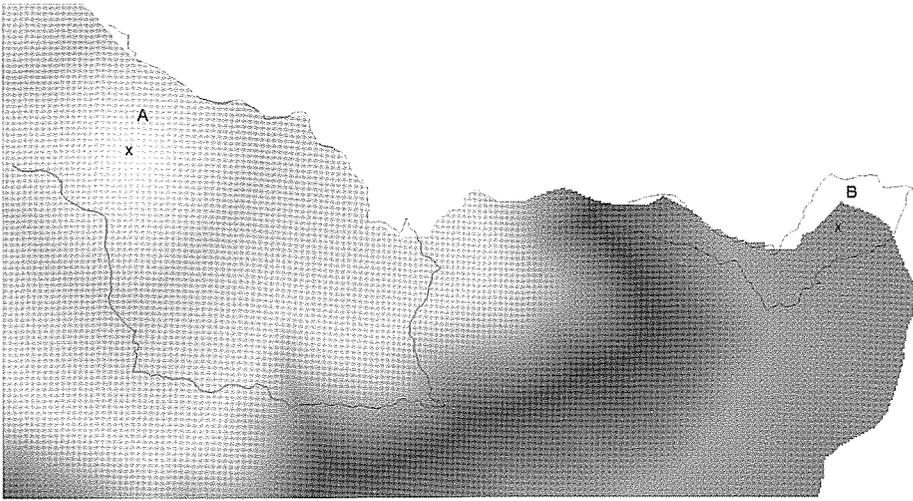


Fig. 4 - Esempio di carta dei costi cumulativi di allontanamento dal baricentro del SIC A al baricentro del SIC B. I costi aumentano passando dal bianco al nero.

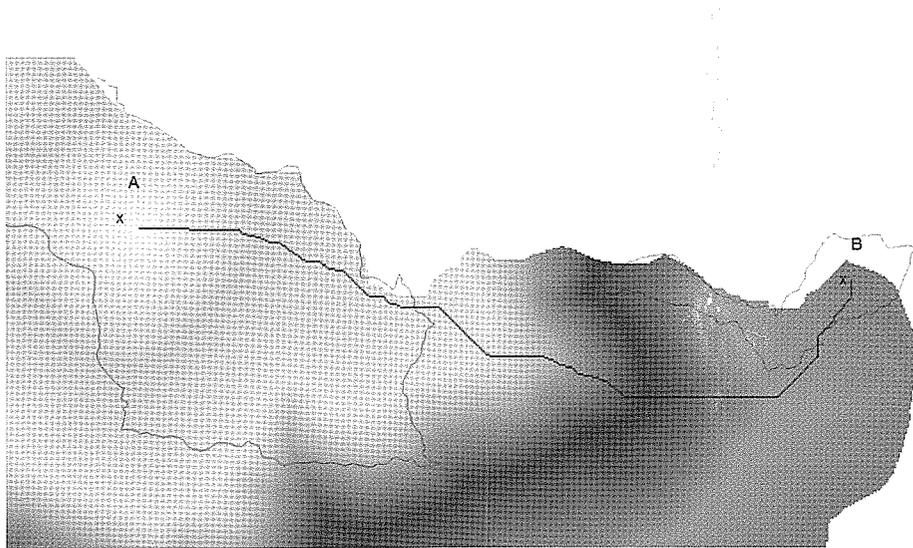


Fig. 5 - Esempio di corridoio che unisce il baricentro del SIC A al baricentro del SIC B.

È possibile visualizzare la carta della fitopermeabilità reale in 3 dimensioni (3D) e sovrapporre il corridoio appena creato (Fig. 6). Se si esamina tale figura è possibile notare come il corridoio segua sempre le pendenze minori. Ciò conferma il fatto che il corridoio elaborato si forma spostandosi sempre su zone vicine dal punto di vista della distanza sulla scala della fitopermeabilità reale.

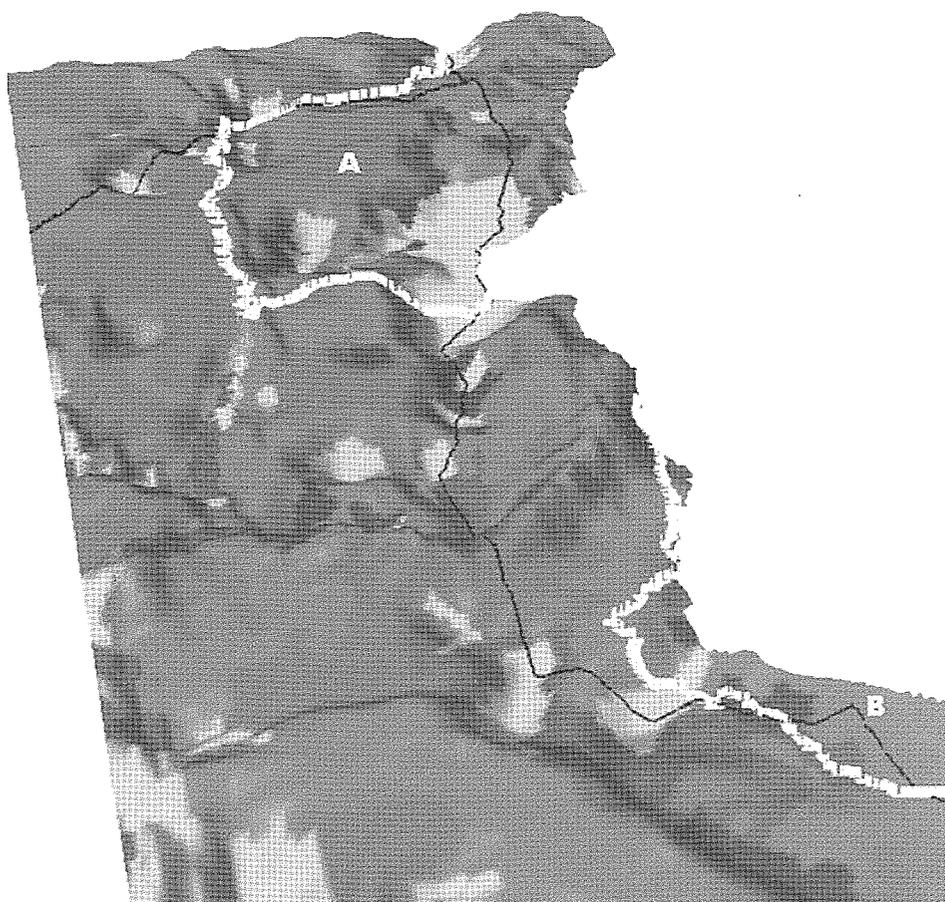


Fig. 6 - Sovrapposizione del corridoio (in nero) che unisce il baricentro del SIC A al baricentro del SIC B (bordi bianchi) con il 3D della carta della fitopermeabilità reale.

Proposta di un metodo oggettivo per la scelta delle connessioni ottimali

Su un territorio esteso con molte aree naturali da connettere tra loro si presenta il problema della scelta della rete ottimale. Essa può essere fatta arbitrariamente oppure seguendo un metodo oggettivo. Nel primo caso la scelta soggettiva potrebbe portare a scegliere dei percorsi che non sono ottimali, cioè percorsi dove il costo cumulativo di attraversamento del territorio è molto elevato (attraversa zone con valori di fitopermeabilità molto distanti tra loro). Si è voluto perciò mettere a punto un metodo per una scelta oggettiva dei corridoi che tenga anche conto del minor costo di attraversamento del territorio.

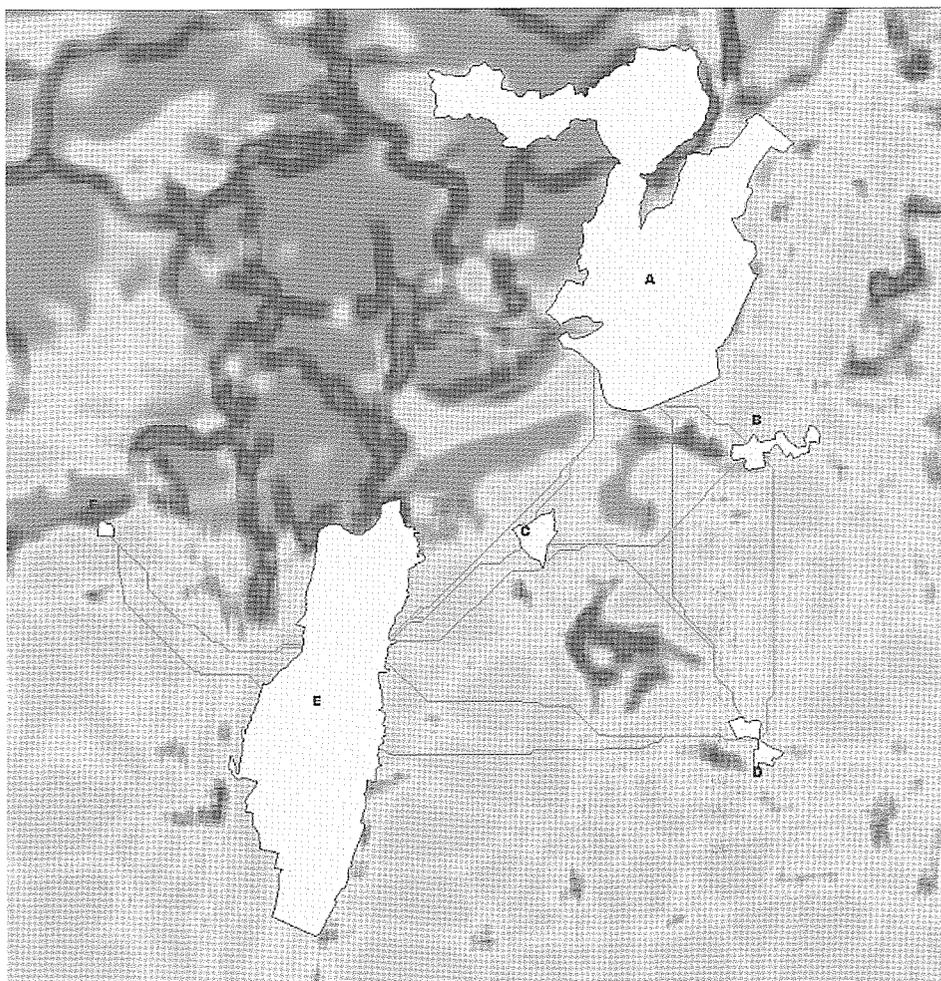


Fig. 7 - Tutte le possibili connessioni (in nero) tra i Siti di Interesse Comunitario coinvolti nell'elaborazione (in bianco e contrassegnati con le lettere dalla A alla F), sovrapposte alla carta della fitopermeabilità reale.

Tab. I - Matrice dei costi cumulativi di attraversamento per tutte le possibili connessioni tra i SIC calcolate. Cerchiati in nero le connessioni ottimali (con il più basso costo).

	A	B	C	D	E	F
A	-					
B	5101.47	-				
C	6784.32	6594.71	-			
D	11234.73	6763.35	7217.25	-		
E	11443.20	12427.30	6008.38	9857.34	-	
F	17792.92	17789.36	11358.46	16306.45	6676.54	-

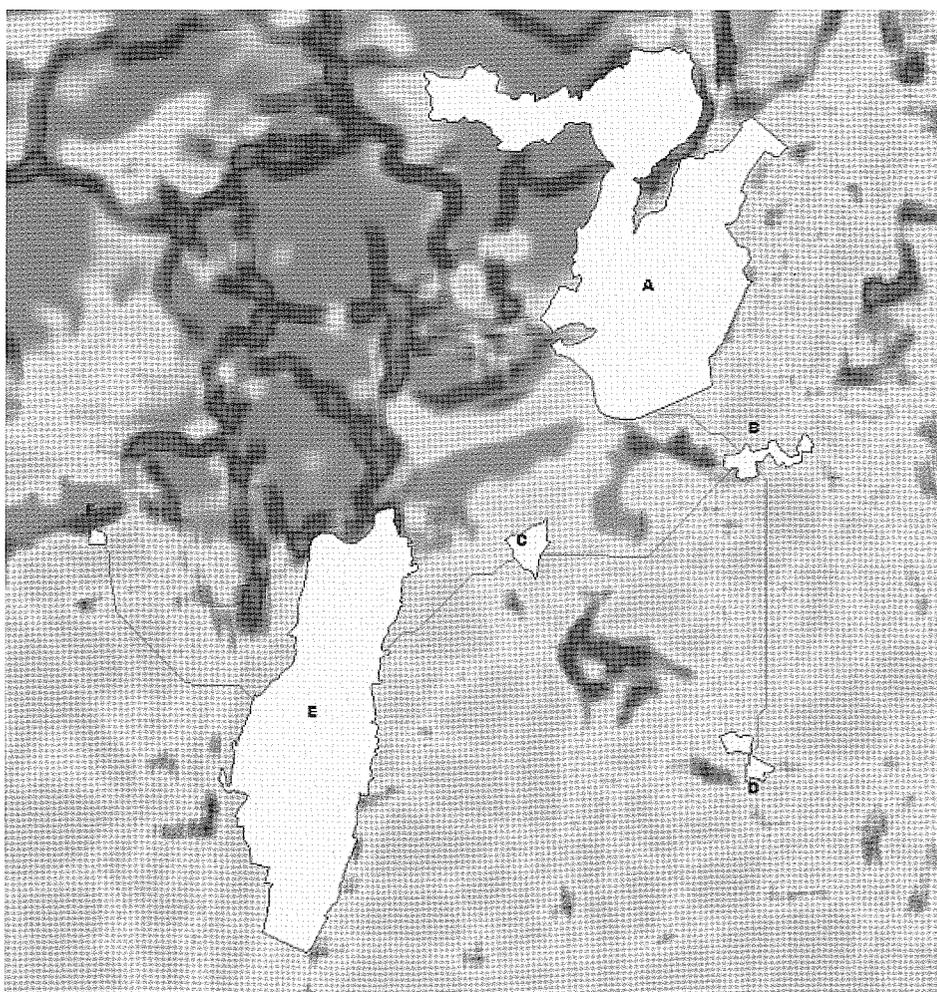


Fig. 8 - Rete ottimale di connessione (in nero) tra i Siti di Interesse Comunitario coinvolti nell'elaborazione (in bianco e contrassegnati con le lettere dalla A alla F), sovrapposta alla carta della fitopermeabilità reale.

Il metodo proposto consiste nel creare tutte le possibili connessioni tra le aree protette coinvolte nella costruzione della rete e scegliere, attraverso una matrice simmetrica dei costi cumulativi, i collegamenti a più basso costo di attraversamento. Un esempio della procedura viene riportato di seguito.

Se si vogliono collegare tra loro alcune aree presenti in un determinato territorio viene applicato il procedimento per la creazione dei corridoi descritto nei paragrafi precedenti e si calcolano tutte le possibili connessioni tra i SIC interessati nel procedimento (Fig. 7); quindi, per ogni corridoio, viene estratto il valore del costo cumulativo di attraversamento del territorio (Tab. I). A questo

punto, la rete viene costruita scegliendo i corridoi con il costo di attraversamento minore tra i SIC (Fig. 8). In questo modo la rete di connessioni risultante è quella più ottimale dal punto di vista dei costi.

CONCLUSIONI

Il metodo proposto per la creazione dei corridoi ecologici tra aree protette sulla base del nuovo concetto di fitopermeabilità del territorio si è dimostrato valido e robusto. Inoltre, il protocollo proposto per la scelta della rete ottimale risulta essere un buon strumento a supporto delle decisioni finali sulla creazione delle connessioni tra le aree protette.

Uno dei possibili sviluppi della metodologia proposta è l'utilizzo di una maggiore varietà di tematismi di base che forniscano una maggiore informazione sulla qualità ecologica del territorio, come per esempio il modello digitale del terreno (DEM), o l'utilizzo di tematismi a maggiore dettaglio (es. una carta dei sistemi ecologici alla scala 1:50.000). Altro sviluppo potrebbe riguardare il calcolo della carta della fitopermeabilità reale, pesando in modo diverso i tematismi di impedenza. Per esempio, si potrebbe dare un valore di impedenza diversificato ai vari tipi di strade che attraversano il territorio (strade interpoderali, comunali, provinciali, statali e autostrade) o ai diversi corsi d'acqua (rii, torrenti, fiumi). È possibile pesare in maniera diversa anche le aree urbane che, pur avendo un proprio valore di fitopermeabilità (dovuto alle associazioni vegetali di carattere urbanofilo) costituiscono comunque un ostacolo alla creazione dei corridoi. Inoltre, si può prevedere di dare un "premio" alle aree protette presenti sul territorio a seconda dell'effettivo grado di protezione. Infine, si può prevedere la creazione di uno script con l'implementazione di tutto il procedimento presentato, così che, una volta lanciato, la rete ottimale di connessione venga creata senza l'interazione dell'operatore. Lo script potrebbe essere addirittura incluso direttamente nel codice sorgente del software *open source* GRASS-GIS che in questo modo diventerebbe uno strumento gratuito ancora più potente, a disposizione degli Enti territoriali preposti alla stesura dei piani di assetto del territorio.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1993 - Grass 4.1 Reference Manual. United States Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, Illinois.

AA.VV. 2000 - Microsoft Access 2000. Copyright 1992-1999, Microsoft Corporation.

AA.VV. 2003 - Il Progetto Carta della Natura alla scala 1: 250.000. Metodologia di realizzazione. APAT, Manuali e linee guida 17/2003, Roma.

AA.VV. 2005 - Pianificazione e gestione: Reti Ecologiche. APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici. [on-line] URL: <http://www.apat.gov.it>

BOITANI L., CORSI R., FALCUCCI A., MAIORANO L., MARZETTI I., MASI M., MONTEMAGGIORI A., OTTAVINI D., REGGIANI G., RONDININI C. 2002 - Rete Ecologica Nazionale: un approccio alla conservazione dei vertebrati italiani. Università di Roma "La Sapienza" - Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Ministero dell'Ambiente-Direzione per la Conservazione della Natura-Istituto di Ecologia Applicata, Roma.

- ELLENBERG H. 1979 - Indicator values of vascular plants in Central Europe. *Scripta Geobot.*, 9: 42-45.
- GALLIZIA VUERICH L., GANIS P., ORIOLO G., POLDINI L., VIDALI M. 1999 - La banca dati fitosociologica del Friuli-Venezia Giulia: struttura ed applicazioni. *Arch. Geobot.*, 4 (1): 137-141.
- LAMI L., CAVALLINI P., VNTURATO E., PETRINI R., SCARSELLI D. 2005 - Analisi e costruzione di una rete ecologica con GRASS. *The Geomatics Workbooks 5*, Milano. [online] URL: <http://geomatica.como.polimi.it/workbooks>.
- PEZZETTA S. 1983 - Il grande libro delle regioni d'Italia. Arnoldo Mondadori Editore, Milano.
- POLDINI L., MARTINI F., GANIS P., VIDALI M. 1991 - Floristic databanks and the phytogeographic analysis of a territory. An example concerning northeastern Italy. In: P.L. Nimis, T.J. Crovello (eds.), *Quantitative approach to Phytogeography. Tasks for vegetation Science*, 24. Kluwer Academic Publishers, The Hague: 159-181.
- POLDINI L., VIDALI M., GALLIZIA VUERICH L. ined. - Completamento delle conoscenze naturalistiche di base in Italia. Carta delle serie di vegetazione 1:250.000 - Friuli Venezia Giulia.
- ZATELLI P., NETELER M. 2005 - GRASS status and future development. *The Geomatics Workbooks 5*, Milano. [on-line] URL: <http://geomatica.como.polimi.it/workbooks>.