

# TECNICHE GIS PER VALUTARE LO STATO DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE I PRINCIPALI FIUMI DEL FRIULI-VENEZIA GIULIA

A. Altobelli<sup>a</sup>, F. Dal Grande<sup>b</sup>, A. Emili<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Dipartimento di Biologia – Università degli Studi di Trieste -Via Weiss, 2 – 34127, Trieste  
Tel. 040-5582072, Fax 040-5582011, e-mail: altobell@univ.trieste.it

<sup>b</sup> Studenti dei Corsi di Studio in Scienze Ambientali e Biologiche: “Laboratorio di Biomonitoraggio mediante Telerilevamento” – Università di Trieste, c/o Via L. Giorgieri 1 – 34127, Trieste

**KEY WORDS:** GRASS, buffer, ecologia, fiumi, naturalità.

## RIASSUNTO

Nell'ambito del Corso di Studi in Scienze Ambientali dell'Università di Trieste si è svolto, all'interno del Laboratorio di Biomonitoraggio mediante Telerilevamento, uno studio relativo ai principali fiumi della Regione e del territorio ad essi circostante. L'utilizzo dell'ambiente GRASS-GIS ha permesso la valutazione della naturalità nel contesto territoriale di 11 corsi d'acqua regionali, sulla base delle informazioni disponibili sui sistemi ecologici definiti secondo lo schema della Carta della Natura, sulla viabilità principale, sulla copertura vegetale valutata sulla base dell'indice NDVI, sulla distribuzione delle regioni fitogeografiche e dei SIC. Per ogni corso d'acqua è stato considerato un buffer pari ad un chilometro, che è stato poi confrontato con la mappa dei sistemi ecologici all'interno di ciascuna regione fitogeografica, ottenendo in tal modo per ciascun fiume un valore complessivo della naturalità considerata sulla base dell'indice di naturalità degli habitat di Natura 2000. A questa informazione sono stati aggiunti i contributi provenienti dalla sovrapposizione della mappa relativa alla viabilità principale e dall'analisi dell'indice NDVI, permettendo quindi di avere una visione immediata della qualità dell'ambiente perfluviale.

## ABSTRACT

A study of the main rivers of the Friuli-Venezia Giulia region and their surrounding territory was conducted as part of the activities of the Laboratory on Biomonitoring using Remote Sensing, which is part of the Environmental Science Courses of the University of Trieste. Use of the GRASS-GIS software resulted in an evaluation of the naturalness of 11 rivers in their territorial context, based on the available information about the ecological systems - as defined by Natura 2000, the road system, the green cover obtained from NDVI analysis, the distribution of the phytogeographic regions and the Sites of Community Importance (SIC). A one-kilometer buffer was considered for every river and overlaid on the ecological systems map for every phytogeographical region. Thus, a synthetic index was obtained for every river, expressing its level of naturalness. By overlaying this information on the road system and the green cover maps, we were able to obtain an instant overview of the quality of the environment surrounding those rivers.

## 1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del Corso di Studi in Scienze Ambientali dell'Università di Trieste si è svolto, all'interno del Laboratorio di Biomonitoraggio mediante Telerilevamento, uno studio relativo ai principali fiumi della Regione e del territorio ad essi circostante. Tale studio è mirato alla valutazione della naturalità nel contesto territoriale di 11 corsi d'acqua regionali, sulla base delle informazioni disponibili sui sistemi ecologici definiti secondo lo schema della Carta della Natura, sulla viabilità, sulla copertura vegetale valutata sulla base dell'indice NDVI, sulla distribuzione delle regioni fitogeografiche e dei SIC. Per questo lavoro è stato utilizzato l'ambiente GRASS-GIS che ha permesso la valutazione integrata di più livelli d'informazione.

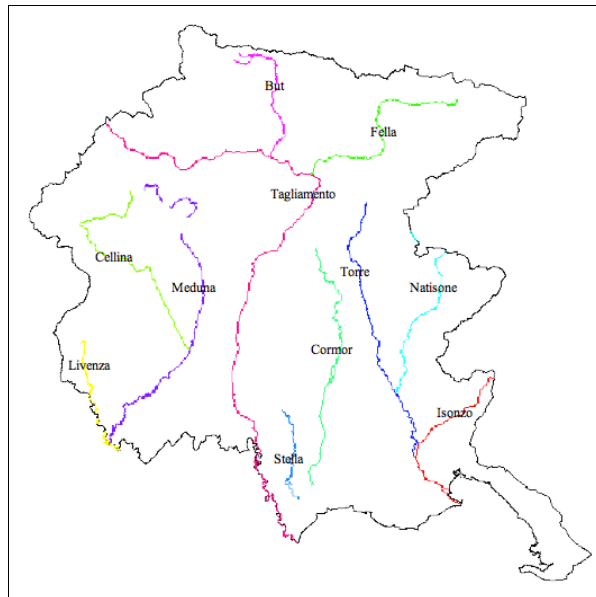


Figura 1.1: Fiumi principali del Friuli Venezia Giulia

<b>Fiumi Principali</b>	<b>Lunghezza (m)</b>
Tagliamento	166.629
Meduna	94.713
Torrente Cormor	69.563
Torrente Torre	68.590
Cellina	58.208
Fella	52.194
Isonzo	45.614
Natisone	44.512
Livenza	44.285
Torrente But	42.215
Stella	31.368

Tabella 1.1. Fiumi principali FVG e relative lunghezze in metri

## 2. DESCRIZIONE DEL LAVORO

L'utilizzo dell'ambiente *GRASS-GIS* (<http://grass.itc.it>) ha permesso la valutazione della naturalità nel contesto territoriale dei principali corsi d'acqua della regione Friuli Venezia Giulia (Figura 1.1; Tabella 1.1), sulla base delle informazioni disponibili sui sistemi ecologici (definiti secondo lo schema della *Carta della Natura*), sulla viabilità e sulla copertura vegetale.

La rete fluviale e quella viaria sono state ricavate dalla *Carta Tecnica Regionale* alla scala 1:25.000. Per quanto riguarda la rete viaria, essa è limitata agli assi stradali principali (strade statali e provinciali). I sistemi ecologici utilizzati sono quelli elaborati nell'ambito del "*Progetto Carta della Natura*" alla scala 1:250.000 da parte del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Trieste (Dragan *et al.*, 2003). La "*Carta della Natura*" deriva da una integrazione della carta *Corine Land Cover* con immagini satellitari *Landsat5-TM* ed ortofoto, nonché DEM e derivati, carta geologica della regione e carte della vegetazione. La carta dei sistemi ecologici rappresenta in modo simbolico l'attuale presenza e diffusione di ecosistemi naturali, seminaturali e secondari nell'area di indagine.

L'indice di vegetazione *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*, Rouse *et al.*, 1974; Tucker, 1979), è uno tra i più

usati per la valutazione della copertura vegetale. Questo indice utilizza la radianza del canale del rosso attorno ai 660 nm (zona di massimo assorbimento della clorofilla) e del canale del NIR attorno agli 860 nm (plateau ad alta riflettanza). Le principali limitazioni di questo indice riguardano le condizioni atmosferiche e l'effetto background del suolo. Ai fini del presente lavoro, l'indice *NDVI* è stato ricavato, mediante la [1], a partire dalle immagini spettrali *MODIS* del 12 Luglio 2005, alla risoluzione di 250m sulla zona d'interesse.

$$NDVI = \frac{(IR_{vicino} - ROSSO)}{(IR_{vicino} + ROSSO)} \quad [1]$$

Al fine di meglio definire l'ambiente circostante i corsi d'acqua, è stata inoltre presa in considerazione la suddivisione del Friuli Venezia Giulia in regioni fitogeografiche sulla base della flora e della vegetazione (Poldini, 1987).

Le elaborazioni sono state condotte utilizzando il software *GRASS* nella versione 6.2.1 in ambiente linux. La mappa relativa alla rete fluviale regionale è stata importata nell'ambiente di lavoro mediante la libreria *ogr* e successivamente convertita in un layer raster, mantenendo le categorie originali. Le singole unità fluviali costituenti la mappa raster sono state isolate e per ognuna è stato creato un layer raster mediante l'utilizzo delle funzioni *mapcalc*.

Elaborando l'informazione categoriale e modificando opportunamente il layer booleano ottenuto, si è ottenuta per ogni fiume una mappa dove alle celle non appartenenti all'unità fluviale viene assegnato un valore "no data". In questo modo è stato possibile assegnare ad ogni fiume un *buffer* della larghezza di 1 km, che interessa quindi il territorio circostante il corso d'acqua. Queste zone *buffer* costituiscono l'oggetto del presente studio. Sulla base delle sue caratteristiche di conservazione e naturalità, una zona *buffer* perifluviale permette di fare alcune valutazioni riguardo la qualità del corso d'acqua. L'ambiente perifluviale è stato valutato nella sua naturalità per mezzo della carta dei sistemi ecologici, elaborata nell'ambito del progetto Natura 2000.

Utilizzando il comando *r.report* di *GRASS* e le sue opzioni di elaborazione, si sono incrociate le mappe raster relative ai *buffer* perifluviali con la mappa dei sistemi ecologici, ottenendo in tal modo per ogni *buffer* una distinzione in percentuale dei sistemi ecologici coperti (Tabella 2.2). Ad ogni sistema ecologico è assegnato un valore di stima della naturalità in 5 classi, secondo il seguente schema (Tabella 2.1):

- 0 = completamente artificiale
- 1 = parzialmente artificiale
- 2 = seminaturale
- 3 = prossimo naturale
- 4 = naturale

Per ognuno dei *buffer* viene quindi calcolata la superficie complessiva occupata da ognuna di queste classi di valori e viene effettuato un prodotto fra questa superficie ed il valore della classe. Questa combinazione lineare tra le percentuali di copertura dei sistemi da parte dei *buffer* ed i valori di stima della naturalità dei sistemi risulta in un valore complessivo. Tale valore viene diviso per la naturalità massima teorica del *buffer*, ovvero il valore che esso potrebbe assumere nel caso in cui coprisse per la sua intera estensione sistemi a massima naturalità (classe 4). In tal modo si ottiene, per ogni fiume, un indice variabile tra 0 ed 1, a seconda che il *buffer* perifluviale presenti caratteristiche più o meno accentuate di naturalità. Dal momento che i fiumi Livenza e Tagliamento costituiscono confine naturale della regione Friuli Venezia Giulia con il Veneto, il loro *buffer* ricade parzialmente al di fuori dell'area di indagine. Per questo motivo tale porzione esterna è stata esclusa dal calcolo della naturalità e dalle successive elaborazioni. La percentuale del *buffer* non appartenente all'area di indagine è riportata nella Tabella 2.2 con la dicitura "no data". Le medesime considerazioni vanno fatte per le porzioni di *buffer* che ricadono in mare o in territorio sloveno.

Stima Naturalità	Sistemi Ecologici	Stima Naturalità	Sistemi Ecologici
3	SPIAGGE NATURALI	3	BOSCHI PLANIZIALI
3	SISTEMI DI PALEODUNE	3	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE
3	ACQUE LAGUNARI E VELME	3	BOSCHI CARSICI
3	BARENE E CANNETI ALOFLI	3	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE
4	FALESIE COSTIERE	3	BOSCHI MISTI
2	ACQUE INTERNE	3	PECCETE
4	GRETI E SALICETI PIONIERI	4	LARICETI
3	BRUGHIERE SUBALPINE	3	PALLIDI
4	MUGHETE	4	RUPI E GHIAIONI ACIDI
4	ONTANETE AD ONTANO VERDE	4	RUPI E GHIAIONI SU CALCARE
2	LANDA CARSICA	4	AREE RUPESTRI SUBMEDITERRANEE
4	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	2	AREE RURALI
3	PASCOLI SU SUBSTRATO ACIDO	1	AGRICOLO INTENSIVO
3	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	2	PINETE D'IMPIANTO
2	PRATI DA SFALCIO	1	AREE VERDI PERIURBANE E CAMPEGGI
3	FAGGETE	0	SPIAGGE ARTIFICIALI
4	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	0	AREE RUDERALI
3	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	0	AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI
4	MACCHIA MEDITERRANEA	0	AREE URBANE

Tabella 2.1. Valori di stima della naturalità in 5 classi dei sistemi ecologici

	Sistemi Ecologici	%	
LIVERCA	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	0,42	
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	6,22	
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	2,95	
	AREE RURALI	8,54	
	AGRICOLO INTENSIVO	35,23	
	AREE URBANE	15,82	
	NO DATA	30,80	
CELLINA	ACQUE INTERNE	0,40	
	GRETI E SALICETI PIONIERI	17,55	
	BRUGHIERE SUBALPINE	1,44	
	MUGHETE	2,53	
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	10,13	
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	3,62	
	PRATI DA SFALCIO	1,78	
	FAGGETE	11,39	
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	6,85	
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	2,93	
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	14,84	
	BOSCHI MISTI	11,51	
	PECCETE	0,46	
LARICETI	0,75		
RUPI E GHIAIONI SU CALCARE	3,97		
AGRICOLO INTENSIVO	7,83		
AREE URBANE	2,01		
FELLA	GRETI E SALICETI PIONIERI	7,26	
	BRUGHIERE SUBALPINE	0,13	
	MUGHETE	0,06	
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	0,97	
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	1,17	
	PRATI DA SFALCIO	9,33	
	FAGGETE	3,24	
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	24,37	
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	2,66	
	BOSCHI MISTI	21,45	
	PECCETE	21,00	
	LARICETI	0,06	
	RUPI E GHIAIONI SU CALCARE	3,37	
AREE RURALI	0,32		
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,45		
AREE URBANE	4,15		
CORRIOR	ACQUE LAGUNARI E VELME	1,18	
	BARENE E CANNETI ALOFILI	0,81	
	ACQUE INTERNE	0,43	
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	0,97	
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	1,24	
	BOSCHI PLANIZIALI	2,26	
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	2,10	
	AREE RURALI	9,14	
	AGRICOLO INTENSIVO	62,42	
	AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,16	
	AREE URBANE	19,30	
	NATISONE	GRETI E SALICETI PIONIERI	1,66
		PRATI DA SFALCIO	0,98
FAGGETE		14,03	
VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA		2,11	
BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE		13,88	
OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE		6,26	
AREE RURALI		2,56	
AGRICOLO INTENSIVO		38,16	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI		1,21	
AREE URBANE		11,01	
NO DATA	8,14		
STELLA	ACQUE LAGUNARI E VELME	3,68	
	BARENE E CANNETI ALOFILI	1,84	
	ACQUE INTERNE	0,39	
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	5,39	
	AGRICOLO INTENSIVO	82,00	
	AREE URBANE	6,70	
TORRE	GRETI E SALICETI PIONIERI	4,39	
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	5,11	
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	2,10	
	PRATI DA SFALCIO	1,28	
	FAGGETE	1,74	
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	1,64	
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	4,39	
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	11,70	
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	3,73	
	BOSCHI MISTI	2,20	
	RUPI E GHIAIONI SU CALCARE	0,05	
	AREE RURALI	1,18	
	AGRICOLO INTENSIVO	50,43	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,56		
MEDUNA	ACQUE INTERNE	0,37	
	GRETI E SALICETI PIONIERI	9,15	
	BRUGHIERE SUBALPINE	1,10	
	MUGHETE	0,49	
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	5,76	
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	2,49	
	PRATI DA SFALCIO	1,88	
	FAGGETE	4,74	
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	4,74	
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	1,35	
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	3,56	
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	3,60	
	BOSCHI MISTI	8,42	
PECCETE	0,29		
PALUDI	0,74		
RUPI E GHIAIONI SU CALCARE	1,14		
AREE RURALI	1,35		
AGRICOLO INTENSIVO	40,70		
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,20		
AREE URBANE	6,58		
NO DATA	1,35		
BUT	GRETI E SALICETI PIONIERI	2,49	
	BRUGHIERE SUBALPINE	10,12	
	MUGHETE	0,09	
	PASCOLI SU SUBSTRATO ACIDO	5,68	
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	3,64	
	PRATI DA SFALCIO	10,75	
	FAGGETE	7,90	
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	4,09	
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	8,17	
	BOSCHI MISTI	19,80	
	PECCETE	17,85	
	RUPI E GHIAIONI SU CALCARE	1,07	
	AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,36	
AREE URBANE	7,90		
NO DATA	0,09		
TAGLIAMENTO	SISTEMI DI PALEODUNE	0,06	
	GRETI E SALICETI PIONIERI	12,21	
	MUGHETE	0,08	
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	8,20	
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	0,17	
	PRATI DA SFALCIO	3,26	
	FAGGETE	7,80	
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	6,64	
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	2,78	
	MACCHIA MEDITERRANEA	0,38	
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	3,29	
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	6,13	
	BOSCHI MISTI	8,54	
PECCETE	2,63		
RUPI E GHIAIONI SU CALCARE	0,23		
AREE RURALI	2,40		
AGRICOLO INTENSIVO	19,00		
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,13		
AREE URBANE	5,89		
NO DATA	10,18		
ISONZO	BARENE E CANNETI ALOFILI	1,89	
	GRETI E SALICETI PIONIERI	2,79	
	LANDA CARSICA	0,15	
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	10,94	
	BOSCHI PLANIZIALI	0,23	
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	8,15	
	BOSCHI CARSICI	0,08	
	PALUDI	1,58	
	AREE RURALI	8,00	
	AGRICOLO INTENSIVO	39,55	
	AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,53	
	AREE URBANE	15,70	
	NO DATA	10,42	

Tabella 2.2. Dettaglio della suddivisione percentuale dei buffer nei sistemi ecologici

In base a questa procedura si è elaborata una prima classificazione dei fiumi, in ordine discendente del valore di stima della naturalità. Al fine di raffinare questa prima classificazione, si è deciso di includere nell'analisi due ulteriori parametri di tipo quantitativo (Tabella 2.3): la presenza della rete viaria principale e la copertura vegetale, come stimata dai valori assunti dall'indice *NDVI*.

Utilizzando il comando *r.report* sui buffer e sul layer relativo alla viabilità, si è ottenuta l'informazione sulla percentuale di territorio perifluviale attraversato da strade provinciali e/o statali, fatto che incide negativamente sulla naturalità del corso d'acqua.

Analogamente, un report è stato operato prendendo in considerazione l'indice *NDVI*. In questo secondo caso, il report ha generato un conteggio delle celle del buffer distinte per un diverso valore dell'*NDVI*, sulla base del quale si è ricavato per ogni fiume un valore medio dell'indice di vegetazione. Nella classificazione dei corsi d'acqua si è tenuto conto della sola stima della naturalità e della presenza della viabilità quali fattori discriminanti, in quanto l'indice di vegetazione non possiede una variabilità tale da discriminare in modo soddisfacente i fiumi. L'indice di vegetazione è pertanto presente nella classifica di Tabella 2.3 per completezza.

Fiume	Stima Naturalità	% Copertura strade	NDVI medio
CELLINA	0,79	7,02	0,67
FELLA	0,78	20,87	0,75
BUT	0,68	12,08	0,78
TAGLIAMENTO	0,66	7,27	0,68
MEDUNA	0,54	7,07	0,70
NATISONE	0,44	10,71	0,75
TORRE	0,44	12,98	0,75
ISONZO	0,38	14,42	0,69
LIVENZA	0,29	4,64	0,73
STELLA	0,29	6,83	0,74
CORMOR	0,27	15,00	0,74

Tabella 2.3. Classificazione dei fiumi

Due ulteriori parametri, di tipo qualitativo, sono stati elaborati al fine di meglio descrivere l'ambiente naturale nel quale sono inseriti i fiumi considerati. Si tratta della suddivisione del territorio regionale in *regioni fitogeografiche* e della distribuzione dei *Siti di Importanza Comunitaria (SIC)*. Tali suddivisioni sono visibili in Figura 2.1 e 2.2, mentre in Tabella 2.4 è esplicitata la composizione in sistemi ecologici delle singole regioni fitogeografiche. In Tabella 2.5, infine, sono riportate le percentuali di territorio dei buffer che ricadono nei SIC regionali, ottenute tramite *r.report*.

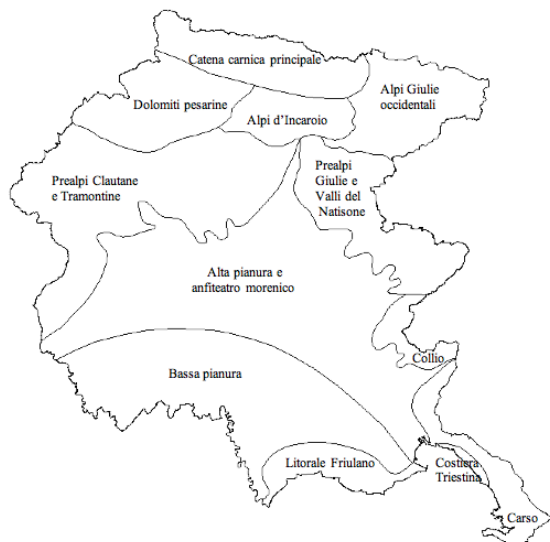


Figura 2.1: Regioni Fitogeografiche (Poldini, 1987)

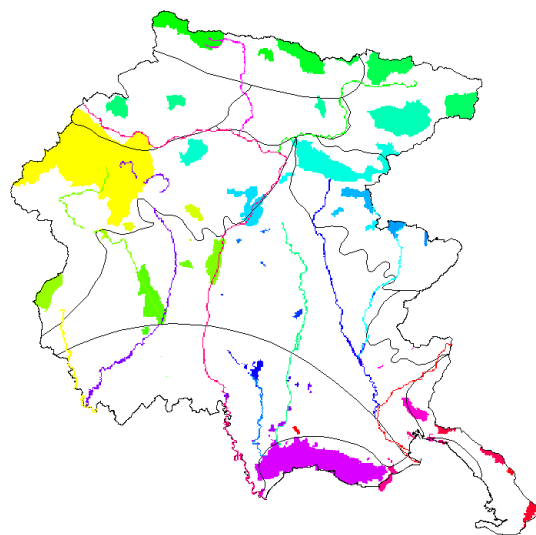


Figura 2.2: SIC del Friuli Venezia Giulia (in evidenza fiumi e regioni fitogeografiche)

	Sistemi Ecologici	%
CATENA CARNICA	GRETI E SALICETI PIONIERI	0,41
	BRUGHIERE SUBALPINE	9,93
	MUGHETE	5,15
	PASCOLI SU SUBSTRATO ACIDO	6,97
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	5,63
	PRATI DA SFALCIO	4,01
	FAGGETE	8,38
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	0,99
	BOSCHI MISTI	23,40
	PECCETE	27,06
	LARICETI	0,03
	PALUDI	0,04
	RUPI E GHIAIONI ACIDI	0,18
	RUPI E GHIAIONI SU CALCAREE	5,64
	AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,13
	AREE URBANE	2,04
PREALPI, CLAUTANE E TRAMONTINE	ACQUE INTERNE	0,36
	GRETI E SALICETI PIONIERI	2,19
	BRUGHIERE SUBALPINE	2,95
	MUGHETE	5,36
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	0,39
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	11,65
	PRATI DA SFALCIO	2,43
	FAGGETE	17,42
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	9,83
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	0,04
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	4,04
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	12,96
	BOSCHI MISTI	15,36
	PECCETE	5,44
	LARICETI	0,92
	PALUDI	0,27
RUPI E GHIAIONI SU CALCAREE	5,67	
AREE RURALI	1,08	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,13	
AREE URBANE	1,51	
COLLIO	ACQUE INTERNE	0,15
	GRETI E SALICETI PIONIERI	0,29
	LANDA CARSICA	0,19
	PRATI DA SFALCIO	0,58
	FAGGETE	0,05
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	0,73
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	27,37
	AREE RURALI	40,85
	AGRICOLO INTENSIVO	20,72
	AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,05
AREE URBANE	9,02	
CAFSO	ACQUE INTERNE	0,02
	GRETI E SALICETI PIONIERI	0,41
	LANDA CARSICA	7,38
	PRATI DA SFALCIO	0,44
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	1,19
	MACCHIA MEDITERRANEA	0,05
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	5,03
	BOSCHI CARSICI	46,59
	PALUDI	1,14
	AREE RUPESTRI SUBMEDITERRANEE	0,34
	AREE RURALI	3,33
	AGRICOLO INTENSIVO	4,69
	PINETE D'IMPIANTO	6,92
	AREE VERDI PERIURBANE E CAMPEGGI	0,19
	AREE RUDERALI	0,05
	AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	2,91
AREE URBANE	19,33	
BASSA PIANURA	ACQUE LAGUNARI E VELME	0,13
	BARENE E CANNETI ALOFLI	0,24
	ACQUE INTERNE	0,18
	GRETI E SALICETI PIONIERI	1,03
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	0,55
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	1,67
	MACCHIA MEDITERRANEA	0,04
	BOSCHI PLANIZIALI	0,47
	PALUDI	0,73
	AGRICOLO INTENSIVO	82,39
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,98	
AREE URBANE	11,58	
ALTA PIANURA E ANFITEATRO MORENICO	BARENE E CANNETI ALOFLI	0,06
	ACQUE INTERNE	0,03
	GRETI E SALICETI PIONIERI	3,53
	LANDA CARSICA	0,20
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	3,47
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	0,54
	PRATI DA SFALCIO	0,49
	FAGGETE	0,58
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	0,39
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	1,11
	BOSCHI PLANIZIALI	0,01
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	6,44
	BOSCHI CARSICI	0,20
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	1,27
	BOSCHI MISTI	0,46
	PECCETE	0,27
PALUDI	0,18	
RUPI E GHIAIONI SU CALCAREE	0,07	
AREE RURALI	6,44	
AGRICOLO INTENSIVO	59,23	
PINETE D'IMPIANTO	0,08	
AREE VERDI PERIURBANE E CAMPEGGI	0,04	
SPIAGGE ARTIFICIALI	0,01	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	1,04	
AREE URBANE	13,88	

	Sistemi Ecologici	%
COSTIERA TRIESTINA	LANDA CARSICA	1,31
	MACCHIA MEDITERRANEA	5,76
	BOSCHI CARSICI	54,45
	AGRICOLO INTENSIVO	0,52
	PINETE D'IMPIANTO	12,04
	AREE VERDI PERIURBANE E CAMPEGGI	4,71
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	1,05	
AREE URBANE	20,16	
LITORALE FRULIANO	SPIAGGE NATURALI	0,29
	SISTEMI DI PALEODUNE	0,67
	ACQUE LAGUNARI E VELME	48,89
	BARENE E CANNETI ALOFLI	15,42
	ACQUE INTERNE	0,03
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	0,67
	MACCHIA MEDITERRANEA	0,37
	PALUDI	0,43
	AGRICOLO INTENSIVO	26,75
	AREE VERDI PERIURBANE E CAMPEGGI	1,71
SPIAGGE ARTIFICIALI	0,16	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,29	
AREE URBANE	4,31	
DOLOMITI PESARINE	ACQUE INTERNE	0,25
	GRETI E SALICETI PIONIERI	1,17
	BRUGHIERE SUBALPINE	5,13
	MUGHETE	3,20
	ONTANETE AD ONTANO VERDE	0,18
	PASCOLI SU SUBSTRATO ACIDO	2,08
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	4,53
	PRATI DA SFALCIO	5,61
	FAGGETE	23,19
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	2,50
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	2,48
	BOSCHI MISTI	24,02
	PECCETE	15,82
	LARICETI	3,19
	PALUDI	0,06
	RUPI E GHIAIONI SU CALCAREE	4,67
AREE RUDERALI	0,05	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,02	
AREE URBANE	1,84	
ALPIDINGAFOIO (VALLI DI MOGGIO)	GRETI E SALICETI PIONIERI	3,50
	BRUGHIERE SUBALPINE	1,94
	MUGHETE	6,13
	PRATI EVOLUTI DI TERRAZZI FLUVIALI	0,41
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	3,48
	PRATI DA SFALCIO	5,99
	FAGGETE	17,14
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	14,23
	BOSCHI PLANIZIALI	0,11
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	6,63
BOSCHI MISTI	24,02	
PECCETE	8,34	
RUPI E GHIAIONI SU CALCAREE	5,72	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,07	
AREE URBANE	2,38	
ALPIGULIE OCCIDENTALI	ACQUE INTERNE	0,17
	GRETI E SALICETI PIONIERI	0,49
	BRUGHIERE SUBALPINE	4,83
	MUGHETE	12,86
	PASCOLI SU SUBSTRATO ACIDO	0,42
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	4,95
	PRATI DA SFALCIO	2,87
	FAGGETE	4,55
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	5,59
	BOSCHI MISTI	28,93
PECCETE	20,56	
LARICETI	1,06	
RUPI E GHIAIONI SU CALCAREE	11,71	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,07	
AREE URBANE	0,93	
PREALPIGULIE E VALLI DEL NATSÖNE	GRETI E SALICETI PIONIERI	0,43
	BRUGHIERE SUBALPINE	0,43
	MUGHETE	1,12
	PRATERIE CALCAREE MONTANE E SUBALPINE	9,02
	PRATI DA SFALCIO	0,76
	FAGGETE	41,08
	PINETA A PINO NERO O PINO SILVESTRE	3,39
	VEGETAZIONE FLUVIALE O DI GOLENA	0,19
	BOSCHI COLLINARI SU COLLINE TERRIGENE	18,46
	OSTRIETI E OSTRIO FAGGETE TERMOFILE SU CALCARE	4,82
	BOSCHI MISTI	10,98
	PECCETE	2,84
	LARICETI	0,04
	PALUDI	0,02
	RUPI E GHIAIONI SU CALCAREE	2,38
	AREE RURALI	1,32
AGRICOLO INTENSIVO	0,55	
PINETE D'IMPIANTO	0,17	
AREE INDUSTRIALI, CAVE, AEROPORTI E SCALI FERROVIARI	0,03	
AREE URBANE	1,98	

Tabella 2.4. Composizione in sistemi ecologici delle regioni fitogeografiche

Fiume	% in SIC
Cellina	34,93
Meduna	18,10
Torrente But	16,96
Tagliamento	13,76
Natisone	11,92
Stella	11,04
Torrente Cormor	5,00
Fella	3,43
Torrente Torre	3,27
Livenza	0,00
Isonzo	0,00

Tabella 2.5. Percentuali di suolo dei buffer che ricadono nei SIC del FVG

Nella Tabella 2.6 sono riportate le regioni fitogeografiche, ordinate in base ad un indice di naturalità stimato in modo analogo a quanto fatto per i buffer perifluviali. Nella medesima tabella sono anche presentate le percentuali dei buffer che ricadono nelle singole regioni fitogeografiche.

Regione Fitogeografica	Stima Naturalità	Cellina	Fella	But	Tagliamento	Meduna	Natisone	Torre	Isonzo	Livenza	Stella	Cormor
Alpi Giulie Occidentali	0,81		39,34									
Alpi d'Incaroio (Valli di Moggio)	0,79		32,47	27,44	1,99							
Prealpi Clautane e Tramontine	0,79	52,24	8,36	4,53	23,04	27,30						
Dolomiti Pesarine	0,76			7,64	19,14							
Prealpi Giulie e Valli del Natisone	0,75		5,38				40,95	19,11		13,82		
Catena Carnica	0,75		14,06	60,39								
Litorale Friulano	0,57				0,64				4,38		7,49	2,69
Carso	0,52								12,45			
Costiera Triestina	0,52											
Collio	0,47						4,75		10,94			
Alta Pianura e Anfiteatro Morenico	0,34	47,76	0,39		22,09	36,04	46,68	79,56	47,09	22,57		60,05
Bassa Pianura	0,25				22,62	35,23		1,33	17,13	32,07	92,51	37,26
No Data					10,47	1,43	7,62		8,00	31,54		
Totale		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabella 2.6. Stima della naturalità delle regioni fitogeografiche e copertura percentuale distinta per buffer

### 3. CONCLUSIONI

L'utilizzo del software GIS/GRASS ha permesso l'integrazione di diversi livelli di informazione e la loro sintesi in indici e percentuali, riassuntivi dello stato di naturalità e conservazione dell'ambiente perifluviale dei fiumi considerati.

Dal confronto delle classifiche di naturalità dei buffer perifluviali e delle regioni fitogeografiche con la distribuzione dei buffer nei SIC, emerge come l'inclusione anche parziale dei fiumi in territori protetti (SIC) rifletta in genere un maggior grado di naturalità del territorio perifluviale (Cellina, But). Fiumi a bassa naturalità stimata (Cormor, Livenza, Isonzo, Torre) sono fiumi poco o per niente inclusi in zone protette.

Vi sono situazioni particolari (Meduna, Natisone, Fella e Stella) che meritano un commento più approfondito. Nel caso del Meduna, dello Stella e del Natisone, fiumi con buffer inclusi per più del 10% in SIC, la naturalità stimata ha valore medio-basso. Tale fatto si può spiegare osservando la distribuzione dei sistemi ecologici nelle regioni fitogeografiche: la pianura friulana è caratterizzata per più del 70% da agricoltura intensiva ed una consistente presenza antropica, che hanno un effetto negativo sulla naturalità del territorio perifluviale.

Il fiume Fella presenta scarsa copertura in SIC ed elevata incidenza della rete viaria, tuttavia esso si trova al secondo posto per quanto riguarda la naturalità stimata. Questa apparente contraddizione si può spiegare con il fatto che il fiume Fella è un fiume di montagna (come si può facilmente desumere dalle regioni fitogeografiche attraversate), i cui territori perifluviali sono costituiti da sistemi ecologici molto naturali, sui quali la viabilità incide in modo diverso e meno intenso di quanto non accada in pianura.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

AA.VV. - “GRASS GIS Reference Manual”, <http://grass.itc.it/manuals/> 2006.

Dragan, M., Feoli, E., Ferneti, M., Oriolo G. - “ *Metodi e processi per la definizione della Carta della Natura alla scala 1:250.000* “, Progetto Carta della Natura alla scala 1:250.000, APAT 2003, Roma.

Poldini L. - “*La suddivisione fitogeografica del Friuli-Venezia Giulia*”, Biogeographia – vol. XIII 1987, pp. 41-55.

Tucker C.J. - “*Red and Photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*”, Remote Sensing of Environment 8 1979, pp. 127-150.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., Harlan J.C. - “*Monitoring the vernal advancements and retrogradation (green-wave effect) of nature vegetation*”, NASA/GSFC Final Report 1974, Greenbelt, MD.