

**ANALISI DELLA PRESSIONE ANTROPICA SULLE COSTE  
ITALIANE MEDIANTE L'USO DEL CORINE LAND COVER  
E DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI (GIS)**

***Dr.ssa Valeria Mancini***

**Tutor: Dr. Attilio Colagrossi**

## **Indice**

1	L'analisi della pressione antropica sulle coste. Problematiche e possibili soluzioni ....	2
2	Gli strumenti utilizzati .....	5
2.1	GIS: ArcGis e GRASS .....	5
2.1.1	Generalità sui GIS .....	5
2.1.1.1	ESRI ArcGIS .....	19
2.1.1.2	GRASS .....	25
2.2	Il Corine Land Cover .....	28
3	Un approccio allo studio della pressione antropica sulle coste italiane .....	31
3.1	Outline dell'approccio adottato .....	31
3.2	Acquisizione dei dati .....	32
3.3	Elaborazione dei dati .....	35
3.4	Percentuali uso del suolo .....	39
4	Porting del sistema in GRASS .....	53
5	Conclusioni e sviluppi futuri .....	54
	Bibliografia.....	55
	Allegato A .....	56

# **1 L'analisi della pressione antropica sulle coste. Problematiche e possibili soluzioni**

Il Servizio *Difesa delle Coste* dell'APAT si propone di promuovere nuove metodologie per la programmazione, la progettazione e l'attuazione di interventi in materia di protezione delle coste dai fenomeni erosivi e dai rischi naturali; obiettivo finale è la costituzione di un sistema di raccolta dei dati (database) e di elaborazione delle informazioni (clima costiero, cartografia, linee di costa, batimetria, immagini aeree e da satellite, studi, opere costiere) necessario a produrre un'analisi a scala nazionale sullo stato delle coste.

Nell'ambito di questo programma, grande valenza ha assunto lo studio dell'*antropizzazione* delle coste. Per antropizzazione si intende quel processo di colonizzazione degli ambienti naturali da parte dell'uomo, con conseguente modifica e alterazione degli stessi.

Nell'ultimo secolo il sistema costiero Italiano ha assistito ad un fortissimo processo di antropizzazione (oltre 600 comuni con diciotto milioni di abitanti, pari al 30% della popolazione italiana, per una lunghezza complessiva di circa 7500 Km) che ha trasformato notevolmente le caratteristiche naturali ed ambientali del territorio.

Generalmente l'ambiente costiero è fortemente condizionato sia dall'azione antropica che da quella degli agenti naturali. La realizzazione delle grandi infrastrutture stradali e ferroviarie, che spesso corrono vicino alle spiagge, ed i numerosi processi di urbanizzazione che hanno portato all'espansione delle città costiere, hanno costituito il presupposto per la creazione, nella maggior parte di questi territori, di un insediamento costiero lineare. Nonostante questa costante aggressione, le nostre coste conservano ancora elementi di naturalità rilevanti, che devono essere conservati e valorizzati, costituiti da emergenze morfologiche e ambientali (parchi, foci dei fiumi, riserve...) che interrompono l'agglomerazione urbana lineare, pertanto si rende necessaria una netta inversione di tendenza sulle politiche di sviluppo dei centri urbani costieri che tenda a salvaguardare e valorizzare le poche aree ancora non edificate.

In tempi recenti sono stati effettuati numerosi interventi, anche onerosi, per la difesa della costa per fronteggiare l'erosione del mare di tratti di arenile con la realizzazione di scogliere di vario genere, ma i risultati sono stati spesso deludenti e comunque dannosi per

gli effetti indotti sui tratti di costa limitrofi. Attualmente sulle coste si possono osservare opere di difesa dei tipi più vari costruite per le più svariate esigenze, ma troppo spesso non sono il risultato di una progettazione oculata secondo una visione generale del problema, bensì sono realizzate solo per fronteggiare le necessità del momento. Oggi più che mai si rende necessario evitare interventi locali sulle aree in erosione che non rientrino nello studio generale di ampi tratti di costa con caratteristiche omogenee privilegiando il sistema del ripascimento artificiale delle spiagge in erosione come unica soluzione ecocompatibile al fenomeno, già sperimentata in Italia con risultati positivi.

Nel merito va comunque ricordato che spesso i problemi dell'erosione costiera vanno ricercati a monte della costa, negli interventi realizzati lungo i corsi d'acqua (briglie, canalizzazioni, dighe, ecc) che hanno ridotto pesantemente l'apporto solido al mare.

L'ambiente costiero rappresenta un sistema naturale assai complesso e strettamente connesso alla rete fluviale retrostante che con il suo apporto solido alimenta le spiagge, bilanciando l'azione distruttrice delle mareggiate. Negli ultimi decenni del secolo passato il degrado dell'ambiente costiero è esploso in tutta la sua gravità, su scala mondiale.

L'effetto più evidente è l'arretramento della linea di riva e l'instaurarsi dei fenomeni erosivi. Il naturale equilibrio di un settore di costa può essere notevolmente modificato dall'azione dell'uomo sia intervenendo sul trasporto solido dei corsi d'acqua e costruendo dighe lungo i fiumi, sia da una gestione sbagliata delle spiagge, con le opere costruite a difesa delle stesse quali pennelli, scogliere artificiali, altri sbarramenti, sia con l'eliminazione della flora delle dune e l'asportazione della posidonia, una pianta marina che in molti casi, funge proprio da difesa della sabbia, sia con la realizzazione di opere varie quali installazioni turistiche, moli, ecc. L'apporto di sedimento naturale dalla terraferma bloccato dall'attività edilizia sulle coste, ha provocato una forte alterazione degli equilibri naturali del sistema ambientale costiero. Intere popolazioni di uccelli marini e di molluschi sono totalmente scomparsi per l'alterazione del loro habitat naturale nel quale vivevano e si riproducevano. In Italia ci sono spiagge che arretrano anche di metri con un processo rapido e di vasta portata. Circa il 45% delle coste italiane oggi è minacciata da un progressivo degrado che si evidenzia in massima parte con una forte erosione degli arenili. Allo stato attuale lo sfruttamento sempre più intenso delle risorse di tale ambiente causa sempre più frequenti esempi di destabilizzazione, tanto che sono sempre più numerosi gli interventi necessari per la salvaguardia di questo delicato settore.

L'equilibrio di una costa è di tipo dinamico, poiché dipende dalle interazioni di terra, mare e atmosfera (venti), ed è soggetto a continue variazioni in seguito al mutare dei fattori naturali che ne presiedono l'esistenza (azione del moto ondoso, apporto solido dei fiumi, ecc.).

Sempre più la fascia costiera viene utilizzata come se fosse un bene inesauribile e indistruttibile sul quale gravare con un numero illimitato di opere, senza nessuna conseguenza. Questo delicato settore, infatti, è stato aggredito a tappe successive, senza curarsi del suo futuro, invece di amministrarlo come un bene prezioso che doveva durare nel tempo per permettere una migliore resa economica.

Per agevolare un costante monitoraggio dello stato di *antropizzazione* delle coste italiane si è voluto elaborare uno strumento informatico che aiuti a rilevarne la situazione attuale e a tenerne sotto costante controllo l'evoluzione nel tempo. Di questo si tratterà in questo elaborato.

Attraverso gli attuali Sistemi Informativi Geografici (GIS), è possibile progettare modelli di integrazione di dati provenienti da diverse fonti, per giungere ad una conoscenza su larga scala degli effetti delle varie problematiche ambientali, tra cui anche la pressione antropica, giungendo ad una quantificazione numerica e in termini di percentuali, dei reali effetti negativi di questi processi e del loro impatto ambientale.

Precedentemente si è proceduto, tramite questi sistemi, ad un primo approccio alla tematica dell'antropizzazione costiera, attraverso studi relativi a singole zone (a livello regionale), prendendo in considerazione i comuni rientranti in una fascia di 5 Km dalla linea di costa verso l'entroterra. Tali ricerche hanno dato esiti interessanti nella direzione di una costruzione di modelli dati atti a monitorare la situazione dei tratti costieri interessati, spingendo gli autori dei nuovi studi, ad allargare lo spettro di ricerca e ad applicare tali metodologie a territori più vasti.

A partire pertanto dalle procedure utilizzate fino ad ora, si è proceduto estendendo l'analisi fatta in precedenza solo a livello regionale, a tutto il territorio costiero Nazionale allargando altresì l'ampiezza della fascia costiera da 5 a 10 Km ottenendo una serie di dati e informazioni relativi ad un numero più elevato di comuni.

## **2 Gli strumenti utilizzati**

Nell'ambito di questo lavoro si è ricorso a sistemi software GIS di ultima generazione per trattare una base dati derivante dal CORINE LAND COVER.

### **2.1 GIS: ArcGis e GRASS**

#### **2.1.1 Generalità sui GIS**

*I Sistemi Informativi Geografici (GIS) sono sistemi informatizzati per l'acquisizione, la memorizzazione, il controllo, l'integrazione, l'elaborazione e la rappresentazione di dati spazialmente riferiti alla superficie terrestre<sup>1</sup>.*

La tecnologia GIS integra in un unico ambiente le più comuni operazioni legate all'uso di database (interrogazioni, analisi statistiche) con i benefici dell'analisi geografica consentita dalle mappe cartografiche. Questa particolarità fa del GIS un potente strumento utilizzabile da molteplici operatori privati e pubblici per pianificare eventi, predire risultati e definire strategie.

Un GIS consente di creare mappe, integrare informazioni, visualizzare scenari, risolvere complessi problemi e sviluppare effettive soluzioni esprimibili sia in forma cartografica che in forma quali-quantitativa.

#### **Componenti di un GIS**

Il GIS integra cinque componenti di base essenziali: hardware, software, dati, persone e metodologie (Figura 1).

---

<sup>1</sup> Arnaud et al., 1993



Figura 1. Componenti di un GIS (Fonte: provincia di Brescia)

L'**hardware** è l'insieme dei computer con il quale il GIS opera. Attualmente un sistema GIS può operare su una vasta gamma di tipologie di computer, da un computer centralizzato a stazioni di lavoro isolate o collegate in rete.

I **software** GIS attualmente in commercio sono molti e supportano operazioni su dati spazialmente referenziati disponendo di funzioni e strumenti necessari a raccogliere, analizzare e visualizzare le informazioni geografiche.

Essi sono costituiti dai seguenti elementi fondamentali:

- ◇ strumenti per l'input e gestione degli elementi geografici
- ◇ un database relazionale (RDBMS)
- ◇ strumenti che supportano interrogazioni, analisi e visualizzazioni
- ◇ interfaccia utente grafica (GUI) per consentire un facile utilizzo anche da parte di utenti non esperti.

I **dati** rivestono fondamentale importanza nel GIS. I dati geografici e le tabelle descrittive associate possono essere realizzati ad hoc o acquisiti da organizzazioni commerciali. Il GIS può integrare i dati spaziali con fonti diverse tramite l'uso di database relazionali.

I dati sono digitalizzati e resi disponibili direttamente oppure devono subire elaborazioni prima di essere immessi nel sistema. I dati digitalizzati possono essere

memorizzati in formato *raster* oppure *vettoriale* a seconda del tipo di oggetto rilevato da restituire; a questi possono essere aggiunte o associate informazioni alfanumeriche.

Le **persone** ovvero i progettisti e gli utilizzatori: un GIS non avrebbe senso o avrebbe un effetto limitato se non ci fossero da una parte, le persone che progettano l'integrazione dei dati, organizzano il sistema e sviluppano i piani d'applicazione indirizzandoli alle finalità pratiche da raggiungere, e dall'altra gli utilizzatori

### **Come lavora un GIS**

Mediante operazioni di analisi spaziale, partendo dalle informazioni esistenti in un database geografico, è possibile creare nuovi livelli informativi associando i dati in maniera da identificare relazioni altrimenti non chiaramente visibili; tipico esempio sono le analisi effettuate con la semplice sovrapposizione di più livelli informativi (*overlay*) come l'uso del suolo ed i dati catastali, allo scopo di identificare, per ogni proprietà (particella catastale) la tipologia di uso del suolo.

Quindi un GIS memorizza le informazioni geografiche come una collezione di *layers* (strati) tematici che possono essere tra loro relazionati tramite collegamento e sovrapposizione geografica (Figura 2): questo semplice ma estremamente potente e versatile concetto è applicato per risolvere diversi problemi reali quali ottimizzazione di percorsi, applicazioni di pianificazione urbanistica, modelli di circolazione atmosferica, ecc.





Figura 2. Layers tematici (Fonte: provincia di Brescia)

### Riferimenti geografici

L'informazione geografica può essere espressa mediante il riferimento esplicito geografico (latitudine e longitudine oppure altri sistemi di riferimento con coordinate cartesiane) o con riferimento implicito quale un indirizzo, un codice postale, un censimento catastale.

Un processo automatico chiamato geocodifica viene utilizzato per creare un esplicito riferimento geografico (localizzazione multipla) da un implicito riferimento (descrizione per indirizzi). Questi riferimenti geografici aiutano a localizzare gli elementi nei diversi applicativi di analisi.

### Modello dei dati

Allo scopo di rappresentare e gestire le informazioni spaziali mediante un GIS, è necessario utilizzare una rappresentazione dei dati che sia sganciata dalla realtà fisica, o che in ogni modo sia un'elaborazione mirata all'utilizzo che di volta in volta bisogna farne.

Lo scopo viene raggiunto definendo un modello dei dati che sia abbastanza ampio da accogliere al suo interno tutti gli oggetti che esistono nel mondo fisico (aree, linee, punti, quote, ecc.) e che sia sufficientemente elastico da permettere di adattarlo a tutte le combinazioni che effettivamente si possono riscontrare nella realtà.

Rispetto ad una rappresentazione puramente geometrica degli oggetti presenti nella realtà, ad un GIS è richiesto di mantenere e gestire tutte le informazioni che riguardano le mutue relazioni spaziali tra i diversi elementi come la connessione, l'adiacenza o l'inclusione, cioè di strutturare i dati definendone anche la topologia. Oltre a questi due aspetti geometrici e topologici il modello dei dati, per essere efficace, deve prevedere l'inserimento al suo interno dei dati descrittivi dei singoli oggetti reali, definibili come attributi.

Questi tre insiemi di informazioni (geometria, topologia, attributi) vengono poi effettivamente implementati in un GIS mediante uno specifico modello fisico, che oggi si basa su strutture dei dati di tipo relazionale, tipiche dei database più evoluti e su architetture *hardware* e *software* di tipo *client/server*, tipicamente in reti locali di elaboratori.

### **Struttura ed organizzazione dei dati**

I dati, all'interno di un GIS, sono memorizzati sotto diverse forme, spesso proprietarie; allo scopo di permettere il dialogo ed il loro trasferimento tra i diversi sistemi di elaborazione utilizzabili, sono stati definiti dei formati di trasferimento ed interfaccia.

### **Dati Vettoriali e Raster**

Il GIS lavora con due fondamentali differenti tipi di modelli geografici: il modello *vettoriale* ed il modello *raster*, con i rispettivi dati (Figura 3).

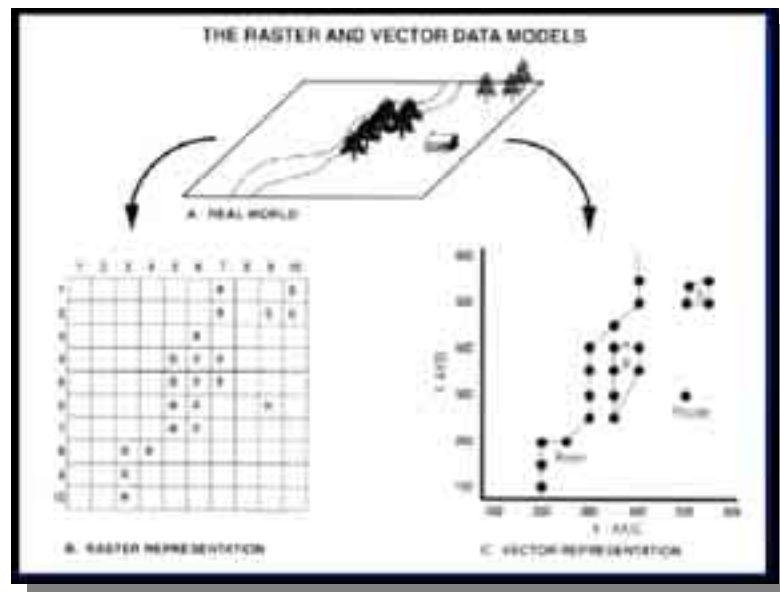


Figura 3. Differenza tra modello vettoriale e raster (Fonte: pasture.ecn.purdue.edu)

Nel modello **vettoriale** i dati, codificati in punti, linee e poligoni, sono memorizzati sotto forma di coordinate x, y (Figura 4). La localizzazione di un elemento puntuale, es. una fermata del bus, può essere descritta come una singola coppia di coordinate x, y. Gli elementi lineari, ad esempio una strada o il corso di un fiume, possono essere memorizzati come una sequenza di coordinate puntuali. Gli elementi poligonali, ad esempio un territorio comunale, una superficie boscata, possono essere memorizzati come un anello chiuso di coordinate. Il modello vettoriale è funzionale alla descrizione di elementi conclusi (con propria dimensione e spazio geografico), ma meno pratico per descrivere informazioni che variano continuamente, come ad esempio la morfologia di un suolo.

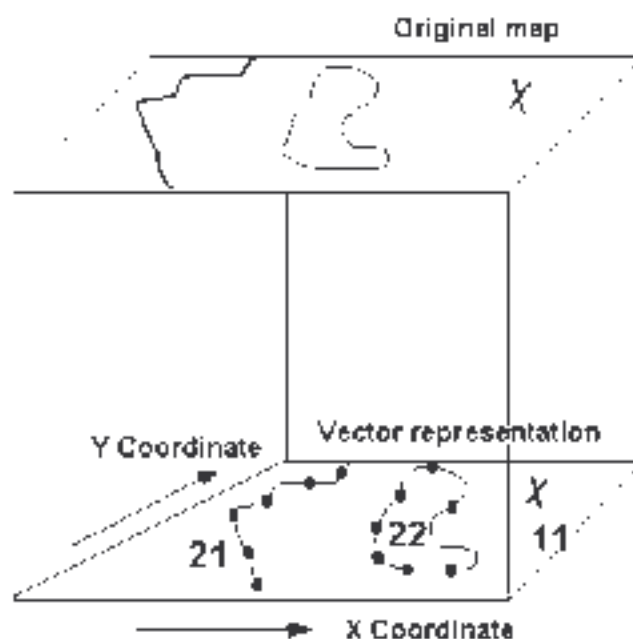


Figura 4. Modello vettoriale (Fonte: [www.unescap.org](http://www.unescap.org))

Tipici dati memorizzati in formato vettoriale sono quelli che provengono dalla digitalizzazione di mappe, dai rilievi topografici con strumenti di campagna, dai CAD, dai GPS (*Global Positioning System*), ed i relativi standard di trasferimento più comuni sono il formato DXF e l'IGES; più specificatamente per la cartografia esistono l'NTF e DIGEST. Infine, è opportuno ricordare i formati propri degli ambienti ESRI ArcInfo ed ArcView, utilizzati nel corso di questo lavoro: si tratta delle Coverages (in grado di gestire nella medesima struttura informatica punti, linee e poligoni con relativi attributi) e dei più semplici Shapefiles (.shp).

Per i diversi formati di trasferimento dei dati esistono, nei sistemi GIS più completi, programmi che consentono di convertire da e verso i formati più diffusi. E' necessario dire che i dati vettoriali GIS sono sempre accompagnati da informazioni topologiche, e che quindi la conversione tra i due formati deve seguire procedure particolari.

Il modello **raster** risulta invece idoneo per la rappresentazione di elementi continui: i dati vengono memorizzati tramite la creazione di una griglia regolare in cui ad ogni cella (assimilabile ad un *pixel*) è assegnato un valore alfanumerico che ne rappresenta un attributo (Figura 5).

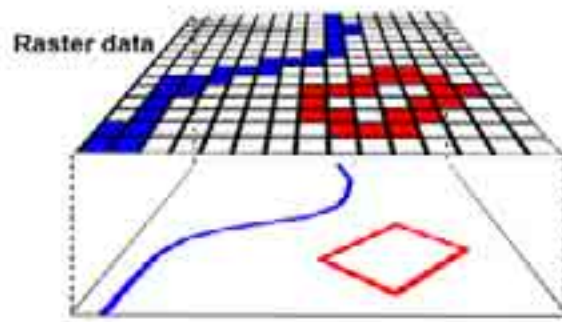


Figura 5. Modello raster (Fonte: [www.macavsat.org](http://www.macavsat.org))

I valori assegnati alle celle possono rappresentare sia singoli fenomeni naturali od antropici (temperatura, uso del suolo, ecc), sia il risultato della combinazione di più informazioni attraverso metodologie d'analisi (ad esempio: la risultante, per ogni cella, della combinazione di temperatura, direzione del vento, tipo di copertura vegetale) o anche semplicemente attributi grafici come la tonalità di grigio od il colore. E' questo il tipico formato di memorizzazione dei dati in un DEM (*Digital Elevation Model* – Modello Digitale delle Elevazioni): ad ogni cella della matrice *raster* viene assegnato un valore di tono di grigio (da 0 a 255) stante ad indicare il valore di quota relativo al punto. Nella visualizzazione dell'immagine, più scuro apparirà il tono di grigio e minore sarà il valore di quota associato.

Più in generale, tipici dati raster sono quelli generati dagli *scanner* e dai programmi di trattamento immagini come quelli utilizzati per le immagini da satellite.

Nel caso di dati memorizzati in formato raster, rispetto al formato vettoriale (Figura 6), entrano in gioco tre fattori caratteristici:

- Risoluzione
- Compressione
- Registrazione

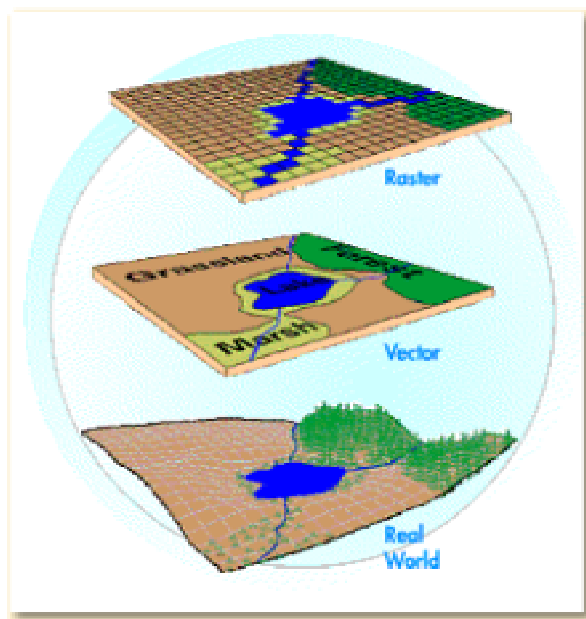


Figura 6. Rappresentazione degli elementi reali attraverso simbologia raster e vettoriale (Fonte: ESRI Italia)

**Risoluzione:** dipende dalla fonte dei dati; nel caso di immagini raster ottenute da *scanner* parleremo di risoluzioni nell'ordine di centinaia di *dpi* (*dots per inch* – punti per pollice) e quindi di risoluzione generalmente molto alta.

**Compressione:** è la possibilità di comprimere i dati raster (generalmente essi richiedono da cento a mille volte più spazio di quelli vettoriali) per renderli più maneggevoli. Una tecnica di compressione consiste nel memorizzare il numero dei *pixel* uguali invece di memorizzarli in sequenza. Ad esempio, considerata una figura in bianco (B) e nero (N), invece che rappresentare la prima riga di un foglio con BBBBBBBBNNNNBNNNNNNNNNNNBBBBBB, si memorizza come 7B3N1B10N5B. Il vantaggio ottenuto nella memorizzazione viene chiaramente stemperato dai tempi di compressione e decompressione del dato.

**Registrazione:** si intendono con ciò, le tecniche necessarie a georeferenziare e raddrizzare le immagini raster. Infatti le foto aeree e le immagini da satellite, oltre a dover essere posizionate correttamente (facendo collimare le coordinate dei punti noti a terra con quelle degli oggetti presenti nell'immagine), devono anche essere ortorettificate cioè riproiettate tenendo conto della morfologia del terreno.

## Integrazione di dati raster e vettoriali

Nel modello dei dati di un GIS, i dati vettoriali e i dati raster coesistono integrandosi, e sono generalmente usati i primi per dati discreti e i secondi per dati continui (ad esempio, rete viaria vettoriale derivata dalla cartografia per i primi e umidità al suolo derivata da immagini da satellite per i secondi). Inoltre, sono disponibili programmi in grado di convertire in modo più o meno automatico dati raster in vettoriali e viceversa, anche se generalmente con risultati discutibili.

Entrambi i tipi di dati possono essere associati ad attributi: per i primi saranno legati alle primitive grafiche e agli oggetti, per i secondi ai singoli *pixel* (Figura 7).

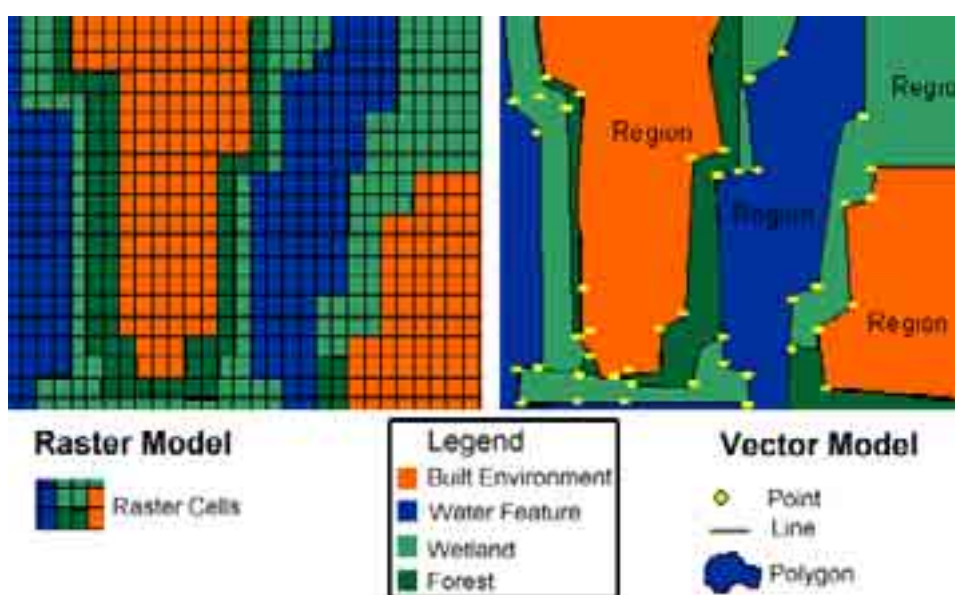


Figura 7. Esempio di modelli raster e vettoriale (Fonte: [www.csc.noaa.gov](http://www.csc.noaa.gov))

## I modelli tridimensionali

Un'altra importante caratteristica del modello dati di un GIS è la capacità di gestire oggetti tridimensionali.

I modelli tridimensionali vengono generati in due modi:

1. quando si dispone di un insieme sparso di elementi quotati si utilizza generalmente un algoritmo che crea un TIN (*Triangulated Irregular Network*), costruendo una rete di triangoli i cui vertici sono costituiti dai punti di cui si conoscono le tre coordinate;
2. se si dispone invece di un insieme di punti quotati ordinati in griglie a passo regolare è possibile generare un GRID.

A partire da un TIN o da un GRID è possibile interpolare curve di livello, effettuare analisi di visibilità, generare profili longitudinali, effettuare analisi di pendenza e di esposizione, generare viste 3D, ecc. Soprattutto è possibile calcolare lunghezze reali (non ridotte sul piano) ed andamenti altimetrici di qualsiasi tipo d'infrastruttura a rete.

### **Gli attributi**

Gli elementi più importanti del modello dati di un GIS rimangono in ogni caso gli attributi. Infatti, se un'applicazione per cartografia ha come obiettivo principale quello di riprodurre su carta le caratteristiche fisiche, un GIS ha come fondamento metodologico l'analisi e l'elaborazione relazionata dei dati contenuti al suo interno.

Gli attributi, che possono risiedere anche su più sistemi ed essere aggiornati da molti applicativi, sono in genere memorizzati su dei *database* relazionali ed interrogabili mediante linguaggi di tipo SQL (*Structured Query Language*).

### **Operazioni GIS**

In termini generali i GIS consentono di svolgere le seguenti operazioni:

- Input
- Manipolazione-Gestione
- Interrogazione ed analisi
- Visualizzazione

**Input** - Per essere utilizzati all'interno di un GIS i dati devono essere rappresentati in formato digitale.

Il processo di conversione dalle carte su supporto cartaceo in strutture elementari di dati è chiamato digitalizzazione (digitizing). Si può procedere alla digitalizzazione usando il cosiddetto tavolo digitalizzatore, oppure utilizzare la tecnologia della scansione e digitalizzare direttamente a video.

**Manipolazione** - Spesso i dati necessari a svolgere un determinato progetto GIS devono essere trasformati o manipolati per essere compatibili con il proprio sistema di riferimento geografico, infatti in genere le informazioni possiedono scale diverse, grado di dettaglio e accuratezza vari (es. particelle catastali a livello di isolato, assi stradali a scala comunale, limiti comunali a scala provinciale).



**Gestione** - Per piccoli GIS potrebbe essere sufficiente memorizzare le informazioni geografiche in semplici files. Tuttavia, quando il volume dei dati comincia a crescere e soprattutto quando gli utenti sono molteplici, appare logico utilizzare un database (DBMS) esterno per memorizzare, gestire e organizzare i dati.

[illegible]

**Query ed analisi** - Le informazioni geografiche e le funzionalità espresse dalla tecnologia GIS consentono di effettuare al sistema semplici domande del tipo:

- 16

Oppure domande più complesse:

- Quali sono i siti più indicati per edificare nuove case?
- Quale è il tipo di suolo prevalente nel territorio provinciale?
- Quali sono i boschi siti in luoghi con pendenza rilevante?

Il GIS consente sia di effettuare delle semplici query interattive (point-and-click) sia di compiere sofisticate analisi legate ai contenuti propri di specifiche discipline territoriali. In particolare due sono le funzionalità più rilevanti:

#### *Proximity Analysis*

- Quante sono le case situate nei pressi di 1.000 metri dalla condotta principale dell'acqua?
- Quanti sono gli abitanti serviti nel raggio di 600 metri dalla fermata dell'autobus?

Il problema è riconducibile alla determinazione di aree di rispetto intorno a specifici elementi geografici (Figura 9), ad esempio linee elettriche, fiumi, ripetitori di onde elettromagnetiche etc. questo è possibile grazie alle funzioni di *buffering*, in grado di creare un'area di rispetto intorno agli elementi geografici che sono presenti nel database.



Figura 9. Un esempio di *buffer*

La possibilità di modulare questa operazione secondo le necessità dell'operatore dà modo di risolvere, con pochi passaggi, problemi altrimenti difficilmente risolvibili; ad esempio la capacità di effettuare *buffering asimmetrici* rispetto ai due lati di un elemento lineare oppure di effettuare un *buffering parametrizzato* a seconda delle caratteristiche dell'elemento: ad esempio per creare fasce di rispetto intorno alle linee elettriche, si può usare come parametro discriminante la tensione di esercizio, creando fasce maggiori per tensioni maggiori della linea.

### Overlay Analysis

La integrazione di differenti strati informativi implica l'uso di un processo chiamato overlay. Probabilmente le funzioni di *overlay* sono state le prime ad essere implementate in un GIS, e rimangono ancora oggi le funzioni di base in questi sistemi.

L'overlay può sembrare una semplice operazione di visualizzazione ma in realtà, dal punto di vista analitico, si tratta di collegare tra loro informazioni utilizzando sia considerazioni geometriche che quantitative. Tale metodologia consente di combinare ad esempio la litologia, l'uso del suolo e la pendenza al fine di definire suoli più o meno propensi al dissesto.

Le sovrapposizioni possono essere suddivise in tre categorie principali: punti su poligoni, linee su poligoni e poligoni su poligoni (Figura 10); comune a tutte le operazioni di *overlay* è che almeno uno dei due tematismi considerati sia di tipo areale.

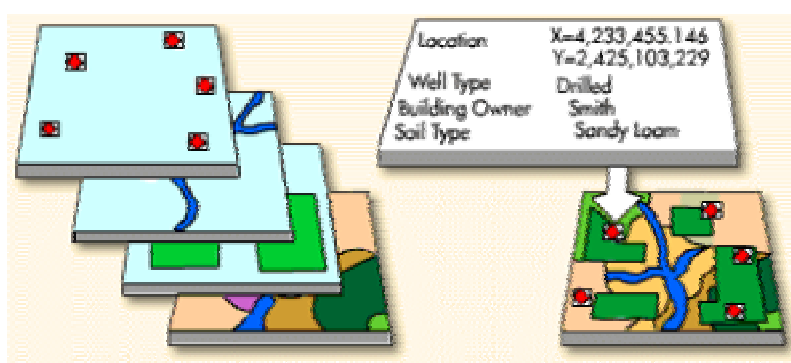


Figura 10. Overlay (Fonte: provincia di Brescia)

**Visualizzazione** - Molte operazioni geografiche hanno come obiettivo finale la stampa di mappe o grafici. Le mappe sono infatti uno strumento estremamente efficiente per mostrare le informazioni geografiche. Gli strumenti compresi in un GIS consentono una nuova creatività ed estendono le capacità descrittive e comunicative della cartografia.

Il mercato offre una gran varietà di prodotti GIS, in questo lavoro ne sono stati utilizzati e messi a confronto due: la famiglia di prodotti ArcGis della ESRI (Environmental Systems Research Institute) ed il GIS open source GRASS.

### **2.1.1.1 ESRI ArcGIS**

Inizialmente le elaborazioni dei dati e delle informazioni territoriali, per quanto riguarda i layers informativi vettoriali, sono state eseguite in ambiente ArcGIS. Si tratta di una *suite* le cui funzionalità sono finalizzate alla gestione, creazione, integrazione, analisi e distribuzione di tutti i tipi di dati geografici.

ArcGIS utilizza un modello di dati “intelligente” per la rappresentazione geografica e fornisce gli strumenti necessari per creare ed utilizzare dati geografici, come ad esempio la modifica, la correzione e la gestione dei dati, la produzione di mappe, le analisi geografiche.

Tale modello può essere applicato in campi quali la gestione di reti tecnologiche, la pianificazione ambientale, l'organizzazione dei trasporti e la difesa militare.

### **L'architettura ArcGIS**

ArcGIS supporta un'implementazione del modello dati per i file (file-based) e per i DBMS (Geodatabase). I modelli file-based comprendono set di dati GIS quali coperture, shapefile, grid, immagini e reti irregolari triangolari (TIN). Il modello geodatabase gestisce il medesimo tipo di informazioni geografiche in un DBMS, garantendo le funzionalità di gestione dei dati propri dei DBMS. I modelli file-based insieme al modello geodatabase, basato su DBMS, definiscono un modello generico per le informazioni geografiche. Quest'ultimo può essere utilizzato per la definizione e l'utilizzo di una vasta gamma di differenti modelli specifici per l'utente o per le applicazioni.

ArcGIS estende il modello dati georelazionale, basato sulla caratterizzazione di elementi grafici semplici (punti, linee e poligoni) attraverso informazioni alfanumeriche ad un modello dati ad oggetti (geo-object). Questo modello aggiunge agli elementi grafici del

modello georelazionale anche regole di comportamento e metodi, consentendo alle applicazioni di operare direttamente con gli oggetti presenti sul territorio (strade, ponti, particelle catastali, ecc.).

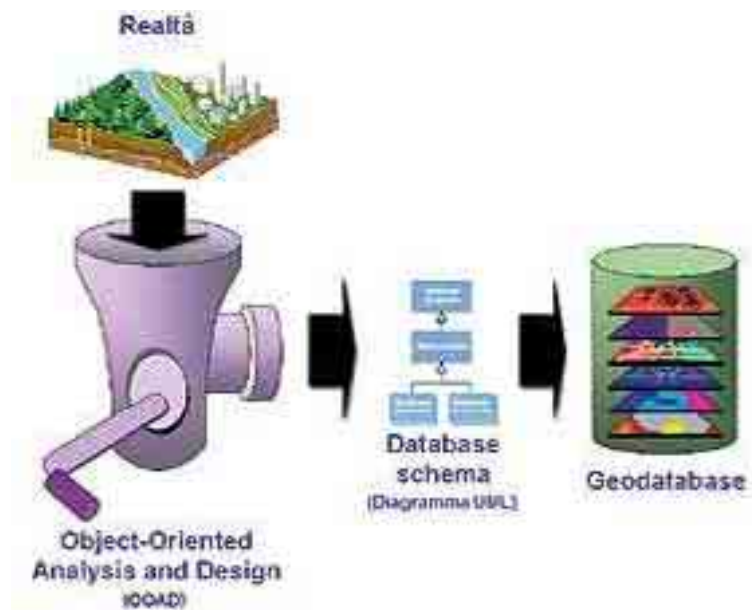


Figura 11. Geodatabase (Fonte: ESRI Italia)

Il Geodatabase, modello dati orientato agli oggetti (Figura 11), rappresenta un'evoluzione dei modelli dati di tipo georelazionale, la coverage e lo shapefile, e si presenta come un contenitore unico per le diverse tipologie di dato geografico. In un Geodatabase possono essere memorizzati i seguenti dati: vettoriali, raster, indirizzi, regole e relazioni, topologia, network; 3D (TIN), CAD e tabelle.

La principale peculiarità di questo modello dati object-oriented è quella di porre l'utente GIS di fronte a concetti più semplici ed intuitivi; oltre ad oggetti GIS "classici" quali punti, linee e poligoni, l'utente si troverà quindi a lavorare con oggetti che sono dirette modellizzazioni della realtà, quali particelle catastali, edifici, semafori.

ArcGIS è composto da tre applicativi principali: ArcMap, ArcCatalog ed ArcToolbox (Figura 12). Utilizzando queste applicazioni è possibile svolgere operazioni quali l'analisi geografica, la gestione, l'editing, l'elaborazione di dati territoriali nonché la produzione cartografica.

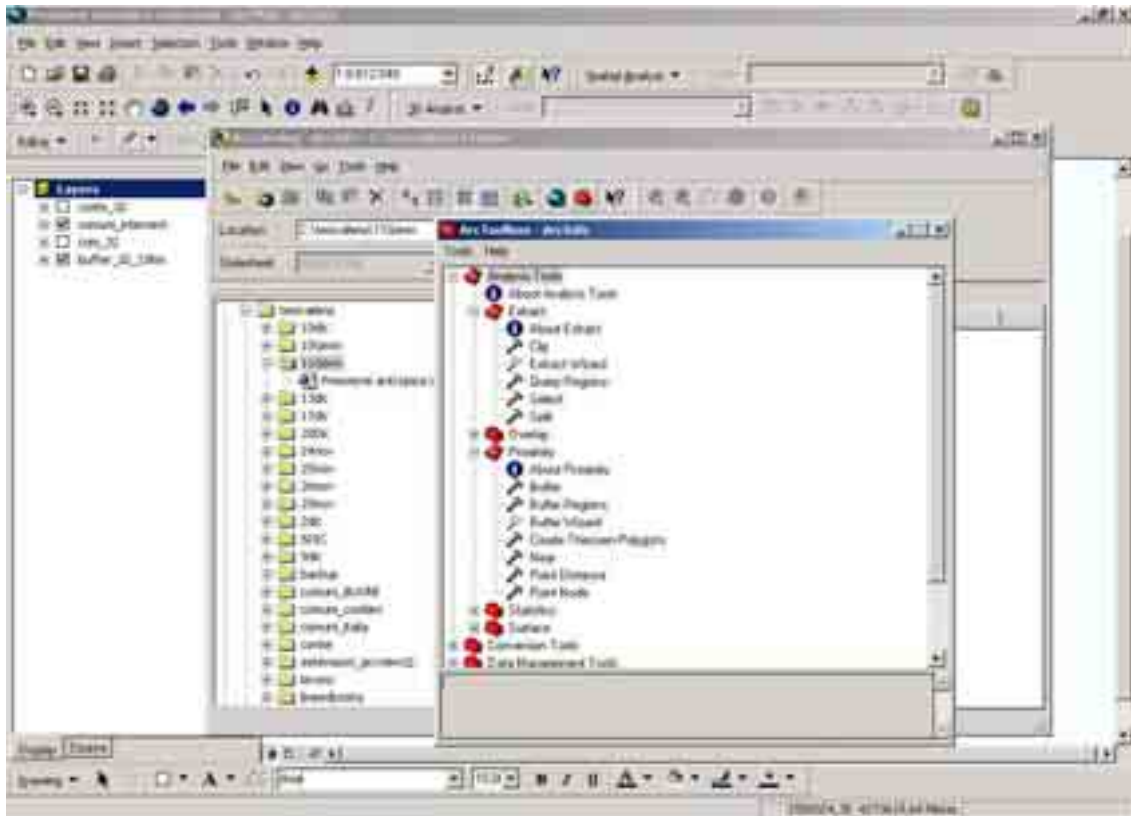


Figura 12. Le tre applicazioni integrate di ArcGIS

## ArcMap

E' l'applicazione utilizzata per i lavori basati sulle mappe come la produzione cartografica, le analisi di mappe, l'interrogazione e l'editing. Le mappe hanno un layout che contiene una finestra geografica, o vista, con una serie di layer, legende, scale, simbologia per l'orientamento e altri elementi (Figura 13).

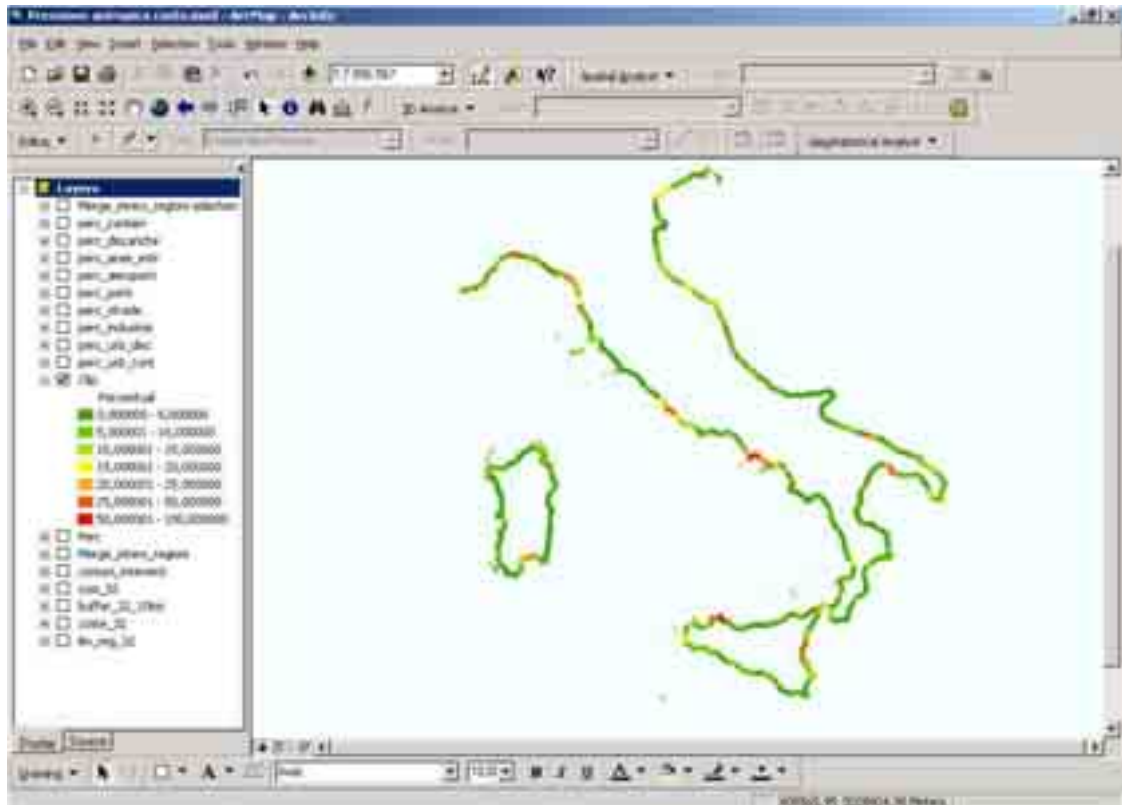


Figura 13. Maschera di visualizzazione di ArcMap

# ArcCatalog

ArcCatalog facilita l'organizzazione e la gestione dei dati. Include strumenti che consentono di sfogliare e cercare le informazioni geografiche, registrare e visualizzare i metadati, visualizzare velocemente ogni set di dati e definire lo schema strutturale per il proprio livello di dati geografici, permettendo la creazione di entità quali feature class (linee, punti, poligoni), tabelle, relazioni, domini, ecc. (Figura 14).

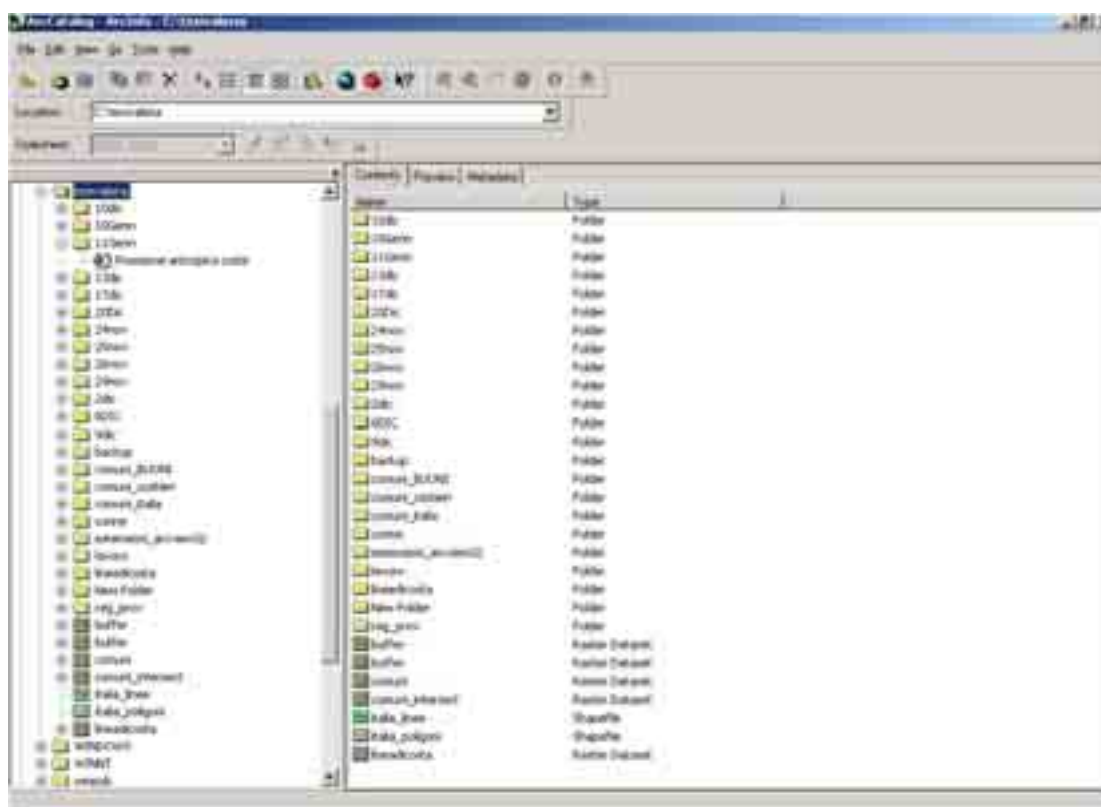


Figura 14. Maschera di visualizzazione di ArcCatalog



## ArcToolbox

E' un'applicazione che contiene strumenti per l'elaborazione, la conversione ed il geoprocessing (come overlay, buffer) dei dati geografici (Figura 15).



Figura 15. Maschera di visualizzazione di ArcToolbox

### 2.1.1.2 GRASS

In seguito lo stesso studio è stato svolto in GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) che, come già accennato prima, è un GIS "open source" utilizzato per la gestione, elaborazione, modellamento spaziale e visualizzazione di molti tipi di dati.

Scritto, sviluppato, gestito e diffuso nei primi anni 80 da ricercatori presso l'U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (USA-CERL), sezione dell'US Army Corp of Engineers, come strumento per la gestione del territorio e la pianificazione ambientale per scopi militari, GRASS si è evoluto divenendo rapidamente un potente strumento in un ampio campo di applicazioni in molte differenti aree della ricerca scientifica. GRASS è attualmente utilizzato in tutto il mondo in ambienti accademici e commerciali, in molti settori governativi e in molte compagnie di consulenza ambientale.

Anche se originariamente pensato per il supporto alla pianificazione territoriale, sono stati successivamente implementati e resi disponibili moduli aggiuntivi utilizzabili nel campo dell'ingegneria, dell'idrologia, della geologia, della fisica, del telerilevamento, del geomarketing ed altri.




A partire dal 2001 il "GRASS Development Team" ha la sua sede presso l'Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (ITC-irst) di Trento.

GRASS, scritto principalmente in C, con alcuni moduli in FORTRAN, è stato sviluppato su piattaforme UNIX (o similari).

Le principali caratteristiche di GRASS comprendono:

- strumenti avanzati di analisi raster e di elaborazione di immagini,
- tool grafico per la digitalizzazione di immagini vettoriali,
- moduli di import / export nei più comuni formati GIS,
- strumenti SQL-based per la gestione degli attributi,
- supporto per i formati geometrici PostgreSQL/PostGIS,
- possibilità di utilizzo diretto da MapServer dei dati GRASS.

Il sistema è organizzato su tre livelli:

-  core,
-  moduli,
-  interfaccia grafica

GRASS consente di operare efficacemente sia con dati raster che vettoriali attraverso moltissimi moduli in esso disponibili: si presta particolarmente bene alla gestione ed al processamento di immagini sia aeree che satellitali.

I moduli sono organizzati per gruppi:

- d.\* comandi per la gestione del display grafico;
- g.\* comandi per la gestione dei file;
- i.\* comandi per il processamento di immagini;
- r.\* comandi per l'elaborazione di dati in formato raster;
- v.\* comandi per l'elaborazione di dati in formato vettoriale;
- s.\* comandi per l'elaborazione di dati puntuali;
- m.\* altri comandi;
- p.\*/ps.\* comandi per la creazione e gestione di file postscript per la stampa di mappe.

Il tipo di comando è indicato dalla prima lettera (ad es. i comandi che cominciano con la lettera r, come r.buffer, eseguono operazioni su elaborati raster, quelli che iniziano con g, come g.list, sono comandi di tipo generale, ecc.).

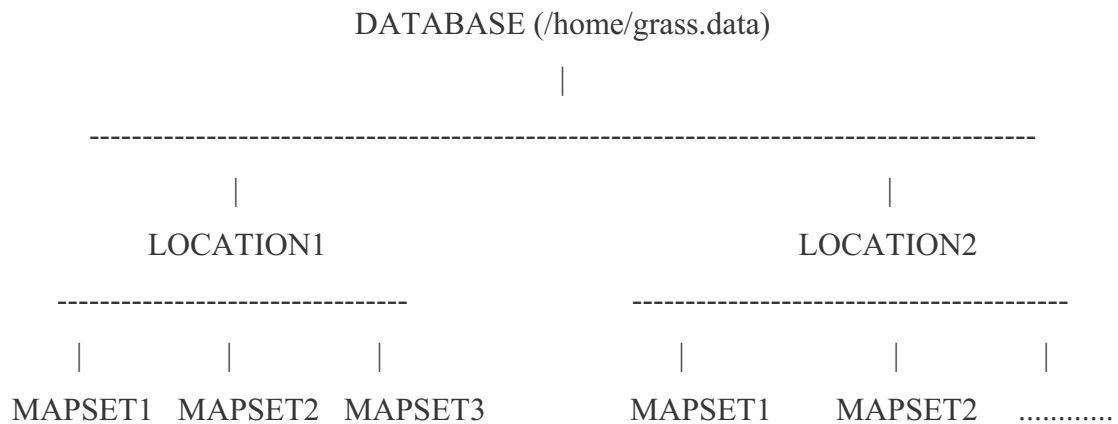
Il sistema è in grado di gestire dati sia in formato vettoriale che raster: è possibile scambiare dati con altri sistemi GIS nei formati raster (TIFF, gif, IMG, ASCII, ARC/GRID, ecc.) e vettoriali (DXF, ESRI-E00, ESRI-SHAPE, ASCII, MapInfo) più diffusi.

### **Organizzazione dei dati**

In GRASS i dati sono contenuti in un direttorio Unix definito DATABASE (che potrebbe essere ad esempio costituito dal direttorio /home/grass.data).

Il DATABASE è suddiviso in sottodirettori definiti LOCATIONS. Ciascuna LOCATION rappresenta un DATABASE indipendente la cui denominazione viene definita dall'utente.

Ciascuna LOCATION è a sua volta suddivisa in sottodirettori definiti MAPSETS:



Questa ulteriore suddivisione può essere utilizzata per separare i diversi tematismi all'interno di una stessa LOCATION.

Un criterio per definire la suddivisione di un DATABASE in LOCATIONS potrebbe essere ad esempio quello geografico. Pertanto uno studio condotto sull'intero territorio italiano, potrebbe avere le LOCATIONS rappresentate dalle diverse Regioni italiane e per ogni Regione potrebbe risultare utile destinare alle caratteristiche altimetriche, vegetazionali o idrografiche specifici MAPSETS

## 2.2 Il Corine Land Cover

Dal 1985 al 1990 la Commissione Europea ha realizzato il Programma CORINE (Coordination of Information on the Environment) con lo scopo principale di ottenere informazioni ambientali armonizzate e coordinate a livello europeo. Il Programma CORINE, oltre a raccogliere i dati geografici di base in forma armonizzata (coste, limiti amministrativi nazionali, industrie, reti di trasporto ecc.), prevede l'analisi dei più importanti parametri ambientali quali la copertura e uso del suolo (CORINE Land cover), emissioni in atmosfera (Corineair), la definizione e l'estensione degli ambienti naturali (CORINE Biotopes), la mappatura dei rischi d'erosione dei suoli (CORINE Erosion).

Il Corine Land Cover (CLC) è un progetto integrante del Programma CORINE specificamente destinato al rilevamento e al monitoraggio, ad una scala compatibile con le necessità comunitarie, delle caratteristiche del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela. Obiettivo del CLC è quello di fornire informazioni sulla copertura del suolo e sui cambiamenti nel tempo. Le informazioni sono comparabili ed omogenee per tutti i paesi aderenti al progetto.

La cartografia della copertura del suolo fa riferimento ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano e sufficientemente stabili per essere destinate al rilevamento di informazioni più dettagliate. Tale cartografia è alla scala di 1:100.000, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici il primo dei quali comprende 5 classi generali che abbracciano le maggiori categorie di copertura sul pianeta (territori modellati artificialmente, territori agricoli, territori boscati e ambienti seminaturali, zone umide, corpi idrici), il secondo 15 e il terzo 44, con voci più dettagliate (Tabella 1). In Allegato A viene riportata la descrizione completa delle voci della classificazione.

La legenda, proposta come immutabile per ragioni di omogeneità a livello europeo, può essere integrata da successivi livelli di approfondimento desiderati dagli esecutori, i cui dati pertanto non devono figurare a livello comunitario.

LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3
1 Territori modellati artificialmente	1.1 Tessuto urbano	1.1.1 Tessuto urbano continuo
		1.1.2 Tessuto urbano discontinuo
	1.2 Unità industriali commerciali e di trasporto	1.2.1 Unità industriali o commerciali
		1.2.2 Reti di strade e binari e territori associati
		1.2.3 Aree portuali
		1.2.4 Aeroporti
	1.3 Miniere, discariche e luoghi di costruzione	1.3.1 Luoghi di estrazioni di minerali
		1.3.2 Discariche
		1.3.3 Luoghi di costruzione
	1.4 Aree con vegetazione artificiale	1.4.1 Aree di verde urbano
		1.4.2 Strutture di sport e tempo libero
2 Territori agricoli	2.1 Seminativi	2.1.1 Seminativi non irrigati
		2.1.2 Suolo permanentemente irrigato
		2.1.3 Risaie
	2.2 Colture permanenti	2.2.1 Vigneti
		2.2.2 Frutteti e frutti minori
		2.2.3 Oliveti
	2.3 Pascoli	2.3.1 Pascoli
	2.4 Aree agricole eterogenee	2.4.1 Colture annuali associate a colture permanenti
		2.4.2 Coltivazione complessa
		2.4.3 Suoli principalmente occupati dall'agricoltura
		2.4.4 Aree di agro-selvicoltura
3 Territori boscati e ambienti semi naturali	3.1 Foreste	3.1.1 Foreste a latifoglie
		3.1.2 Foreste a conifere
		3.1.3 Foreste miste
	3.2 Associazione di vegetazione erbacea e/o arbusti	3.2.1 Prateria naturale
		3.2.2 Lande e brugheria
		3.2.3 Vegetazione sclerofila
		3.2.4 Transizione suolo boscoso/arbusti
	3.3 Spazi aperti con poca o nessuna vegetazione	3.3.1 Spiagge, dune e piani di sabbia
		3.3.2 Roccia nuda
		3.3.3 Aree scarsamente vegetate
		3.3.4 Aree bruciate
		3.3.5 Ghiacciai e nevi perenni

4 Zone umide	4.1 Terre umide interne	4.1.1 Paludi interne
		4.1.2 Torbiere
	4.2 Terre umide costiere	4.2.1 Paludi di sale
		4.2.2 Saline
		4.2.3 Piani intertidali
5 Corpi idrici	5.1 Acque interne	5.1.1 Corsi d'acqua
		5.1.2 Corpi d'acqua
	5.2 Acque marine	5.2.1 Lagune costiere
		5.2.2 Estuari
		5.2.3 Mare

Tabella 1. I tre livelli della classificazione dell'uso del suolo del Corine Land Cover

### **3 Un approccio allo studio della pressione antropica sulle coste italiane**

#### **3.1 Outline dell'approccio adottato**

Scopo di questo studio è di giungere ad avere una quantificazione numerica e in termini percentuali della problematica della pressione antropica sulle coste italiane.

Per far questo sono stati utilizzati i sistemi informativi geografici (GIS), di cui si è ampiamente parlato nel capitolo 2.1.1. Grazie all'uso di tale strumento è possibile creare nuovi livelli informativi associando i dati provenienti da fonti diverse (database, shapefile) in maniera da identificare relazioni di tipo geografico difficilmente realizzabili con altri strumenti; ad esempio è possibile effettuare studi sull'uso del suolo con la sovrapposizione di più livelli informativi, nel nostro caso il Corine Land Cover ed i comuni, allo scopo di identificare per ogni comune la tipologia di uso del suolo.

Al fine di individuare e studiare il livello di antropizzazione delle coste, uno degli strumenti utilizzati è il Corine Land Cover (capitolo 2.2). Questo progetto realizzato dalla Commissione Europea dal 1985 e in continua evoluzione, consiste in una cartografia del terreno contenente le informazioni sull'utilizzo del suolo. Grazie ad esso si può realizzare uno studio sul livello di antropizzazione utilizzando le informazioni in esso contenute.

Per poter studiare un'area che comprenda tutti i comuni costieri si considereranno tutti quelli rientranti in un range di 10 km a partire dalle coste verso l'entroterra, includendo anche quelli che rientrano in questo range anche solo parzialmente.

Una volta stabilita l'area da analizzare e creato un nuovo strato informativo che identifichi per ogni comune la tipologia di uso del suolo, si passerà allo studio vero e proprio della pressione antropica al fine di pervenire al popolamento di un modello dati attraverso il quale è possibile conoscere la dimensione del processo di modellazione antropica di ogni singolo comune presente sulla fascia costiera italiana funzionale a futuri studi valutativi.



### 3.2 Acquisizione dei dati

Per lo studio della pressione antropica sulle coste italiane si sono rese disponibili le seguenti informazioni territoriali:

la linea di costa dell'Italia (Figura 16), ricavata con operazioni di editing dai confini regionali del 1998 (fonte ISTAT), reperiti presso il centro dati SINAnet dell'APAT; sistema di coordinate proiettato UTM - WGS84, fusi 32 e 33 alla scala di 1:25.000 (formato vettoriale),



Figura 16. Linea di costa dell'Italia

la carta dei comuni con i confini amministrativi (Figura 17), fonte ISTAT 1998; sistema di coordinate proiettato UTM - WGS84, fusi 32 e 33 alla scala di 1:25.000 (formato vettoriale),

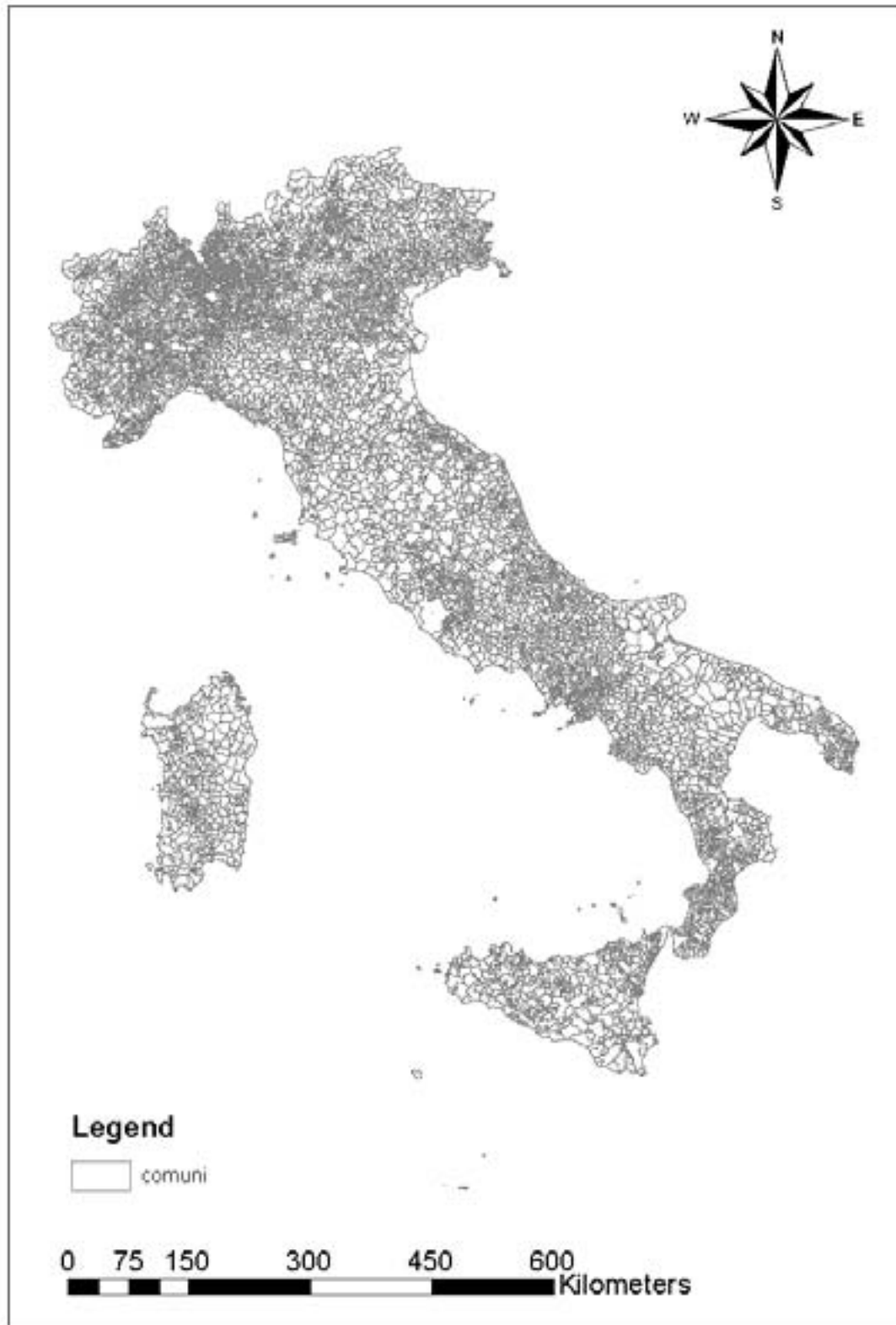


Figura 17. Carta dei comuni

il Corine Land Cover (CLC2000) ovvero la carta di copertura del suolo dell'Italia (Figura 18) dell'anno 2000, alla scala 1:100.000 (formato vettoriale). Livelli di approfondimento: 3 (Tabella 1)

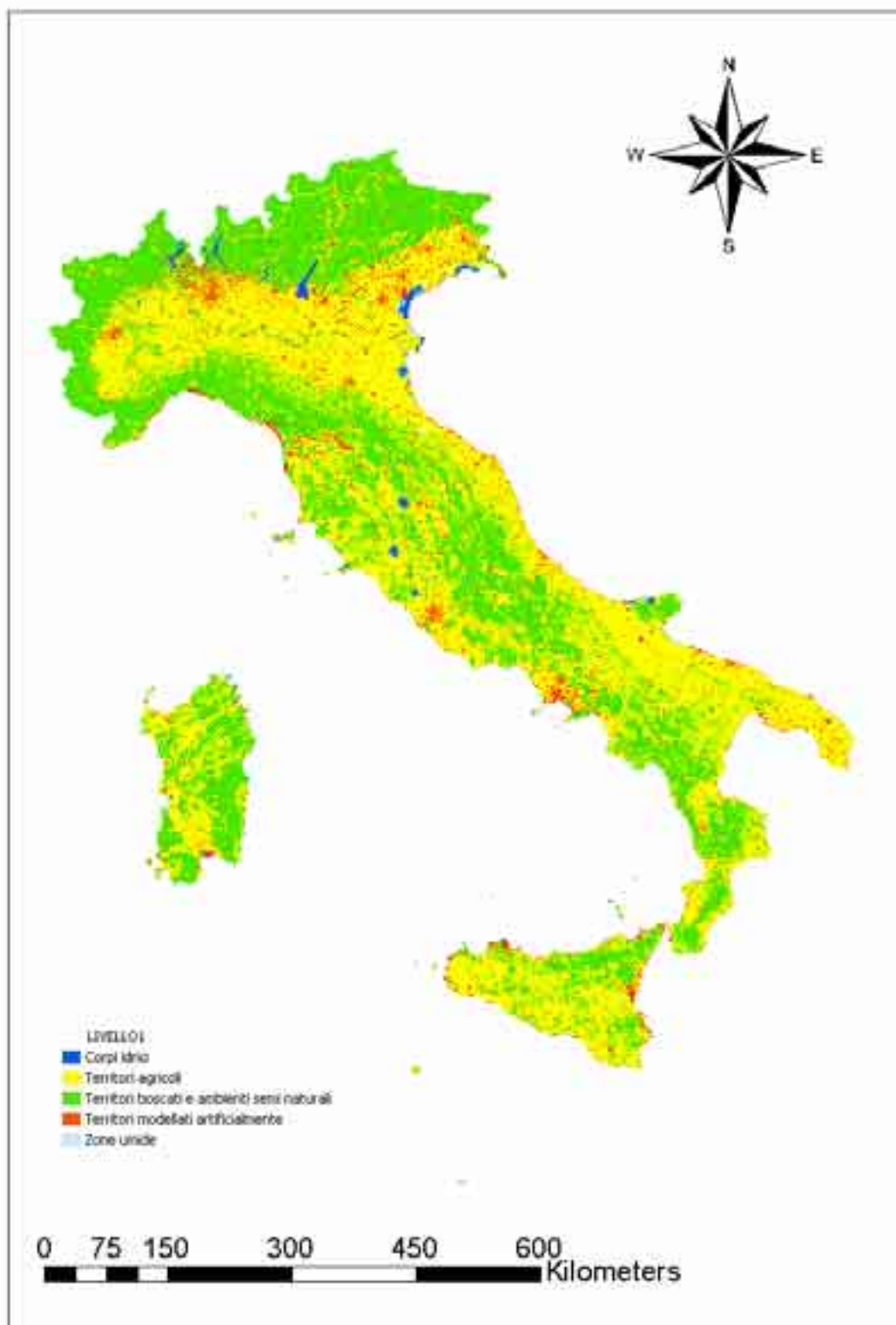


Figura 18. Corine Land Cover dell'Italia

### 3.3 Elaborazione dei dati

La linea di costa dell'Italia è stata importata in ArcMap dove è stato creato un *buffer* di 10 km intorno ad essa (Figura 19). Il buffer, come già specificato nel paragrafo 2.1.1, crea un'area di rispetto intorno agli elementi geografici presenti nel database, nel nostro caso è stato utilizzato per prendere in esame un'area di 10 km a partire dalle coste verso l'entroterra.

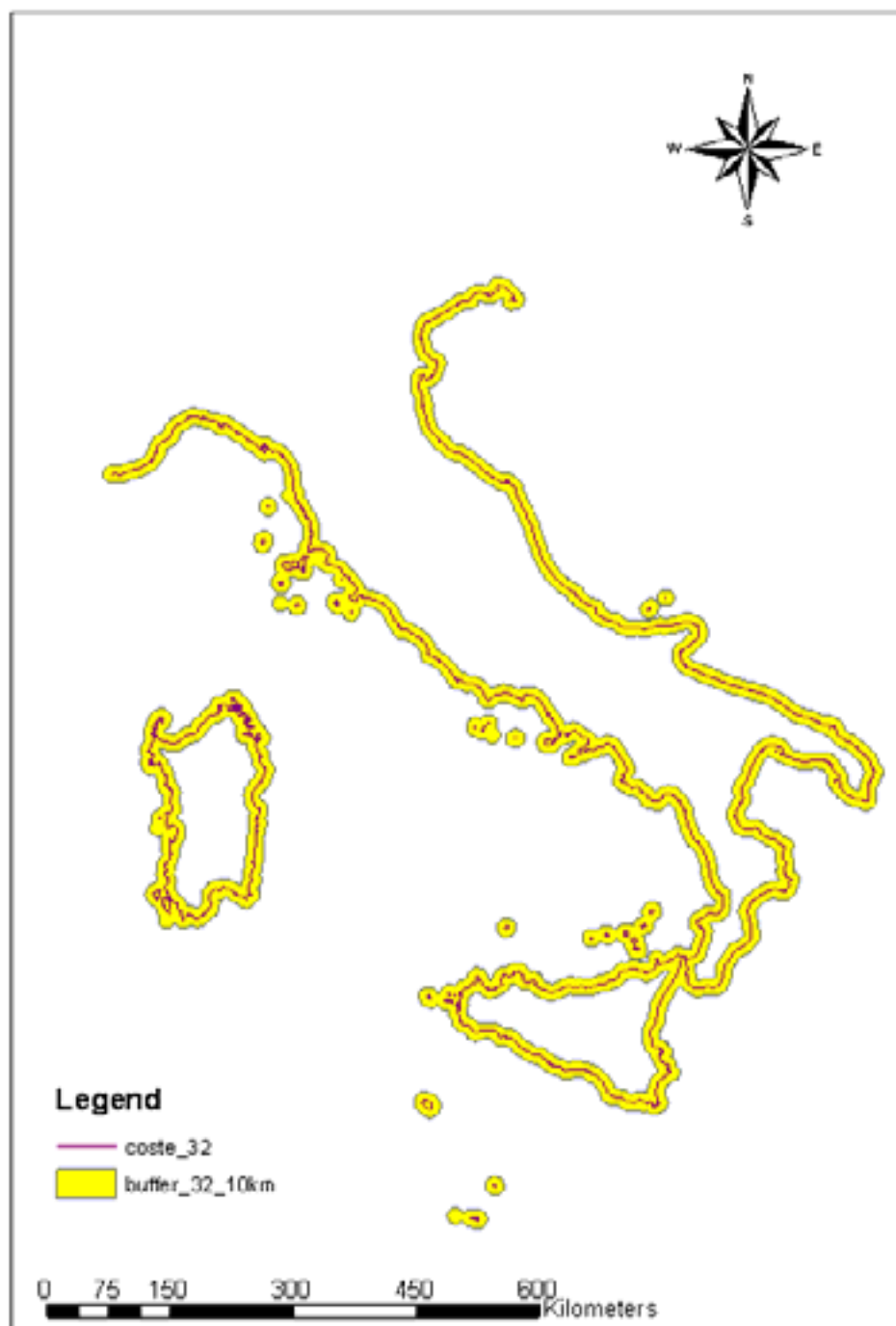


Figura 19. Il buffer di 10km creato a partire dalla linea di costa dell'Italia

In seguito è stata importata la carta dei comuni dell'Italia e mediante la funzione *Select by location* di ArcMap che permette di selezionare le *features* (gli elementi visibili graficamente) di un *layer* (uno strato) basandosi sulla loro localizzazione rispetto alle *features* di un altro *layer*, è stata effettuata una *query* (Figura 20) per selezionare tutti i comuni ricadenti parzialmente o completamente entro il buffer di 10 km.

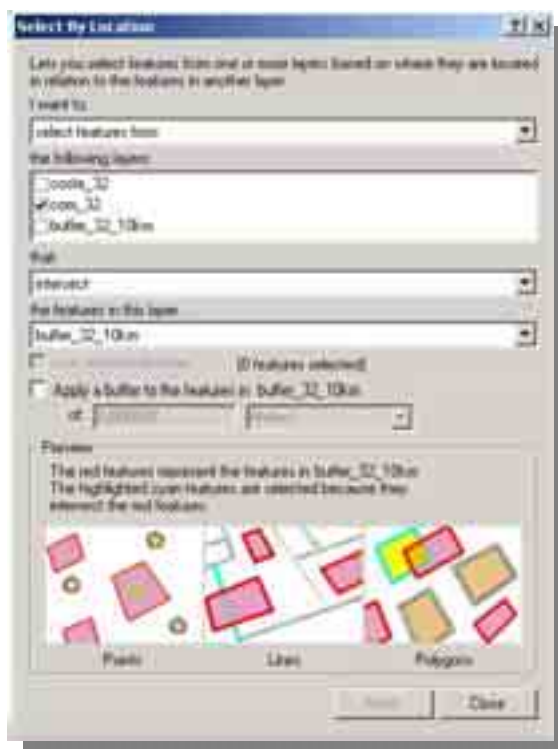


Figura 20. Esempio di interrogazione mediante la funzione Select by location. In questo caso, è stato applicato per selezionare i comuni ricadenti parzialmente o completamente nel buffer di 10km

Dopodiché si è proceduto all'esportazione delle features selezionate in formato shapefile mediante la funzione *export data* (Figura 21). Sono stati così esportati i dati dei soli comuni selezionati,

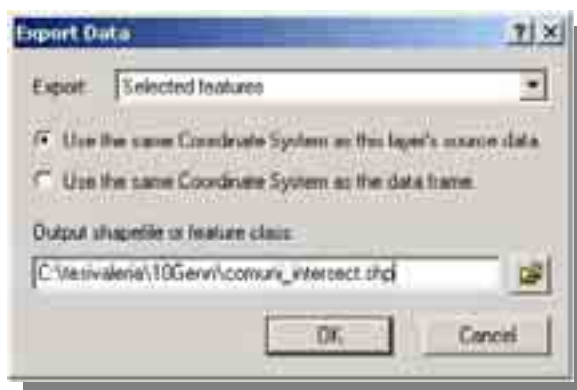


Figura 21. La funzione Export Data

ottenendo la carta dei soli comuni ricadenti parzialmente o completamente entro il buffer di 10 km (Figura 22) per un totale di 1.604 comuni italiani. Su questi sono state fatte le successive elaborazioni.



Figura 22. Carta dei comuni selezionati

E' stata poi importata la carta dell'uso del suolo di ogni regione d'Italia (il CLC) ed è stato effettuato un *intersect* (un tool del software usato) tra il CLC di ogni regione ed i comuni selezionati poiché tramite questa funzione si ottiene un nuovo *layer* le cui *features* hanno gli attributi di entrambi i *layer* presi in considerazione.

A questo punto con un'operazione di *merge* (un altro tool del software) che combina *layers* adiacenti in un unico *layer* si è ottenuta la carta dell'uso del suolo dei soli comuni selezionati (Figura 23) e una nuova tabella che contiene sia gli attributi del Corine che quelli dei comuni (Figura 24) grazie alla proprietà del tool *intersect* che unisce gli attributi di entrambi i *layer*.

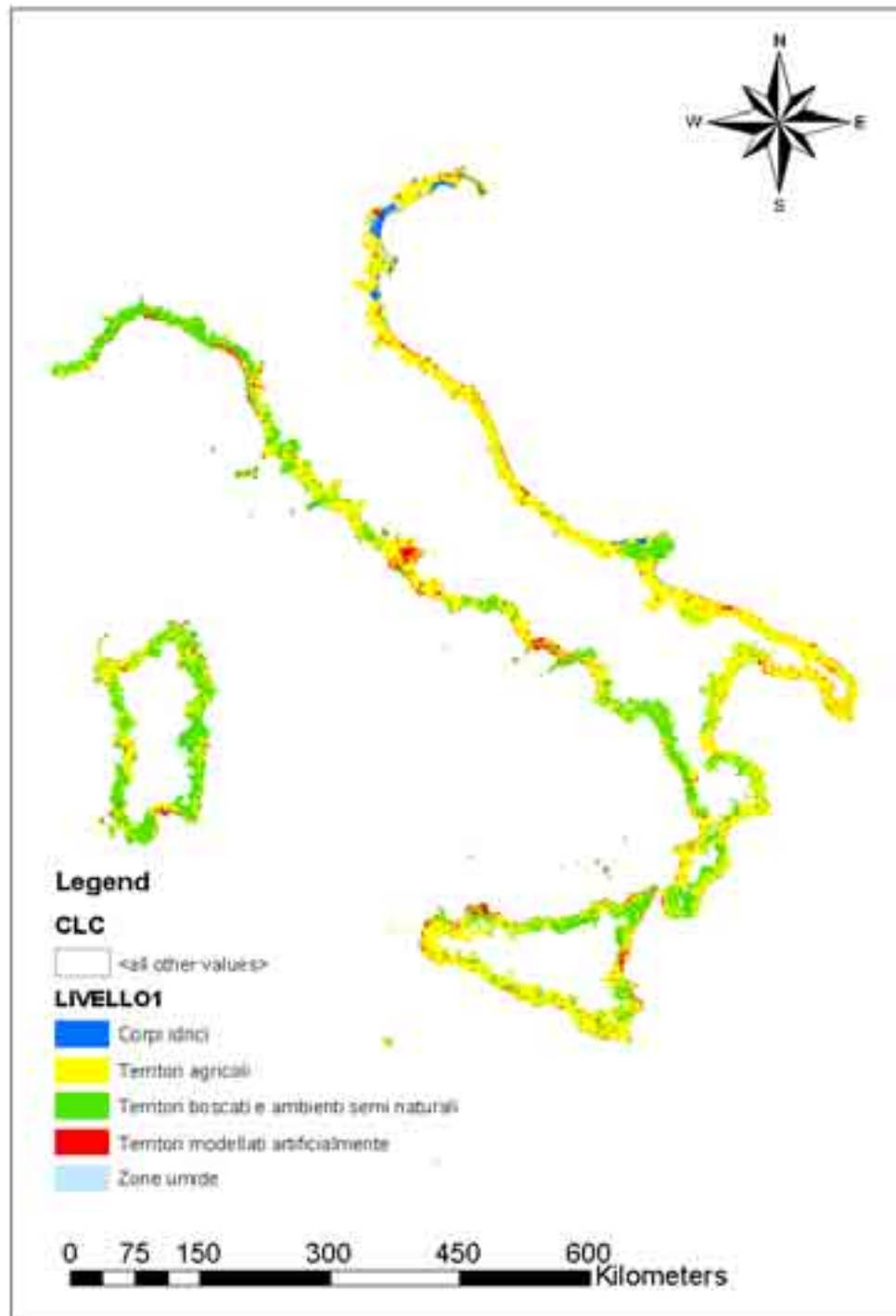


Figura 23. Carta dell'uso del suolo dei comuni ricadenti parzialmente o completamente nel buffer di 10km



NUMERO COMUNI	Superficie	CODE 00	LIVELLO1	LIVELLO2	LIVELLO3
VILLORFANO	3016,16388	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
CAPILOTTORRE	1000,88027	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona aperta con vegetazione rado e arbusti	Aree con vegetazione rado
LA MADONNA	8385,47218	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
CASTEL SARDI	7340,00032	323	territo moduli artificiali	Zona erbacea, commestibile e set di coltivazione	Aree erbacee
BRISQ	3647,76005	323	territo moduli artificiali	Zona erbacea, commestibile e set di coltivazione	Aree erbacee e commestibili
VILLORFANO	3647,76005	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona aperta con vegetazione rado e arbusti	Aree con vegetazione rado
VILLORFANO	10401,67548	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
MANFREDONNA	12263,12717	323	territo agricolo	Prati stabili	Prati stabili
MANFREDONNA	12263,12717	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
VILLORFANO	12901,30718	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona aperta con vegetazione rado e arbusti	Aree con vegetazione rado
LA MADONNA	13301,39576	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona aperta con vegetazione rado e arbusti	Aree con vegetazione rado
GOLFO ARANCO	18900,30000	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
MANFREDONNA	3647,76005	323	territo agricolo	Prati stabili	Prati stabili
VILLORFANO	3647,76005	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona aperta con vegetazione rado e arbusti	Aree con vegetazione rado
MEJA DI SARI	8375,76001	323	territo agricolo	Zona agricola eterogenea	Terreni coltivati e pascoli permanenti
LA MADONNA	7933,74120	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
LA MADONNA	47525,03576	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
POLIGNANO A MARE	54713,11888	323	territo agricolo	Culture permanenti	Culture
POLIGNANO A MARE	54713,11888	323	territo agricolo	Terreni	Terreni in uso non agrario
MEJA DI SARI	56363,47218	323	territo agricolo	Culture permanenti	Vigneti
MEJA DI SARI	56363,47218	323	territo agricolo	Culture permanenti	Vigneti
MEJA DI SARI	56363,47218	323	territo agricolo	Culture eterogenee	Culture erbacee e pascoli permanenti
MEJA DI SARI	103683,44017	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea e praterie d'alta quota
MEJA DI SARI	103683,44017	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea e praterie d'alta quota
MEJA DI SARI	103683,44017	323	territo agricolo	Culture permanenti	Prati e prati stabili
MEJA DI SARI	103683,44017	323	territo agricolo	Culture eterogenee	Terreni coltivati e pascoli permanenti
COQUONDO	103683,44017	323	territo agricolo	Culture permanenti	Culture
MEJA DI SARI	103683,44017	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
AUGUSTA	103683,44017	323	territo agricolo	Culture permanenti	Prati e prati stabili
AUGUSTA	103683,44017	323	territo moduli artificiali	Zona urbanizzata	Terreno urbano discontinuo
ATNANI	110179,77405	341	territo agricolo	Culture eterogenee	Culture annuali e perenni e culture permanenti
ATNANI	110179,77405	341	territo agricolo	Culture eterogenee	Aree per uso di colture agricole con spazi
PRASIO IMPERIALE	103683,44017	323	territo agricolo	Terreni	Terreni in uso non agrario
SAN GIOVANNI ROTONDO	103683,44017	323	territo bosco e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione pluricoma a fusto erbaceo	Aree a vegetazione erbacea
SAN GIOVANNI ROTONDO	103683,44017	323	territo agricolo	Terreni	Terreni in uso non agrario
POMIGLIANO D'ARCO	103683,44017	323	territo agricolo	Culture permanenti	Prati e prati stabili
POMIGLIANO D'ARCO	103683,44017	323	territo moduli artificiali	Zona urbanizzata	Terreno urbano discontinuo
WITTEBRANCO	103683,44017	323	territo agricolo	Culture permanenti	Prati e prati stabili

Figura 24. Esempio di tabella realizzata in cui si nota la presenza sia dei dati relativi ai comuni che di quelli relativi al CLC

### 3.4 Percentuali uso del suolo

Per poter ottenere la percentuale di utilizzo del suolo nella fascia costiera dell'Italia al livello 1 del Corine Land Cover (nel quale l'uso del suolo viene suddiviso in 5 classi) era necessario calcolare l'area dei poligoni del livello 1 presenti nei comuni oggetto di studio. Per far questo si è proceduto come di seguito esposto.

Alla tabella dell'uso del suolo associata ai comuni è stato aggiunto un nuovo campo mediante il comando *add field*, che è stato riempito con le aree dei singoli poligoni del livello 3 del Corine (nel quale l'uso del suolo è descritto con maggior dettaglio). Per far questo si è utilizzato il comando *Calculate values* ed è stato eseguito il seguente script Visual Basic (Figura 25):





Figura 25. Visual Basic Script

LIVELLO1	LIVELLO2	LIVELLO3	Area_3a3
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	27.7
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	4844.2
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	183.7
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	352.5
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	1.5
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	0.9
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona boschiva	Boschi di latifoglie	4.6
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	1.6
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	38034.6
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona boschiva	Boschi di latifoglie	2.5
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	1.3
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona agreste con vegetazione alta o arborea	Area con vegetazione alta	14701.6
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	2.2
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	32.1
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	5413.7
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	1.8
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	7.9
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	2.5
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	0.7
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	305.9
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	22.7
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	155.4
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona a vegetazione da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	1.2
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	5.3
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona caratterizzata da vegetazione arborea a/o arbustiva	Area a vegetazione boschiva e arborea in evoluzione	1148.8
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona boschiva	Boschi di latifoglie	25679.3
Territi boscati e arbusti semi naturali	Zona boschiva	Boschi di latifoglie	6.1

Figura 26. Esempio di tabella realizzata in cui si nota l'aggiunta del campo relativo alle aree dei singoli poligoni del livello 3 del Corine

La tabella così ottenuta (Figura 26) è stata esportata in formato *txt* per poter essere caricata ed elaborata in Access, sistema per la gestione di database di Windows, dove si è potuto calcolare l'area di ciascun poligono del livello 1 del Corine, sommando le aree dei relativi livelli 3 tramite la seguente query SQL (Figura 27),



SOMME_AREE LIV1 : Query di selezione	
LIVELLO1	SommaDiArea_Inq
Corpi idrici	1188524319,6
Territori agricoli	44966159944,9999
Territori boscati e ambienti semi naturali	24661214615,0001
► Territori modellati artificialmente	5056889217,39999
Zona umide	593590302,8

Figura 29. Tabella ottenuta in cui si notano a sinistra le 5 classi del primo livello del Corine Land Cover e a destra le rispettive aree totali

Come si nota dal grafico a torta (Figura 30) il 58,7% dei territori costieri è occupato da territori agricoli, il 32,4% da territori boscati e ambienti semi naturali, il 6,6% da territori modellati artificialmente, l'1,6% da corpi idrici ed il restante 0,8% da zone umide.

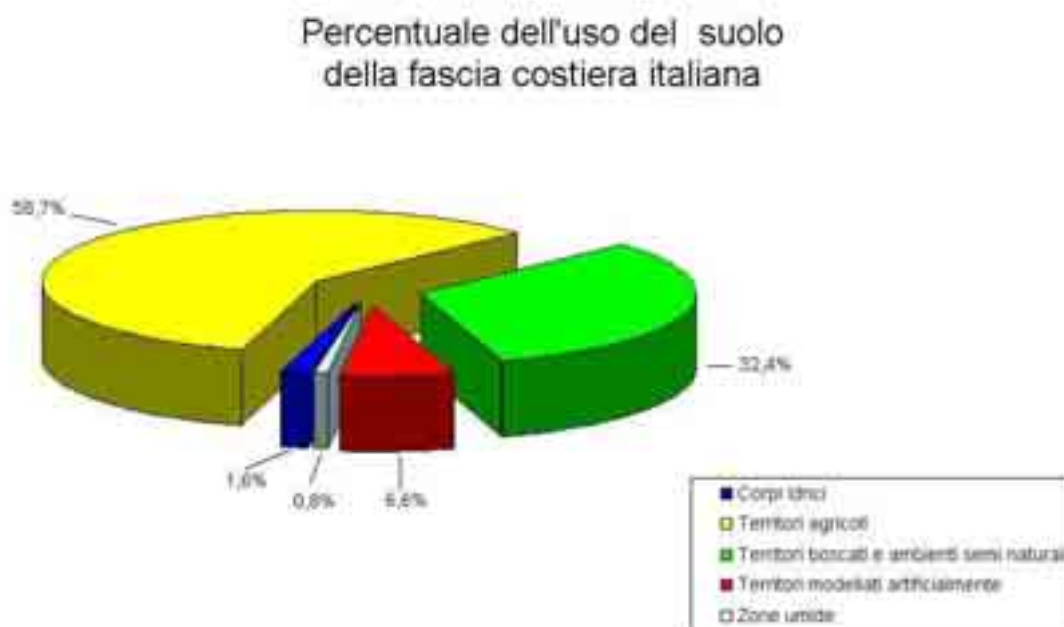


Figura 30. Grafico a torta che mostra la percentuale di utilizzo del suolo nella fascia costiera dell'Italia (livello1 del Corine Land Cover)

Il passo successivo è stato quello di ottenere le percentuali di utilizzo del suolo, sempre nella fascia costiera dell'Italia, relative ai territori modellati artificialmente per ogni comune. Per far questo si è eseguita una query (Figura 31) sempre tramite Access,

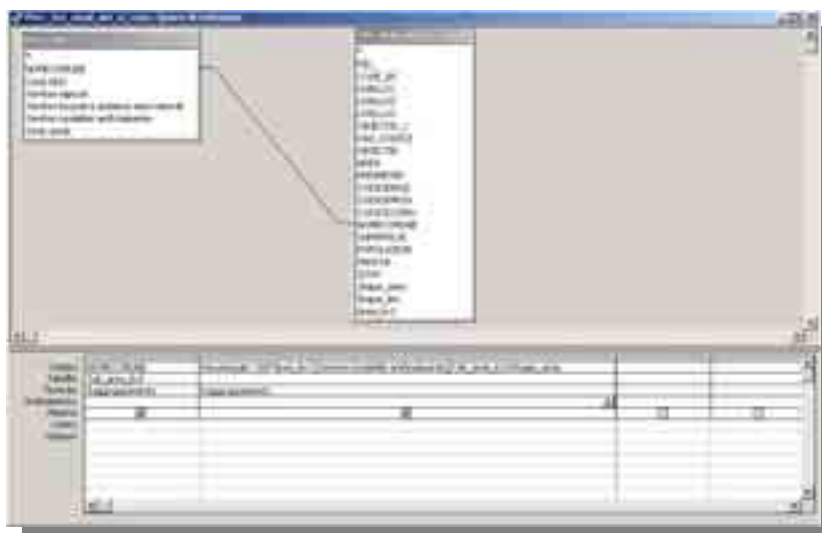


Figura 31. Query di selezione in Access utilizzata per calcolare la percentuale di uso del suolo relativo ai territori modellati artificialmente per ciascun comune

ottenendo la tabella relativa (Figura 32) con le percentuali di utilizzo del suolo relative ai territori modellati artificialmente per ogni comune.

NOME COMUNE	Percentuale
ACATE	1,32499895514316
ACI BONACCORSI	56,6017020583429
ACI CASTELLO	38,1082840512089
ACI CATENA	40,9419707753963
ACI SANT'ANTONIO	30,0490001525693
ACIREALE	31,9764365176189
ACQUAPPESA	12,2240587924973
ACQUAPPESA	37,5753323020467
ACQUARICA DEL CAPO	9,92893460171868
ACQUAVIVA PICENA	3,06403790598324
ACQUEDOLCI	10,7439236282531
ACRI	1,52495036074955
AFRAGOLA	34,8009009473133
AFRICO	1,28585156434582
AFRICO	26,2308857690116
AGEROLA	7,58025901806028
AGGIUS	0,801688090488211
AGLIENTU	1,06057455498048
AGRIANA CALABRA	4,62375192814961
AGRIGENTO	0,33452992450074
AGROPOLI	9,356237503536
AGUOLIANO	5,76999132780296
AIELLO CALABRO	1,04307525732396

Figura 32. Esempio di tabella ottenuta in cui si nota il campo relativo alla percentuale dei territori modellati artificialmente per ogni comune

Questa tabella è stata poi reimportata in ArcMap dove, mediante la funzione “join attribute from a table” (Figura 33), che permette di relazionare due tabelle mediante un campo in comune, è stato stabilito un legame tra questa e quella dell’uso del suolo sulla base del nome del comune.



Figura 33. Join attribute from a table

Da tale operazione si ottiene una Tabella degli Attributi in cui oltre ai dati relativi ai comuni e al CLC è presente anche il campo *Percentuale* ovvero quello con le percentuali di utilizzo del suolo relative ai territori modellati artificialmente per ogni comune. La carta è stata così rappresentata utilizzando tale attributo (Figura 34).



Figura 34. Carta della percentuale di territori modellati artificialmente per ogni comune

Tramite un *clip* tra quest'ultima e il buffer si è ottenuta la carta della percentuale della superficie di territori modellati artificialmente tagliata sui 10 km (Figura 35). Infatti la funzione *clip* è una sorta di intersezione di 2 *layer* che vengono detti rispettivamente *input layer* e *clip layer*. Il *clip layer* (nel nostro caso il buffer) viene utilizzato come *cookie cutter* (termine che viene adoperato nella computer grafica per descrivere quelle forme predefinite o definite dall'utente utilizzabili per ritagliare porzioni di immagini), ovvero viene sovrapposto al *layer* di *input* (nel nostro caso la carta della percentuale), “ritagliando” così le proprietà e gli attributi del *layer* di *input* ma relativi solo alla zona di sovrapposizione dei due *layer*.

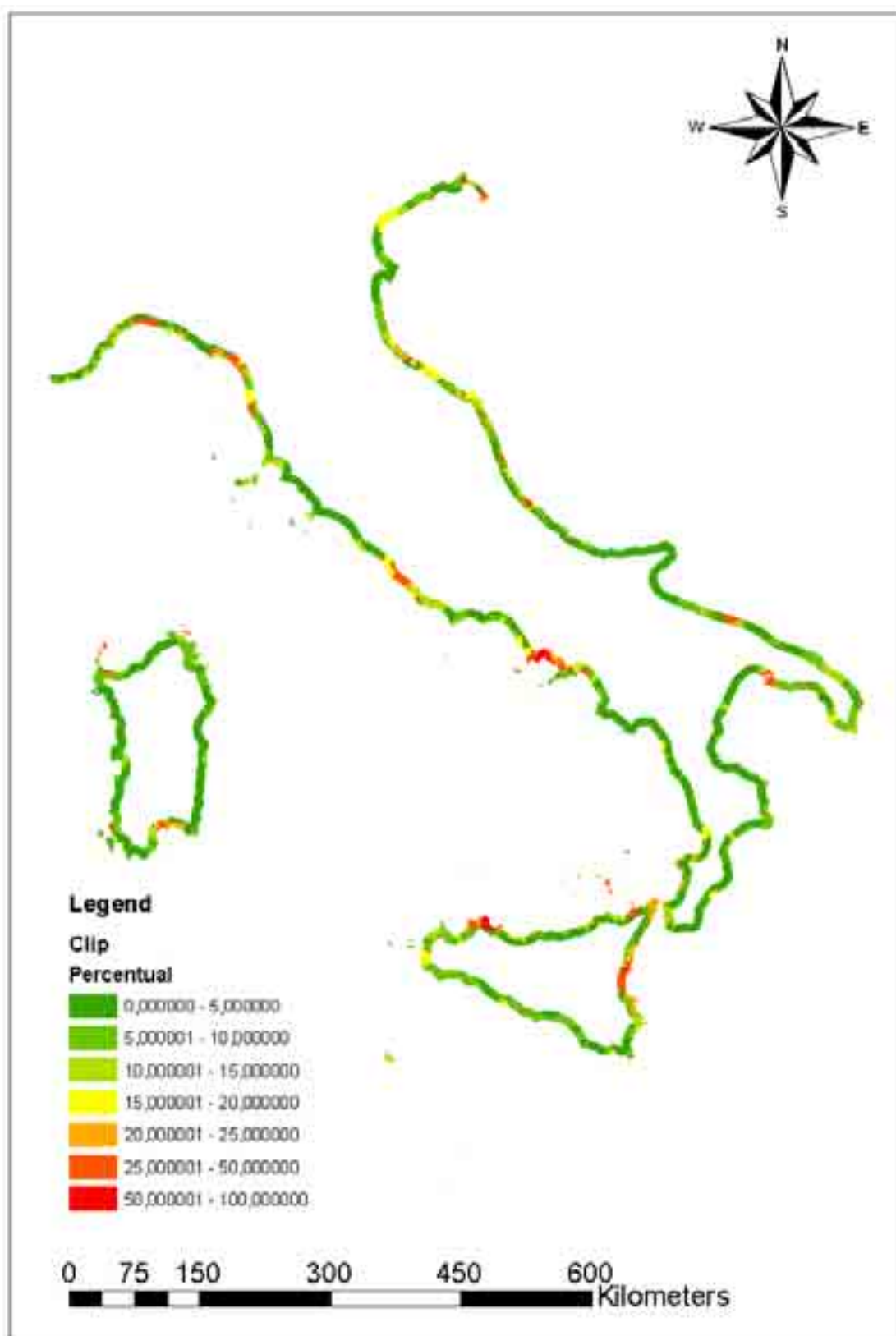


Figura 35. Carta della percentuale della superficie di territori modellati artificialmente rispetto alla superficie comunale della porzione costiera esaminata ottenuta tramite un'operazione di clip con il buffer di 10km. Si possono notare in rosso le zone in cui la percentuale di territori modellati artificialmente è elevata



Un ulteriore studio è stato quello relativo all'ottenimento del valore delle aree e della percentuale del livello 3 rispetto al livello 1 considerando, dei territori modellati artificialmente, tessuto urbano continuo, tessuto urbano discontinuo, unità industriali o commerciali, reti di strade e binari e territori associati, aree portuali, aeroporti, luoghi di estrazioni di minerali, discariche, luoghi di costruzione, ed escludendo le aree di verde urbano e delle strutture di sport e tempo libero (1.4.1 e 1.4.2) risultate poco utili ai fini di questo studio.

Anche questo calcolo è stato effettuato in Access (Figura 36) e le tabelle ottenute (Figura 37) sono state esportate in ArcMap dove le carte sono state rappresentate utilizzando l'attributo *Percentuale*.

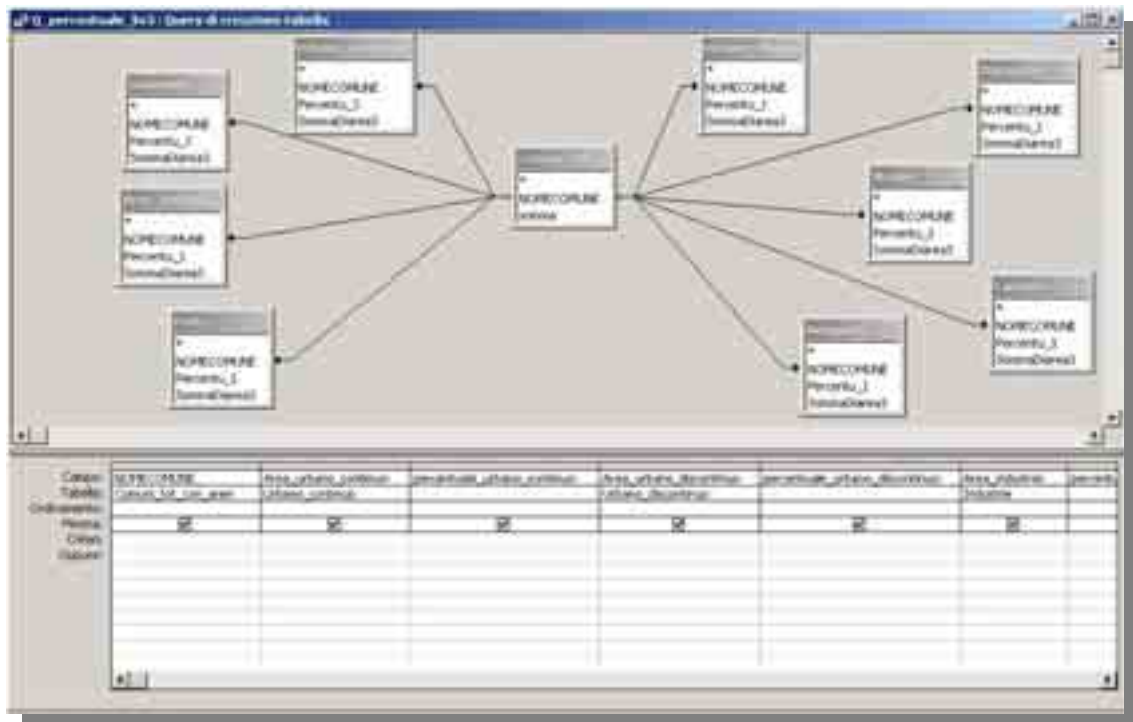


Figura 36. Query di selezione creata per calcolare la percentuale di livello 3 rispetto al livello 1 sempre riguardo ai territori modellati artificialmente





A questo punto sono state prese in considerazione tre città campione con una differente distribuzione dell'utilizzo del suolo e, al fine di mettere in evidenza le diverse percentuali, si sono generati i relativi grafici dei tre livelli del Corine (Figura 39, Figura 40 e Figura 41); le città considerate sono: Genova, Maratea e Porto Torres.

Dai grafici si nota per esempio che il comune di Genova ha un'alta percentuale di territori modellati artificialmente (26%) e, di questi, gran parte è costituita da tessuto urbano (84%) e, ancora più in dettaglio, da tessuto urbano discontinuo (71%).

Il comune di Maratea invece ha solo il 2% di territori modellati artificialmente distribuiti più o meno equamente tra tessuto urbano (45%) e unità industriali, commerciali e di trasporto (37%), più precisamente tra tessuto urbano discontinuo e unità industriali o commerciali.

Infine il comune di Porto Torres presenta il 14% di territori modellati artificialmente di cui gran parte è costituita da unità industriali, commerciali e di trasporto (70%), meglio ancora da unità industriali o commerciali (48%) e da aree portuali (23%).

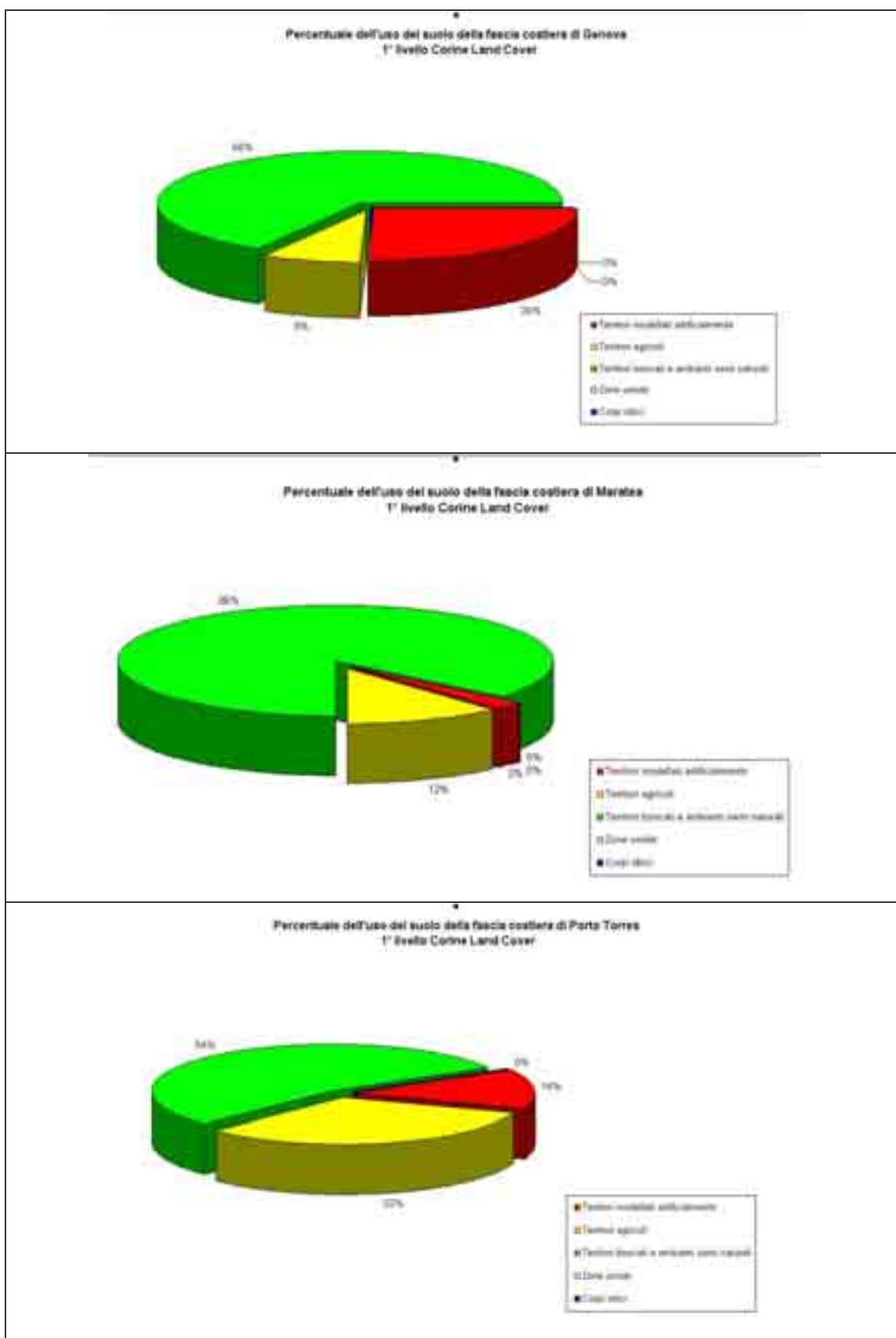


Figura 39. Grafico a torta che mostra la percentuale di utilizzo del suolo nella fascia costiera dei comuni di Genova, Maratea e Porto Torres (livello1 del Corine Land Cover)

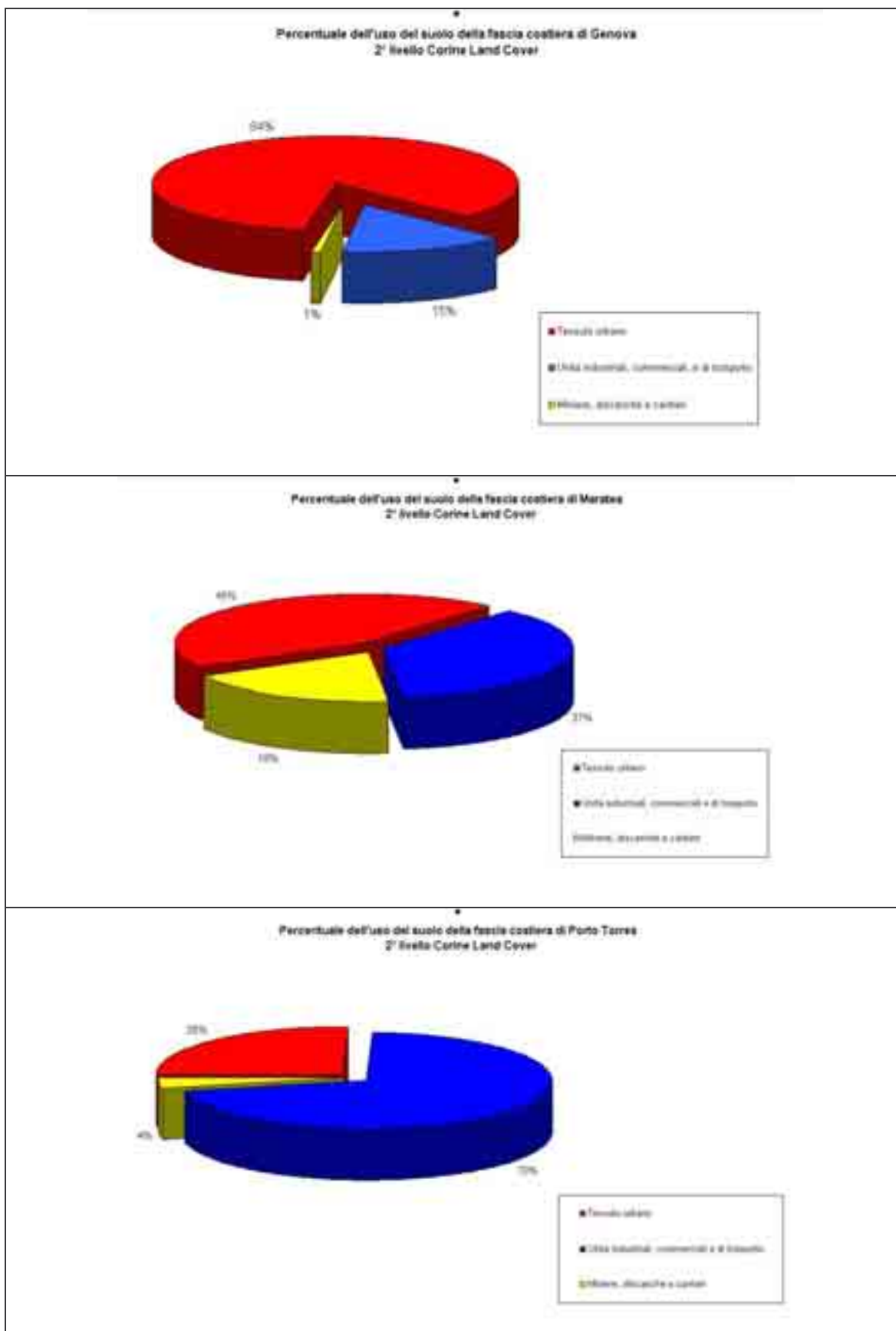


Figura 40. Grafico a torta che mostra la percentuale di utilizzo del suolo nella fascia costiera dei comuni di Genova, Maratea e Porto Torres (prima classe livello2 del Corine Land Cover)

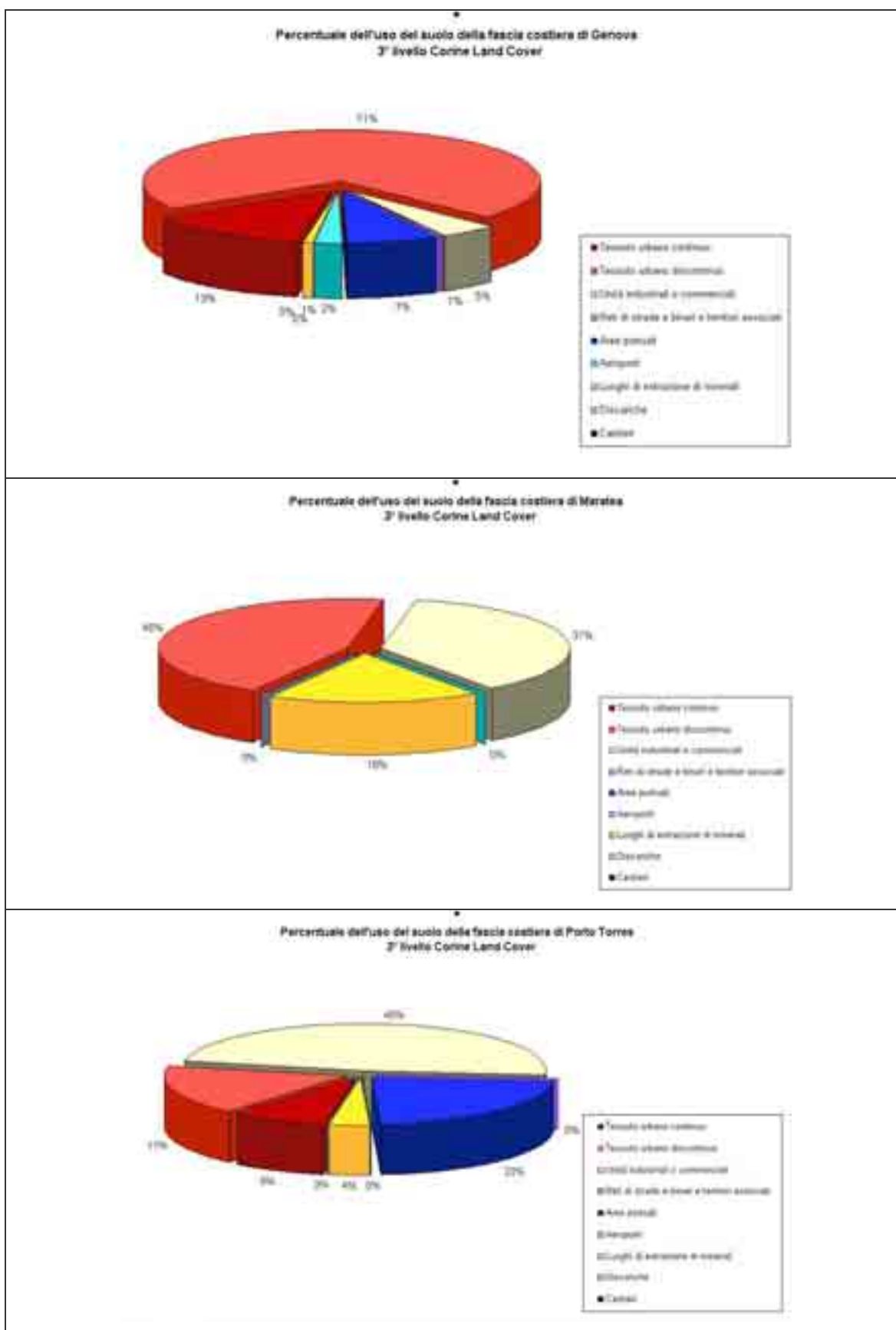


Figura 41. Grafico a torta che mostra la percentuale di utilizzo del suolo nella fascia costiera dei comuni di Genova, Maratea e Porto Torres (prima classe livello3 del Corine Land Cover)

## 4 Porting del sistema in GRASS

In seguito si è provato a ripetere lo studio in GRASS. E' stato realizzato un prototipo di studio incentrato sulla zona costiera della Sardegna inizialmente utilizzando la versione 5.3 del software ma, avendo riscontrato problemi di diversa natura, si è passati alla versione 5.7 con la quale è stato possibile procedere nello studio.

Una prima fase è consistita nell'import da ArcMap dei dati di partenza, ovvero la linea di costa, i comuni e il Corine Land Cover (della Sardegna), tutti in formato shape attraverso il comando "v.in.ogr" che permette appunto di importare i file di questo tipo (shapefile).

La creazione del buffer di 10 km intorno alla linea di costa è stata effettuata con due modalità distinte, ottenendo in un caso un fallimento e riuscendo nel tentativo nel secondo caso. Inizialmente è stato utilizzato il comando "v.buffer" ma, visto l'esito negativo di tale operazione, si è deciso di trasformare la linea di costa dal formato vettoriale a quello raster col comando "v.to.rast " creando intorno il buffer attraverso il comando "r.buffer" e, successivamente, convertendo il buffer ottenuto, nel formato vettoriale con il comando "r.to.vect ".

La creazione di un nuovo layer relativo ai soli comuni costieri, analogamente a quanto già ottenuto con ArcGis (vedi cap. 3), è stata tentata per mezzo della funzione "v.overlay": è stato fatto un and, ovvero un'*intersection* tra il buffer e i comuni, ottenendo, in tal modo, la carta dei soli comuni rientranti nel buffer di 10 km e la stessa cosa è stata fatta anche tra il buffer e il CLC, ottenendo la carta dell'uso del suolo solo dei 10 km. Dal punto di vista grafico il risultato è stato raggiunto, purtroppo le tabelle degli attributi associate a questi due layer creati sono risultate vuote ovvero prive di informazioni.

L'approccio al problema attraverso l'uso di GRASS, seppur limitato alle poche semplici operazioni descritte, consente di formulare alcune considerazioni sul prodotto e sulle sue modalità di impiego. Come si è evidenziato in precedenza, esiste una notevolissima differenza tra le successive releases di GRASS. In particolare, solo con la release 5.7 si è potuto risolvere il problema del buffering e dell'overlay, anche se quest'ultimo soltanto a livello grafico. Si può pertanto presumere che con le versioni successive alla 5.7 si potranno ottenere anche gli attributi con le operazioni di overlay.

In generale, si evidenzia che operare in GRASS implica necessariamente una conoscenza più approfondita del linguaggio SQL nonché una discreta dimestichezza con

database e servizi UNIX e del supporto di PostgreSQL. Si è altresì notato che GRASS è più potente nella gestione di dati raster rispetto ai dati vettoriali.

Da questa breve esperienza sono quindi emerse come differenze sostanziali tra ArcGis e GRASS la completezza, la velocità e la facilità d'uso del primo rispetto al secondo che però ha il grande vantaggio di essere, a differenza di ArcGis, un prodotto open source.

## **5 Conclusioni e sviluppi futuri**

Attraverso questo lavoro sono emerse, ancora una volta, le grandi possibilità fornite dall'utilizzo dei GIS nelle applicazioni territoriali. In sintesi, il progetto è consistito nella applicazione di una metodologia in grado, a partire da informazioni di carattere geografico e dal Corine Land Cover, di creare una nuova carta che evidenzia a scala nazionale l'uso del suolo ed inoltre identifica per ogni comune costiero rientrante nella fascia di 10 km la tipologia di uso del suolo. Ciò ha reso possibile il calcolo delle percentuali di utilizzo del suolo nella fascia costiera dell'Italia per ogni comune sia al livello 1 del Corine Land Cover sia relative ai territori modellati artificialmente al livello 2 e 3 del CLC.

Si è così giunti a conoscere la dimensione del processo di modellazione antropica di ogni singolo comune presente sulla fascia costiera italiana e, di questi, il tipo di antropizzazione presente.

Si può quindi notare come, con l'uso dei GIS e del CLC, è stato possibile condurre uno studio a livello nazionale e approfondire poi nel grado di dettagli al livello comunale fino a “zoomare” al singolo comune di interesse.

E' stato anche confrontato l'impatto tecnologico al problema, approcciandolo attraverso strumenti proprietari (ArcGis) e strumenti open source (GRASS).

Per quanto riguarda un eventuale prosieguo degli studi sarebbe auspicabile provvedere all'installazione dell'ultima versione di GRASS 6 e ripetere l'esperienza con questa.

## **Bibliografia**

Arnaud A., Masser L., Salgé F., Scholten H., 1993, *GISDATA Research Programme: European Science Foundation*, GISDATA Newsletter, n.1, p.3

GRASS Development Team, 2004, *GRASS 5.0 Users Manual*, ITC-irst, Trento

Minami M., Sakala M. and Wrightsell J., 1999, *Using ArcMap*, ESRI

Tucker C., 2000, *Using ArcToolbox*, ESRI

Vienneau A., 2001, *Using ArcCatalog*, ESRI

## **Siti web consultati**

<http://www.clc2000.sinanet.apat.it/>

<http://www.geographics.it/>

<http://www.provincia.brescia.it/>



## Allegato A

### DESCRIZIONE DELLE CATEGORIE DEL CORINE LAND COVER

#### **1. Territori modellati artificialmente**

##### **1.1. Zone urbanizzate**

###### *1.1.1. Tessuto urbano continuo.*

Spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente occupano più dell'80% della superficie totale. La vegetazione non lineare e il suolo nudo rappresentano l'eccezione. Sono qui compresi cimiteri senza vegetazione. Problema particolare degli abitati a sviluppo lineare (villes – rue): anche se la larghezza delle costruzioni che fiancheggiano la strada, compresa la strada stessa, raggiunge solo 75 m, e a condizione che la superficie totale superi i 25 ha, queste aree saranno classificate come tessuto urbano continuo (o discontinuo se le aree non sono congiunte).

###### *1.1.2. Tessuto urbano discontinuo.*

Spazi caratterizzati dalla presenza di edifici. Gli edifici, la viabilità e le superfici a copertura artificiale coesistono con superfici coperte da vegetazione e con suolo nudo, che occupano in maniera discontinua aree non trascurabili. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente coprono dal 50% all'80% della superficie totale. Si dovrà tenere conto di questa densità per le costruzioni localizzate all'interno di spazi naturali (foreste o spazi erbosi).

Questa voce non comprende:

- le abitazioni agricole sparse delle periferie delle città o nelle zone di coltura estensiva comprendente edifici adibiti a impianti di trasformazione e ricovero;
- le residenze secondarie disperse negli spazi naturali o agricoli.

Comprende invece cimiteri senza vegetazione.

##### **1.2. Zone industriali, commerciali e reti comunicazione**

###### *1.2.1. Aree industriali o commerciali.*

Aree a copertura artificiale (in cemento, asfaltate o stabilizzate: per esempio terra battuta), senza vegetazione, che occupano la maggior parte del terreno. (Più del 50% della superficie).

La zona comprende anche edifici e/o aree con vegetazione. Le zone industriali e commerciali ubicate nei tessuti urbani continui e discontinui sono da considerare solo se si distinguono nettamente dall'abitato. (Insieme industriale di aree superiore a 25 ha con gli spazi associati: muri di cinta, parcheggi, depositi, ecc.). Le stazioni centrali delle città fanno parte di questa categoria, ma non i grandi magazzini integrati in edifici di abitazione, i sanatori, gli stabilimenti termali, gli ospedali, le case di riposo, le prigioni ecc.

### *1.2.2. Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori.*

Larghezza minima da considerare: 100 m.

Autostrade, ferrovie, comprese le superfici annesse (stazioni, binari, terrapieni, ecc.) e le reti ferroviarie più larghe di 100m che penetrano nella città. Sono qui compresi i grandi svincoli stradali e le stazioni di smistamento, ma non le linee elettriche ad alta tensione con vegetazione bassa che attraversano aree forestali.

### *1.2.3. Aree portuali.*

Infrastrutture delle zone portuali compresi i binari, i cantieri navali e i porti da diporto. Quando i moli hanno meno di 100 m di larghezza, la superficie dei bacini (d'acqua dolce o salata) delimitati dagli stessi è da comprendere nel calcolo dei 25 ha.

### *1.2.4. Aeroporti.*

Infrastrutture degli aeroporti: piste, edifici e superfici associate. Sono da considerare solo le superfici che sono interessate dall'attività aeroportuale (anche se alcune parti di queste sono utilizzate occasionalmente per agricoltura – foraggio). Di norma queste aree sono delimitate da recinzioni o strade. In molti casi, l'area aeroportuale figura sulle carte topografiche a grande scala (1:25.000 e 1:50.000). Non sono compresi i piccoli aeroporti da turismo (con piste consolidate) ed edifici di dimensioni molto piccole.

## **1.3. Zone estrattive, discariche e cantieri**

### *1.3.1. Aree estrattive.*

Estrazione di materiali inerti a cielo aperto (cave di sabbia e di pietre) o di altri materiali (miniere a cielo aperto). Ne fanno parte cave di ghiaia, eccezion fatta, in ogni caso, per le estrazioni nei letti dei fiumi. Sono qui compresi gli edifici e le installazioni industriali associate. Rimangono escluse le cave sommerse, mentre sono comprese le superfici abbandonate e sommerse, ma non recuperate, comprese in aree estrattive. Le rovine, archeologiche e non, sono da includere nelle aree ricreative.

### *1.3.2. Discariche.*

Discariche e depositi di miniere, industrie e collettività pubbliche.

### *1.3.3. Cantieri.*

Spazi in costruzione, scavi e suoli rimaneggiati.

## **1.4. Zone verdi artificiali non agricole**

### *1.4.1. Aree verdi urbane.*

Spazi ricoperti di vegetazione compresi nel tessuto urbano. Ne fanno parte cimiteri con abbondante vegetazione e parche urbani.

### *1.4.2. Aree sportive e ricreative.*

Aree utilizzate per camping, attività sportive, parchi di divertimento, campi da golf, ippodromi, rovine archeologiche e non, ecc.

Ne fanno parte i campi attrezzati (aree dotate intensamente di attrezzature ricreative, da picnic, ecc.). Compresi nel tessuto urbano. N.B.: sono escluse le piste da sci, da classificare, di norma, come 2.3.1. e 3.2.1.

## **2. Territori agricoli**

### **2.1. Seminativi**

Superfici coltivate regolarmente arate e generalmente sottoposte ad un sistema di rotazione.

#### *2.1.1. Seminativi in aree non irrigue.*

Sono da considerare perimetri irrigui solo quelli individuabili per fotointerpretazione, satellitare o aerea, per la presenza di canali e impianti di pompaggio. Cereali, leguminose in pieno campo, colture foraggere, coltivazioni industriali, radici commestibili e maggesi. Vi sono compresi i vivai e le colture orticole, in pieno campo, in serra e sotto plastica, come anche gli impianti per la produzione di piante medicinali, aromatiche e culinarie. Vi sono comprese le colture foraggere (prati artificiali), ma non i prati stabili.

#### *2.1.2. Seminativi in aree irrigue.*

Colture irrigate stabilmente e periodicamente grazie ad un'infrastruttura permanente (canale d'irrigazione, rete di drenaggio). La maggior parte di queste colture non potrebbe realizzarsi senza l'apporto artificiale d'acqua. Non vi sono comprese le superfici irrigate sporadicamente.

#### *2.1.3. Risaie.*

Superfici utilizzate per la coltura del riso. Terreni terrazzati e dotati di canali di irrigazione. Superfici periodicamente inondate.

### **2.2. Colture permanenti**

Colture non soggette a rotazione che forniscono più raccolti e che occupano il terreno per un lungo periodo prima dello scasso e della ripiantatura: si tratta per lo più di colture legnose. Sono esclusi i prati, i pascoli e le foreste.

#### *2.2.1. Vigneti.*

Superfici piantate a vigna.

#### *2.2.2. Frutteti e frutti minori.*

Impianti di alberi o arbusti fruttiferi: colture pure o miste di specie produttrici di frutta o alberi da frutto in associazione con superfici stabilmente erbate. Ne fanno parte i castagneti da frutto e i nocciuleti. I frutteti di meno di 25 ha compresi nei terreni agricoli (prati stabili o seminativi) ritenuti importanti sono da comprendere nella classe 2.4.2. I frutteti con presenza di diverse associazioni di alberi sono da includere in questa classe.

#### *2.2.3. Oliveti.*

Superfici piantate ad olivo, comprese particelle a coltura mista di olivo e vite.

## **2.3. Prati stabili**

### *2.3.1. Prati stabili.*

Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee, non soggette a rotazione. Sono per lo più pascolate, ma il foraggio può essere raccolto meccanicamente. Ne fanno parte i prati permanenti e temporanei e le marcite. Sono comprese inoltre aree con siepi. Le colture foraggere (prati artificiali inclusi in brevi rotazioni) sono da classificare come seminativi (2.1.1.).

## **2.4. Zone agricole eterogenee**

### *2.4.1. Colture annuali associate a colture permanenti.*

Colture temporanee (seminativi o prati) in associazione con colture permanenti sulla stessa superficie, quando le particelle a frutteto comprese nelle colture annuali non associate rappresentano meno del 25% della superficie totale dell'unità.

### *2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi.*

Mosaico di piccoli appezzamenti con varie colture annuali, prati stabili e colture permanenti, occupanti ciascuno meno del 75% della superficie totale dell'unità. Vi sono compresi gli "orti per pensionati" e simili. Eventuali "lotti" superanti i 25 ha sono da includere nelle zone agricole.

### *2.4.3. Suoli principalmente occupati dall'agricoltura.*

Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali (formazioni vegetali naturali, boschi, lande, cespuglieti, bacini d'acqua, rocce nude, ecc.) importanti.

Le colture agrarie occupano più del 25 e meno del 75% della superficie totale dell'unità.

### *2.4.4. Aree agroforestali.*

Colture annuali o pascolo sotto copertura arborea composta da specie forestali.

## **3. Territori boscati e ambienti seminaturali**

### **3.1. Zone boscate**

#### *3.1.1. Boschi di latifoglie.*

Formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali a latifoglie. La superficie a latifoglie deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto. N.B.: vi sono compresi i pioppeti e gli eucalitteti.

#### *3.1.2. Boschi di conifere.*

Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali conifere. La superficie a conifere deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto. N.B.: vi sono comprese le conifere a rapido accrescimento.

#### *3.1.3. Boschi misti*

Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi ma anche da cespugli ed arbusti, dove non dominano né le latifoglie né le conifere.

### **3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea**

#### **3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota.**

Aree foraggere a bassa produttività. Sono spesso situate in zone accidentate. Interessano spesso superfici rocciose, roveti e arbusteti. Sulle aree interessate dalla classe non sono di norma presenti limiti di particelle (siepi, muri, recinti).

#### **3.2.2. Brughiere e cespuglieti.**

Formazioni vegetali basse e chiuse, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erbacee (eriche, rovi, ginestre dei vari tipi, ecc.). vi sono comprese le formazioni a pino mugo.

#### **3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla.**

Ne fanno parte macchie garighe. Macchie: associazioni vegetali dense composte da numerose specie arbustive miste su terreni silicei acidi in ambiente mediterraneo. Garighe: associazioni cespugliose discontinue delle piattaforme calcaree mediterranee. Sono spesso composte da quercia coccifera, corbezzolo, lavanda, timo, cisto bianco, ecc. Possono essere presenti rari alberi isolati.

#### **3.2.1. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione.**

Vegetazione arbustiva o erbacea con alberi sparsi. Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o da una rinnovazione della stessa per ricolonizzazione di aree non forestali.

### **3.3. Zone aperte con vegetazione rada o assente**

#### **3.3.1. Spiagge, dune, sabbie (più larghe di 100 m).**

Le spiagge, le dune e le distese di sabbia e di ciottoli di ambienti litorali e continentali, compresi i letti sassosi dei corsi d'acqua a regime torrentizio. Le dune ricoperte di vegetazione (erbacea o legnosa) devono essere classificati nelle voci corrispondenti: boschi (3.1.1., 3.1.2. e 3.1.3.), prati (2.3.1.) o aree a pascolo naturale (3.2.1.).

#### **3.3.2. Rocce nude, falesie, rupi affioramenti.**

#### **3.3.3. Aree con vegetazione rada.**

Comprende le steppe xerofile, le steppe alofile, le tundre e le aree calanchive in senso lato.

#### **3.3.1. Aree percorse da incendi.**

Superfici interessate da incendi recenti. I materiali carbonizzati sono ancora presenti.

#### **3.3.2. Ghiacciai e nevi perenni.**

Superfici coperte da ghiacciai o da nevi perenni.

## **4. Zone umide**

### **4.1. Zone umide interne**

Zone non boscate, parzialmente, temporaneamente o permanentemente saturate da acqua stagnante o corrente.

#### *4.1.1. Paludi interne.*

Terre basse generalmente inondate in inverno e più o meno saturate d'acqua durante tutte le stagioni.

#### *4.1.2. Torbiere.*

Terreni spugnosi umidi nei quali il suolo è costituito principalmente da muschi e materiali vegetali decomposti. Torbiere utilizzate o meno.

### **4.2. Zone umide marittime**

Zone non boscate, saturate parzialmente, temporaneamente o in permanenza da acqua salmastra o salata.

#### *4.2.1. Paludi salmastre.*

Terre basse con vegetazione, situate al di sotto del livello di alta marea, suscettibili pertanto di inondazione da parte delle acque del mare. Spesso in via di riempimento, colonizzate a poco a poco da piante alofile.

#### *4.2.2. Saline.*

Saline attive o in via di abbandono. Parti di paludi salmastre utilizzate per la produzione di sale per evaporazione. Sono nettamente distinguibili dal resto delle paludi per la forma regolare delle particelle e il loro sistema di argini.

#### *4.2.3. Zone intertidali.*

Superfici limose, sabbiose o rocciose generalmente prive di vegetazione comprese fra il livello delle alte e delle basse maree.

## **5. Corpi idrici**

### **5.1. Acque continentali**

#### *5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie.*

Corsi di acqua naturali o artificiali che servono per il deflusso delle acque. Larghezza minima da considerare: 100 m.

#### *5.1.2. Bacini d'acqua.*

Superfici naturali o artificiali coperte da acque.

### **5.2. Acque marittime**

#### *5.2.1. Lagune.*

Aree coperte da acque salate o salmastre, separate dal mare da barre di terra o altri elementi topografici simili. Queste superfici idriche possono essere messe in comunicazione con il mare in certi punti particolari, permanentemente o periodicamente.

#### *5.2.2. Estuari.*

Parte terminale dei fiumi, alla foce, che subisce l'influenza delle acque.

#### *5.2.3. Mari e oceani.*

Aree al di là del limite delle maree più basse.