

Utilizzo di immagini satellitari QuickBird nella realizzazione di cartografia geomorfologica a grande scala dell'area dei Piani di Colfiorito, comune di Foligno (PG)

Fabio BIBBO' (*), Francesco IMMORDINO (*), Vincent OTTAVIANI (**)

(*) ENEA Bologna, via Martiri di Monte Sole 4, 40129 Bologna, tel. 0516098089, fax 0516098544, e-mail fabio.bibbo@bologna.enea.it, immo@bologna.enea.it

(**) Servizio Ambiente, Comune di Foligno, via Gentile da Foligno, tel. 0742330241, fax 0742330311, e-mail ambiente@comune.foligno.pg.it

Riassunto

Nell'ambito di un incarico affidato dal Comune di Foligno a ENEA Bologna - Laboratorio di Telerilevamento e GIS, relativo alla "Valutazione delle potenzialità di utilizzo del territorio in relazione alla suscettibilità/rischio idrogeologico", si è effettuato uno studio degli aspetti geomorfologici dell'area dei Piani di Colfiorito. Questo sito dal forte interesse storico e paesaggistico, tristemente noto per i forti eventi sismici del 1997, non aveva ancora a disposizione una cartografia tematica a media/grande scala. Per lo studio sono state utilizzate immagini multispettrali *QuickBird* opportunamente ortorettificate e fuse a risoluzione geometrica di 0,7 m/px. Con l'ausilio di tradizionali procedure di fotointerpretazione e il supporto di moderne tecniche di *image processing* si è individuato i caratteri di rilievo e le aree su cui porre maggiore attenzione. Un'attenta analisi *in situ* ha consentito la convalida dei dati precedentemente estratti e la realizzazione del prodotto finale. Sono state effettuate considerazioni sulla distribuzione dei sistemi di faglia quaternari, l'origine degli altopiani e la loro evoluzione sotto il controllo del carsismo che ancora oggi regola l'idrografia dell'area alterando i materiali presenti. La realizzazione in parallelo di una carta di uso del suolo alla stessa scala ha fornito un valido supporto alla definizione di quelle aree più soggette a rischio per inondazione o instabilità del terreno. Il risultato ottenuto è una carta geomorfologica in scala 1:10.000, realizzata secondo i canoni dell'attuale cartografia geomorfologica, disponibile ora a supporto delle programmazioni di utilizzo del territorio.

Abstract

As part of a project entrusted by the Municipality of Foligno to Enea Bologna - Laboratorio di Telerivamento e GIS concerning the "Evaluation of the potentialities of utilization of the territory in relation to the hydro-geological susceptibility/hazard" a survey has been done on the geomorphologic aspects of the region of Piani di Colfiorito. This site marked by a strong historical and landscaping interest, sadly known for the heavy seismic events in 1997, hasn't already had at its proposal a middle/large scale thematic cartography. Multispectral QuickBird images, conveniently orthorectified and fused on a geometrical resolution of 0,7 m/px, have been used to the survey. By the means of traditional procedures of image interpretation and by the support of modern technics in image processing they have been found the remarkable characteristics and the regions on whom pay more attention. A careful analysis *in situ* permitted the ratification of the data previously selected and the realization of the final product. Considerations have been done on the distribution of the system of Quaternary fault, the origins of the plateaus and its evolution under the control of the karsism, which rules the hydrography of the area by spoiling the material present up to now. The realization in parallel of a map of land use at the same scale allowed the definition of those areas more subjected to the water-flood or instability of the soil. The result is a geomorphological map on

scale 1:10.000, made up according to the canons of the current geomorphologic cartography, available as a support of the territorial planning and management.

Introduzione

L'area dei Piani di Colfiorito si trova nella Regione Umbria a ridosso del confine con le Marche, 20 km a NE del Comune di Foligno. Dal punto di vista geologico tali piani di chiara origine tettonica

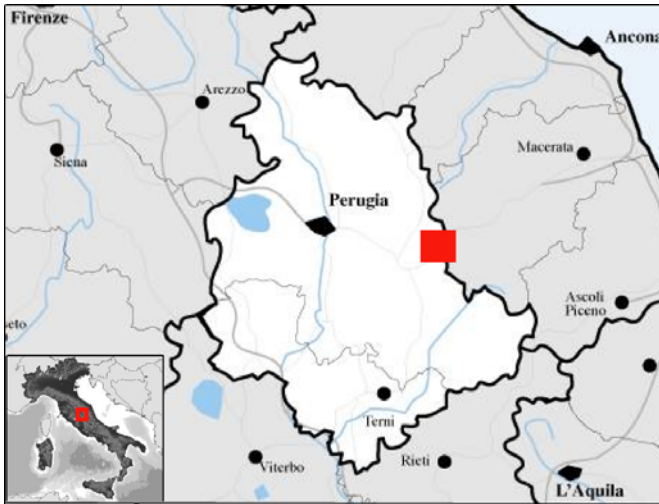


Figura 1 - Ubicazione dell'area di studio

sono ubicati sulla *dorsale umbro-marchigiana*, facente parte dell'Appennino Umbro-Marchigiano. Si tratta di un arco orogenico le cui direttrici strutturali, spostandosi da nord a sud, ruotano progressivamente da NNO-SSE a NNE-SSO. La successione sedimentaria dell'Appennino Umbro-Marchigiano si è deposta interamente su crosta continentale appartenente alla microplacca adriatica. Nell'area di studio è presente l'intera successione del Dominio Umbro-Marchigiano dal Giurassico superiore al Miocene inferiore. Le unità stratigrafiche presenti, dal termine più antico, la Maiolica, alle Marne a Fucoidi, al gruppo della Scaglia fino al più giovane, l'Orizzonte del Bisciario, si

deposero in ambiente pelagico. La successione presenta uno spessore totale variabile fra i 500 e i 1200 metri ed è costituita da calcari e calcari marnosi spesso selciferi. L'attività deposizionale del Quaternario è evidente soprattutto nel colmamento di quei bacini che si formarono durante la fase distensiva della tettonica appenninica. Si tratta di sedimenti lacustri, fluvio-lacustri e palustri (livelli torbosi si rinvergono anche nel Piano di Colfiorito ora bonificato ed in passato ricoperto da una palude) che in alcuni casi raggiungono i 120 m di spessore (conca di Cesi-Popola). La presenza di substrato calcareo in tutta l'area determina inoltre l'abbondante presenza di depositi eluviali (terre rosse).

L'area si presenta caratterizzata dalla presenza di sette conche principali che si sviluppano intorno ai 750-800 m di quota e da rilievi che le bordano fino a raggiungere massimo i 1050 m. Le superfici areali di questi piani variano tra 1 e 6 km² e il loro sviluppo principale è in direzione NO-SE, con un tipico stile a *Horst e Graben*. Gregori (1990) ammette che se è vero che la genesi e la geometria delle conche sono vistosamente controllate dalla tettonica è indubbio che il carsismo ha avuto un ruolo importante nella conservazione e nella evoluzione delle depressioni. Infatti esaminando più in dettaglio l'idrografia dell'area si osserva che la densità di drenaggio è molto bassa e, in accordo con i fenomeni carsici ben visibili, l'idrografia superficiale è rappresentata per lo più da fossi anche molto incisi che scendono verso le conche vallive e si perdono attraverso i depositi pedemontani. I sedimenti fluvio-lacustri depositi entro le conche sono meno permeabili e sono attraversati da modesti corsi d'acqua che organizzano appena un reticolo idrografico. In genere, tuttavia, dopo breve tragitto (spesso controllato dalla tettonica) si gettano entro inghiottitoi. Entro queste aree di conca si realizza pertanto un deflusso che vede la raccolta delle acque e, talora, il loro ristagno permanente che si verifica in virtù della parziale impermeabilizzazione del basamento da parte di sedimenti a dominante componente argillosa.

Dal punto di vista ambientalistico l'area di studio è di notevole importanza soprattutto per la presenza della palude. Tale area è stata dichiarata SIC (Sito di Importanza Comunitaria) per il suo complesso e delicato ecosistema naturale. La sua importanza naturalistica è dimostrata dalla presenza di ben 39 specie floristiche ritenute rare in Italia e da una fauna altrettanto unica. Il paesaggio vegetazionale che contraddistingue i sette piani ed i rilievi collinari e montani del bacino imbrifero, per l'altitudine, la morfologia, i suoli, il clima e gli interventi dell'uomo (connessi con le

attività agricole, pastorali e forestali) si presenta molto articolato e complesso. È possibile distinguere aree interessate da campi coltivati (nelle piane soprattutto le tradizionali colture dei cereali e dei foraggi), aree di praterie montane e collinari, boschi di caducifoglie, boschi di sclerofille sempreverdi, vegetazione di ambienti umidi e lacustri e infine aree di rimboschimenti a conifere.

Metodologie di studio e dati estratti

Come approccio metodologico nel presente studio si è scelto di integrare le tradizionali procedure di telerilevamento e rilevamento da terra con l'utilizzo di nuove tecniche di *image processing* per l'estrazione del maggior numero possibile di dati. La prima fase è stata quella del reperimento e analisi della bibliografia più aggiornata esistente. I dati disponibili dall'interpretazione del profilo sismico CROP 03 (Punta Ala – Gabicce) passante poco più a nord dell'area di studio, delle altre linee sismiche, delle immagini aeree e satellitari e delle campagne a terra hanno permesso di definire un quadro morfostrutturale caratterizzato dalla presenza di dorsali e depressioni tettoniche la cui geometria e evoluzione è guidata da un set di faglie quaternarie, visibili in superficie, e che ha preso il nome di "Sistema di Faglia di Colfiorito". I caratteri geometrici e cinematici dei segmenti di faglia appartenenti al sistema di Colfiorito possono essere così riassunti (Cello et al, 1997):

- faglie con direzione media N 140-160, immergenti a O-SO, sono caratterizzate da un movimento da diretto a transtensivo sinistro;
- faglie ad andamento N-S mostrano solitamente movimenti trascorrenti sinistri;
- faglie subverticali con direzione media N 70-90, subordinate per frequenza e dislocamento e caratterizzate da un movimento normale e/o transtensivo destro.

Lo studio della tettonica recente, mosso dal grande interesse seguito ai disastrosi eventi sismici che interessano l'intera area dal Settembre 1997 all'Aprile 1998 provocando ingenti danni e vittime, mostra come l'attività quaternaria sia legata essenzialmente alle strutture di cui sopra. In particolare

alcune sono responsabili della recente sismicità. Tali faglie normali, transtensive e trascorrenti con andamento NNO-SSE sono parallele alla catena appenninica, immergono ad alto angolo verso O, sono chiaramente osservabili sul terreno lungo il fronte dei calcari mesozoici e bordano le piccole depressioni tettoniche dei piani riempite da depositi pleistocenici ed olocenici (Barba & Basili, 2000) (Figura 2).

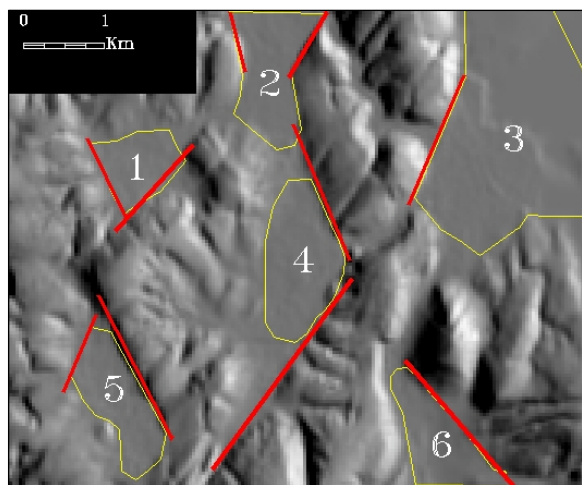


Figura 2 - Rappresentazione schematica sul DEM della distribuzione dei principali lineamenti tettonici (in rosso) presenti ai bordi di sei piani, di cui viene indicato il perimetro (in giallo)

La seconda fase del lavoro è stata la fotointerpretazione dei due set di immagini *QuickBird* disponibili. L'alta risoluzione geometrica (0,7 m/px) e quella spettrale (11 bit, equivalenti a 2046 livelli di grigio), unite all'utilizzo di potenti elaboratori e *software* per la manipolazione e gestione a monitor delle immagini, hanno consentito l'identificazione di numerosi elementi morfologici. Le caratteristiche di forma, grandezza, struttura, tessitura, tonalità e colore, con l'ausilio di criteri di identificazione diretti e indiretti hanno consentito la

definizione degli elementi riportati in legenda. Quest'ultima è stata realizzata seguendo le linee guida proposte dal Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia (1993) e i suoi elementi sono distinti in 6 gruppi principali: elementi geologico strutturali, elementi idrografici, forme del versante dovute a gravità, forme fluviali e di versante dovute al dilavamento, forme carsiche e forme antropiche. In particolare per il primo gruppo in legenda ci si attenuti a quanto riportato nella nuova Carta Geologica Regionale dell'Umbria in scala 1:10.000 (AA.VV., 2002), scegliendo di

distinguere il substrato in due tipologie a differente permeabilità invece che indicare ogni unità litostratigrafica presente, verificando e correggendo dove possibile i limiti con l'ausilio della fotointerpretazione (seppur spesso ricoperto da vegetazione, il substrato calcareo si può notare nelle

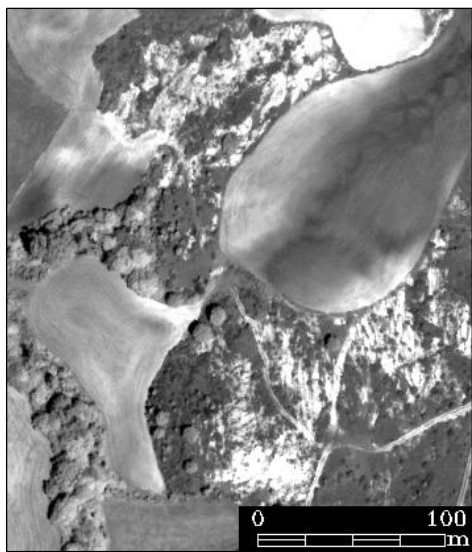


Figura 3 - Substrato calcareo

immagini pancromatiche per il suo tipico tono grigio molto chiaro e la tessitura accidentata, v. Figura 3). Per quanto riguarda invece gli elementi tettonici è da notare come grazie a giochi di ombre e particolari disposizioni della vegetazione sia possibile riconoscere l'assetto giaciturale degli strati e i lineamenti tettonici (Figura 4).

La terza fase è stata quella in cui alle tradizionali tecniche si è affiancato quelle più innovative e che meglio si adattano al tipo di dato digitale a disposizione. Si intendono tutte quelle procedure di *image processing* che vanno dalla visualizzazione a livelli di densità (*density slicing*), alle tecniche di miglioramento del contrasto (*stretching*), all'applicazione di filtri digitali (in particolare quelli direzionali sono stati utili per l'individuazione dei lineamenti tettonici), al calcolo dei rapporti tra bande e degli indici di vegetazione, fino alla classificazione delle aree e la realizzazione di carte di uso del suolo, che in maniera indiretta arricchiscono la conoscenza della realtà a terra. Prima però si

è reso necessario ortorettificare le due immagini e per far questo è stato utilizzato il modello rigoroso contenuto nel modulo *OrthoEngine* di *PCI Geomatica* che, grazie ai 44 *Ground Control Point* raccolti nell'intera area comunale e al DEM del *Programma it2000* della C.G.R. con passo di 40 metri e accuratezza di ± 5 metri, ha consentito di ottenere ortofotopiani con accuratezza

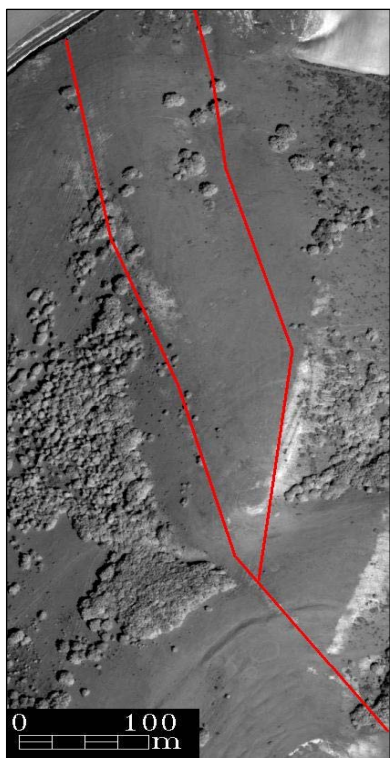


Figura 4 - Individuazione di lineamenti tettonici

posizionale di circa 1 *pixel* (0,7 metri). Da sottolineare come le immagini acquistate siano di tipo *bundle OrthoReady* e per questo adatte a tale rielaborazione. In questo modo è stato possibile inserire in ambiente GIS tutti i dati disponibili e poter sovrapporre le immagini satellitari, i dati catastali, il DEM, i tematismi estratti da precedenti studi e nel corso di questo, così da avere un quadro più completo possibile della realtà a terra. Le potenzialità offerte dall'interazione istantanea tra i dati disponibili ha consentito inoltre l'individuazione di aree su cui porre maggiore attenzione. Ci si riferisce ad esempio a quelle aree dei piani in cui le morfologie individuate attraverso il DEM, le caratteristiche geolitologiche indicate dalla carta geologica, l'appartenenza a classi di uso del suolo quali "prato naturale" e "pascolo" invece che "seminativo", il tono più scuro nelle immagini relative a lunghezza d'onda dell'infrarosso vicino, dimostrano una presenza costante di umidità e che sono state quindi indicate come aree facilmente soggette a inondazione e dall'alto rischio idrogeologico. Molto utile in questo senso è stato il contributo offerto dalla realizzazione di carte di uso del suolo. Queste sono state ottenute attraverso classificazioni guidate che hanno permesso la discriminazione di un totale di dodici classi scelte in accordo con quelle proposte nel progetto *CORINE LandCover*. Le classi di copertura sono: tessuto urbano continuo e discontinuo, aree industriali e commerciali, reti stradali e spazio accessori, seminativo non vegetato, seminativo vegetato,

prato naturale, bosco di latifoglie, bosco di conifere e rimboschimento, pascolo, suolo nudo e vie sterrate, vegetazione palustre, acqua. L'accuratezza media delle classificazioni ottenute è molto alta

e anche nel caso di immagini *pan-sharpened* ortorettificate raggiunge il 92%, con valori di *K coefficient* nelle matrici di confusione maggiori o uguali a 0,91.

La quarta fase del lavoro, che in realtà è iniziata in contemporanea con quella della fotointerpretazione ed è andata avanti fino alle fasi conclusive, è stata la campagna di rilevamento a terra. Inizialmente è stata utile per la definizione degli elementi da inserire sia nella carta geomorfologica che in quelle di uso del suolo; successivamente è stata determinante per il controllo e la convalidazione dei dati estratti nelle altre fasi del lavoro. La campagna di rilevamento si è rivelata di fondamentale importanza, integrando lo studio non solo con la verifica diretta di ogni osservazione, ma anche fornendo quelle informazioni al contorno, evidentemente non estrapolabili direttamente dalle immagini, che però si rivelano spesso basilari per la contestualizzazione di ciascun dato osservato a schermo.

Risultati e conclusioni

Il tempo impiegato per la realizzazione dell'intero elaborato è stato di circa un anno, durante il quale sono stati realizzati prodotti sia in forma cartacea che digitale. Il più importante di questi è la carta geomorfologica con elementi tettonici in scala 1:10.000 (Figura 6). L'alto contenuto informativo contenuto al suo interno la pone come strumento di necessità assoluta alla normale programmazione di utilizzo del territorio, così come richiesto dal Comune di Foligno. La definizione di aree soggette a rischio idrogeologico era l'obiettivo principale dello studio e in questo le immagini multispettrali *QuickBird* si sono dimostrate uno strumento validissimo. L'alta risoluzione geometrica ha consentito il riconoscimento di un elevato numero di elementi utili ai fini dello studio, consentendo risultati un tempo difficilmente ottenibili con il solo ausilio di foto da piattaforma aerea, senza tralasciare i costi di acquisizione che nel nostro caso sono stati abbastanza ridotti. La risoluzione spettrale poi si è dimostrata la marcia aggiunta all'analisi a distanza dell'area, consentendo la realizzazione di carte di uso del suolo ad alto dettaglio e attendibilità, uno strumento che per i nostri obiettivi si è dimostrato ricco di informazioni indirette. L'area dei Piani di Colfiorito è caratterizzata da un impatto antropico confinato alle sole aree pianeggianti che, ad esclusione della sola Palude di Colfiorito costantemente ricoperta d'acqua, è ben evidente nell'alto numero di campi coltivati con tipico *pattern* a scacchiera, ma ridotto al minimo per quanto riguarda i centri abitati. Non sono presenti grandi centri insediativi, nonostante l'area sia sempre stata via di comunicazione principale tra Adriatico e Tirreno. L'alto numero di aree interessate da dissesti gravitativi individuate aiuta a capire meglio questo aspetto. Sui depositi eluvio-colluviali più spessi sono assai diffusi fenomeni di dissesto piuttosto lenti e poco profondi, principalmente frane del tipo colamento o più raramente soliflusso; sui più ripidi versanti, formati da litotipi calcareo-marnosi, sono più frequenti frane più profonde, ovvero scivolamenti sia traslazionali che

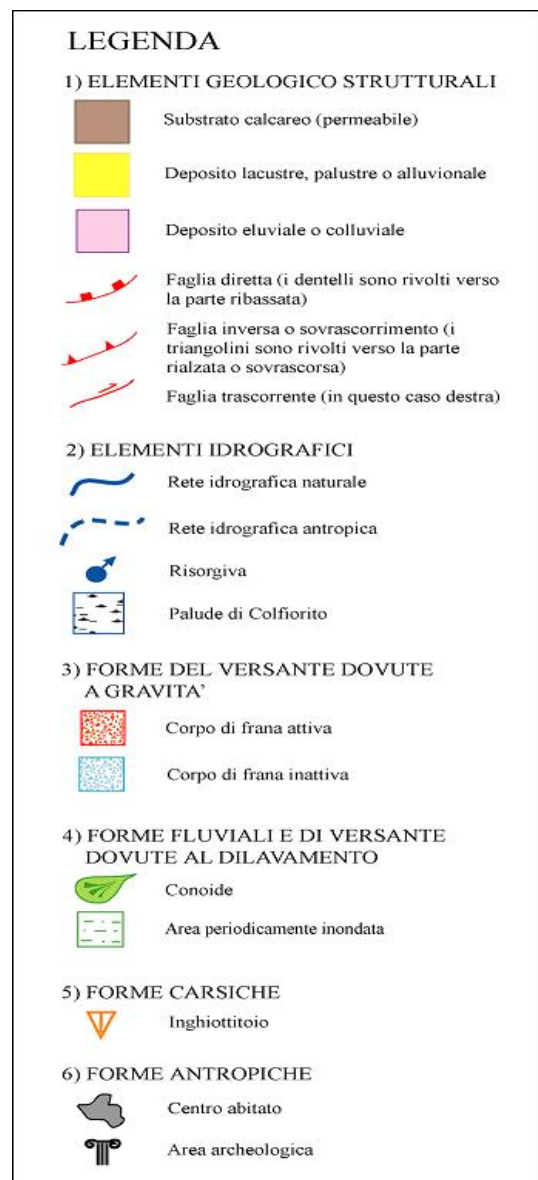


Figura 5 - Particolare della legenda della carta geomorfologica

rotazionali; le scarpate ancora più acclivi, anche queste in rocce calcaree, sono spesso interessate da frane di crollo. Con questa carta geomorfologica si è voluto dare anche un primo supporto per la progettazione di opere future, incentrate principalmente sulla bonifica delle aree paludose. Da secoli infatti l'uomo cerca di strappare alla natura selvaggia dell'area dei piani terre da destinare alla costruzione e all'agricoltura. La pratica del disboscamento o *cese* (taglio del bosco per messa a coltura del terreno), da cui prende il nome l'abitato di Cesi, è solo un esempio di come è intervenuto l'uomo nel tempo. In questo senso è utile avere individuato i limiti di precedenti depositi alluvionali e palustri, a dimostrazione di quale poteva essere un tempo l'estensione delle aree paludose o lacustri.

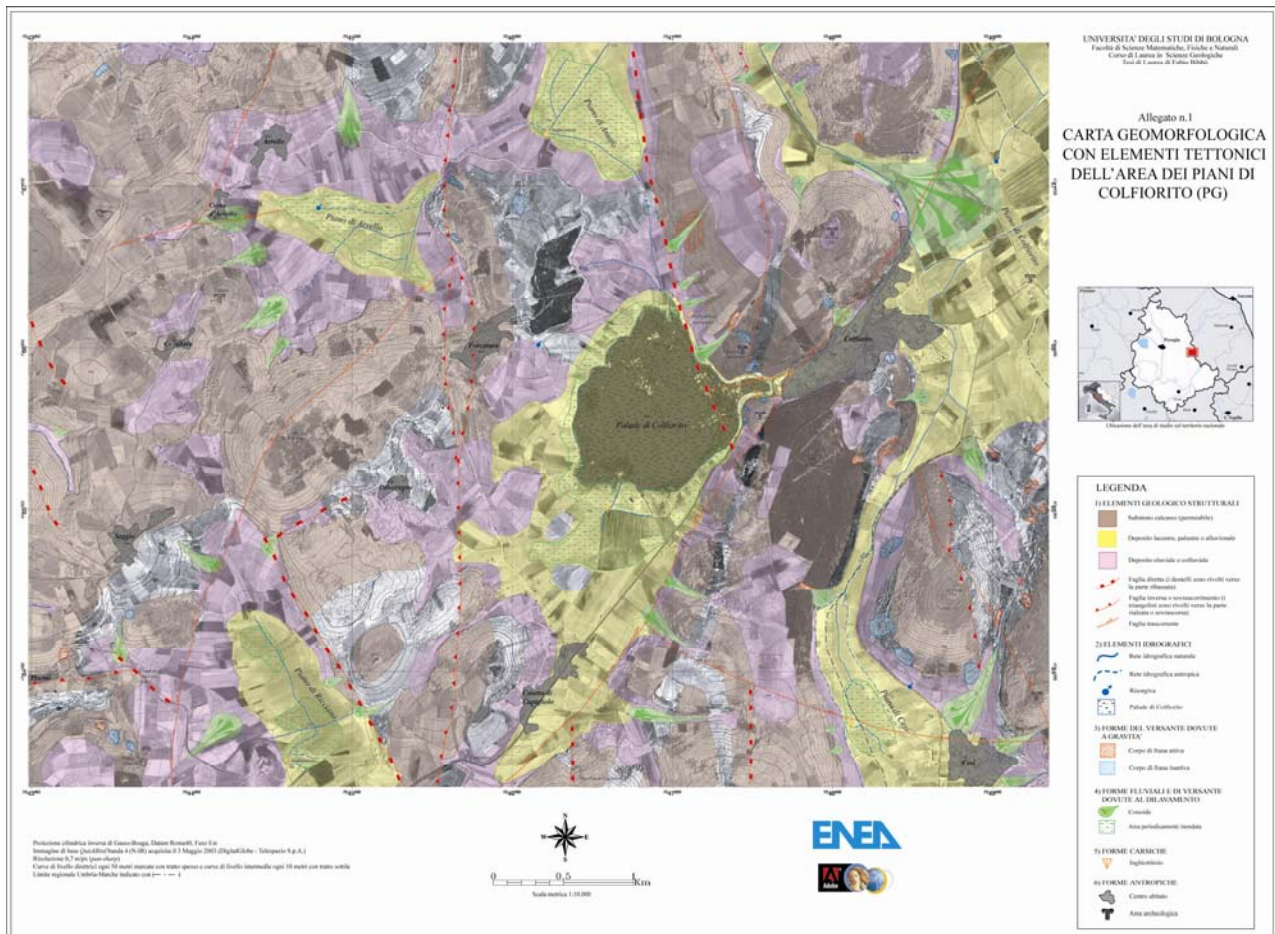


Figura 6 – Immagine rimpicciolata della carta geomorfologica realizzata nel presente studio

Bibliografia

- AA.VV. (2002), *Rilevamento geologico e geotematico delle aree terremotate. Regione dell'Umbria*, Direzione Politiche Territoriali Ambiente e Infrastrutture, Servizio Geologico.
- Barba S. & Basili R. (2000), "Analysis of seismological and geological observations for moderate-size earthquakes: the Colfiorito fault system (Central Apennines, Italy)", *Geophysical J. Int.*, 141: 241-252
- Cello G., Mazzoli S., Tondi E. & Turco E. (1997), "Active tectonics in the Apennines and possible implications for seismic hazard analysis in peninsular Italy", *Tectonophysics*, 272: 43-68
- Gregori L. (1990), "Geomorfologia e Neotettonica dell'Area di Colfiorito (Umbria)", *Geogr. Fis. Din. Quat.*, 13: 43-52
- Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (1993), "Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo", *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 16/2: 129-152