

CECILIA GIUSTI *

IL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM) COME SUPPORTO ALLA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA: L'ESEMPIO DELLA PIANURA MODENESE (PIANURA PADANA, ITALIA SETTENTRIONALE)

Introduzione

Il presente lavoro illustra i risultati preliminari di una ricerca in corso nella pianura modenese (Pianura Padana, Italia settentrionale), che tramite l'ausilio di Sistemi Informativi Territoriali (GIS) ha lo scopo di reinterpretare e integrare l'esistente cartografia geomorfologica. L'utilizzo del modello digitale del terreno (DTM), infatti, ha reso possibile la visualizzazione e l'identificazione di morfologie dell'area di pianura oggetto di studio, difficilmente individuabili con la classica interpretazione planimetrica delle isoipse.

Inquadramento geografico-geomorfologico

La pianura modenese si trova nel settore centro-meridionale della Pianura Padana ed è delimitata a nord dalla Provincia di Mantova, ad est dalle Province di Ferrara e Bologna, a sud dal margine appenninico e ad ovest dalla Provincia di Reggio Emilia (fig. 1). L'area di studio è com-

* Università di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Scienze della Terra.

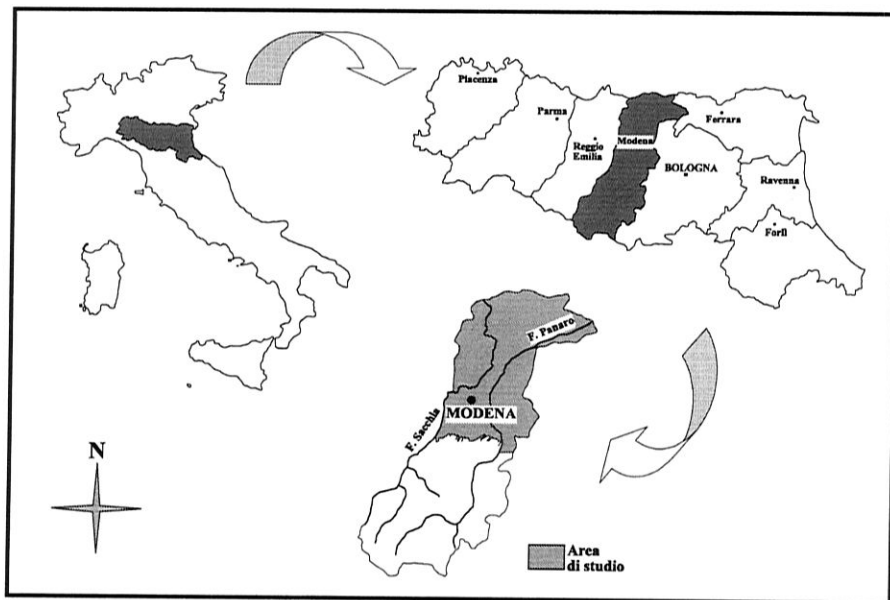


Fig. 1 - Localizzazione dell'area di studio.

presa nelle Tavole a scala 1:25.000 della Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Emilia Romagna: 183 NE, 183 SE, 183 SO; 184 NE, 184 SE, 184 SO, 184 NO; 185 SO; 201 NE, 201 SE, 201 SO, 201 NO; 202 NE, 202 SO, 202 NO; 219 NE, 219 SE, 219 NO, 219 SO; 220 NO, per un'estensione totale di circa 1.348 km².

Il territorio in esame, da sud verso nord, ha quote comprese tra 175 m e 7 m s.l.m e da un punto di vista altitudinale si può dividere in alta, media e bassa pianura (AA. Vv., 1997). L'alta pianura è compresa tra il margine appenninico e la via Emilia, con quote tra 175 m e 50 m e corrisponde alla zona di conoide dei fiumi principali che scendono dall'Appennino, la media pianura è compresa tra la via Emilia e la curva di livello dei 20 m, la bassa pianura è compresa tra l'isoipsa dei 20 m fino a quella dei 7 m.

La pianura modenese è ricoperta in superficie da depositi fluviali del Pleistocene medio - superiore, nella parte più prossima all'Appennino, e dell'Olocene, nell'area più settentrionale, con granulometrie che decrescono dalle ghiaie alle argille, da sud a nord (G ASPERI e PELLEGRINI, 1984; GASPERI *et alii*, 1989; GELMINI *et alii*, 1988).

Le caratteristiche morfologiche dell'area sono condizionate prevalentemente dall'evoluzione dei due principali fiumi della Provincia modenese, il Fiume Panaro, che scorre all'estremità orientale del territorio e il Fiume Secchia, che scorre all'estremità occidentale. Numerose sono le forme dovute a paleoidrografia sia dei due corsi d'acqua soprammenzionati sia del Fiume Po, nella parte di bassa pianura (CASTALDINI, 1989). L'evoluzione degli affluenti appenninici del Po è stata prevalentemente condizionata dai movimenti tettonici legati alla catena appenninica (CASTALDINI *et alii*, 1979; CASTALDINI *et alii*, 1988) e dagli intensi cambiamenti climatici durante il medio - tardo Pleistocene e l'Olocene (CREMASCHI e MARCHETTI, 1995). Nell'alta pianura, ad esempio, Secchia e Panaro scorrono incassati in argini artificiali, per poi divenire pensili al passaggio tra l'alta e la media pianura. A questo passaggio corrisponde anche una transizione nel *pattern* del letto fluviale che si trasforma da corso a canali *braided*, in monocursale meandriforme. In prossimità di questo importante limite morfologico sono state predisposte delle casse d'espansione per proteggere il territorio dalle esondazioni. Per quanto riguarda il F. Panaro sono funzionanti dal 1985 e per il F. Secchia dal 1979 (CASTALDINI e PELLEGRINI, 1989).

Il modello digitale del terreno (DTM)

Per la realizzazione di una carta geomorfologica aggiornata della pianura modenese si è costruito un modello digitale del terreno. Per la realizzazione dello stesso si è proceduto mediante l'ausilio del Sistema Informativo Territoriale ILWIS 2.2 (GIS di produzione olandese che opera prevalentemente in ambiente raster), poiché un DTM dell'area di studio non era disponibile e tanto meno con il dettaglio voluto.

Una parte preliminare del lavoro è consistita nella realizzazione dalla base topografica su cui lavorare, tramite l'assemblaggio a computer delle Tavole 1:25.000 della CTR della Regione Emilia Romagna, disponibili in formato raster. Una volta importato il file in ILWIS 2.2., è stato creato un sistema di coordinate (proiezione UTM, datum ED50, ellissoide internazionale 1924, zona 32) e quindi una georeferenza (trasformazione affine, errore sigma 1.597 pixels, 40 punti di controllo).

La prima fase del lavoro per la realizzazione del modello digitale del terreno, è consistita nel digitalizzare, con l'ausilio di una tavoletta grafica formato A3, la carta del microrilievo naturale (fig. 2). In questa le isoipse sono state tracciate manualmente sulla base dei punti quotati delle Tavole scala 1:25.000 e delle Sezioni scala 1:10.000 della CTR della

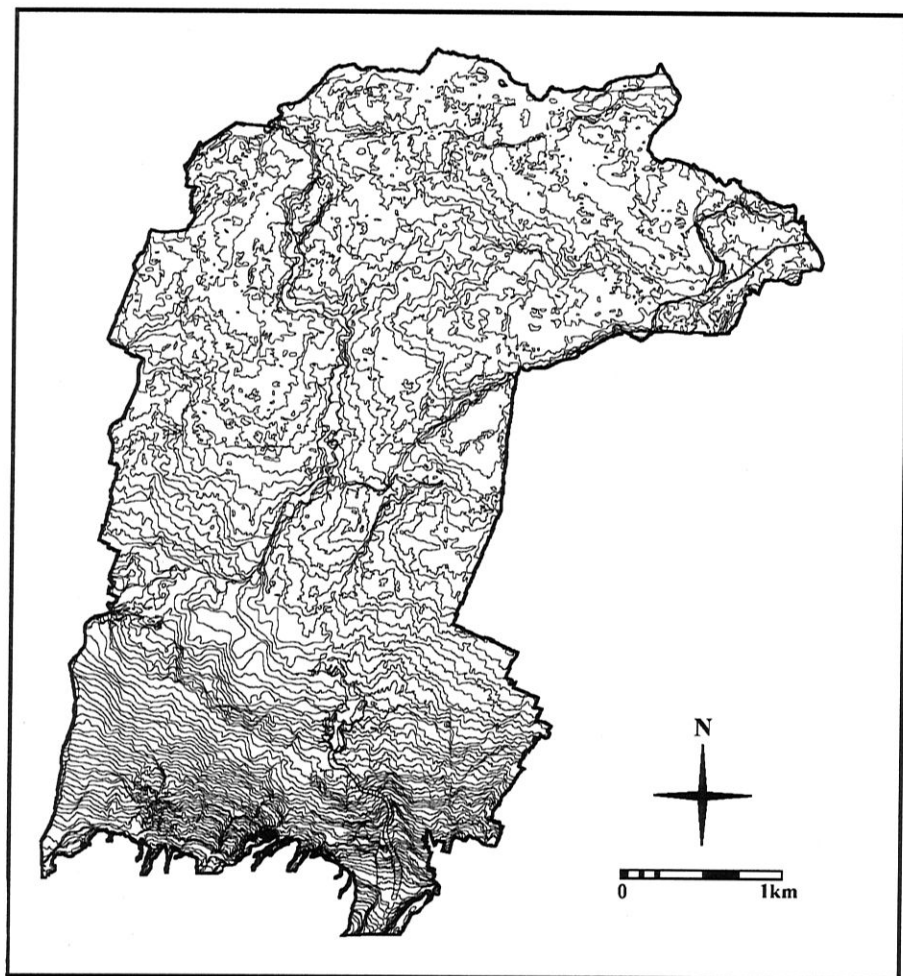


Fig. 2 - Carta del microrilievo naturale. Equidistanza delle curve di livello: 1m (lungo il margine appenninico 5 m).

Regione Emilia Romagna. Per far ciò sono stati tralasciati i punti quotati corrispondenti ad opere antropiche, poiché il loro assetto altimetrico modifica l'andamento naturale del rilievo, introducendo altezze addizionali in positivo, come per esempio le infrastrutture, e in negativo, come per esempio le cave. Le curve di livello digitalizzate, in parte sono dati

inediti del Prof. D. Castaldini, in parte sono state prese dalla «Carta geologica del margine appenninico e dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro (Provincia di Modena)» a scala 1:25.000 (GASPERI *et alii*, 1989) e in parte sono state disegnate dalla scrivente.

Le isoipse hanno equidistanza di 1 m per la parte di bassa e media pianura modenese, fino ad arrivare al margine appenninico dove le curve sono ogni 5 m, in quanto quelle di 1 m sono troppo ravvicinate.

Si tiene a precisare che per l'area delle casse d'espansione del F. Secchia e del F. Panaro il rilievo ricostruito è semi-naturale in quanto, mentre opere antropiche quali cave, infrastrutture, edifici, sono state «ignorate», le casse sono state considerate come parte integrante del paesaggio naturale. La ricostruzione dell'andamento del territorio in quest'area risulta particolarmente ardua ed è molto difficile ridisegnare le isoipse naturali originarie; infatti, pur non essendoci stato bisogno, per la realizzazione delle casse, di costruire ingenti opere di contenimento, entrambe furono ricavate in grandi depressioni del terreno create a causa delle attività estrattive (CASTALDINI e PELLEGRINI, 1989).

La fase successiva è stata la realizzazione del modello digitale del terreno dalla carta delle isoipse creata. La risoluzione del pixel utilizzata è di 25 m. Dal DTM sono stati derivati anche il modello digitale delle pendenze, in percentuale e in gradi e il modello digitale delle orientazioni, in gradi e riclassificato in classi (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO, orizzontale). Per evidenziare il rilievo è stato poi applicato il filtro *shadow* al DTM (fig. 3), che sfrutta la tecnica dello *shaded relief* e che serve a creare un falso effetto 3D del rilievo. Questo filtro simula l'illuminazione del sole sulla superficie terrestre, con il sole posizionato a nord-ovest, ed è un metodo di visualizzazione del DTM. I rilievi più scoscesi rivolti a sud-est appaiono neri, quelli rivolti a nord-ovest appaiono molto più chiari. L'operazione del «filtraggio» in ILWIS calcola i valori dei pixels sulla base di una finestra di 3x3 pixels che si muove sulla carta raster per calcolare il valore del pixel centrale della finestra, in rapporto al valore dei pixels vicini che lo circondano (AA.Vv., 1997).

La qualità del DTM è stata testata, per individuare eventuali errori e inconsistenze, analizzando la carta delle pendenze e il DTM con il filtro *shadow* (GUZZETTI *et alii*, 1997), ma non sono state rinvenute aree con dati incongruenti. Questo è dovuto anche alla piccola equidistanza scelta per le curve di livello (1 m), in quanto in un'area così piatta anche curve tracciate ogni 5 m avrebbero creato errori nell'interpolazione; inoltre, specialmente in questa fase, il reperimento e l'immissione dei dati sono stati eseguiti con estrema meticolosità.

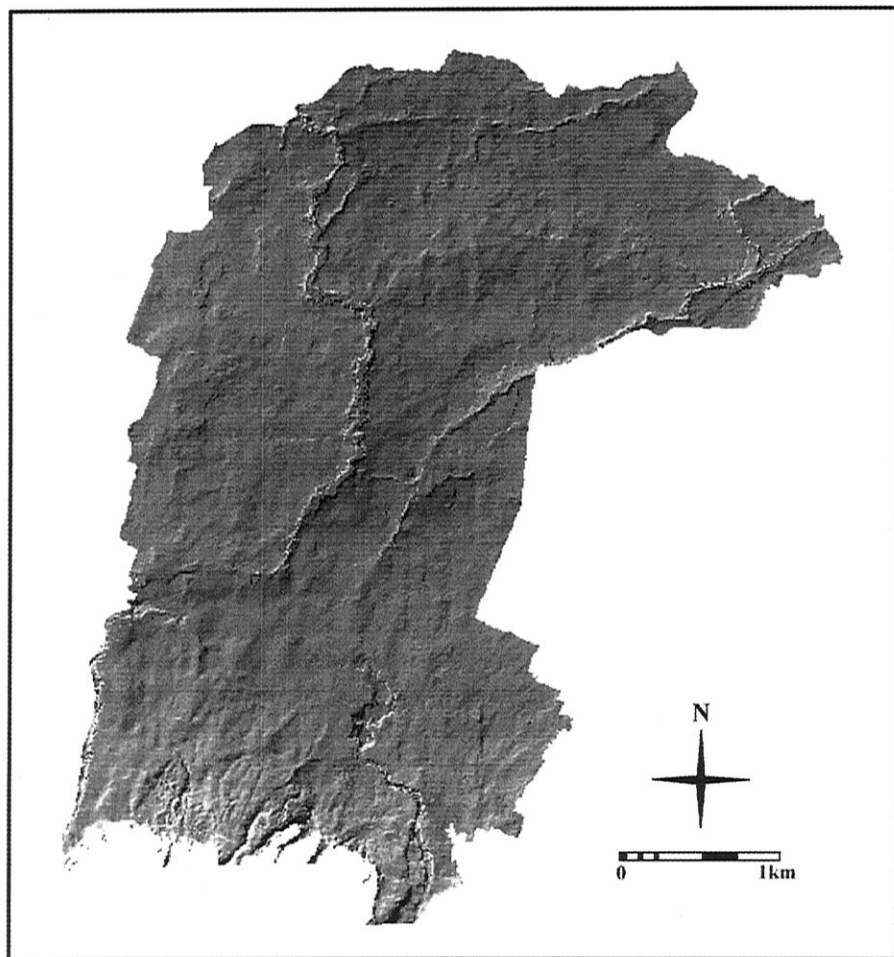


Fig. 3 - Modello digitale del terreno (DTM), con filtro «shadow».

Il modello così ottenuto risulta uno strumento molto utile per la ricostruzione della morfologia delle aree di pianura, infatti questa è di difficile individuazione utilizzando solo tecniche tradizionali di analisi planimetrica del microrilievo, di rilevamento sul terreno e di fotointerpretazione. Dal DTM si possono infatti facilmente identificare, sia aree depresse, quali i bacini di inondazione, sia aree rilevate, quali i dossi fluviali.

Conclusioni

Per interpretare le forme del paesaggio al fine di realizzare una carta geomorfologica, in un'area di pianura come quella modenese, i vantaggi di poter usufruire di un modello digitale del terreno, da affiancare alle tecniche tradizionali di rilevamento sul campo e di fotointerpretazione, si fanno particolarmente evidenti (REICHENBACH *et alii*, 1993). Infatti l'analisi planimetrica delle isoipse permette solo una visione bidimensionale della superficie e questo porta a una non sempre facile individuazione delle forme; al contrario il DTM, con il filtro *shadow*, permette di creare un effetto tridimensionale che esalta gli elementi del territorio, anche i meno evidenti.

Dal rilevamento sul terreno, inoltre, è spesso difficile sia avere una visione panoramica del territorio, che distinguere le forme del paesaggio a scala di centinaia di metri, soprattutto nelle aree qui esaminate, costituite da pianura a basso gradiente di pendenza (fig. 4); inoltre l'antropizzazione, intesa sia come opere edilizie che come attività agricole, ha modificato nel tempo l'andamento naturale del rilievo, attraverso il colmamento di aree depresse e il livellamento di aree rilevate, quali i dossi.

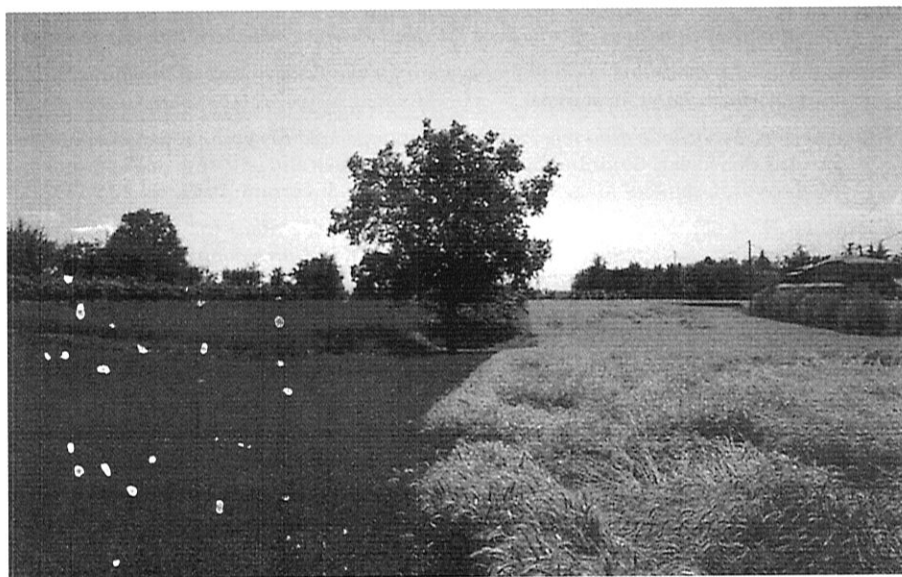


Fig. 4 - Tipico paesaggio della pianura modenese.

Grazie alla realizzazione del DTM, dalla carta del microrilievo naturale, si può ottenere una visione del paesaggio non contaminata dall'uomo. Infine, rispetto all'uso di foto aeree o di immagini da satellite, il DTM ha anche il vantaggio di non subire l'occultamento da parte della vegetazione, delle nuvole e delle ombre e non è soggetto a distorsioni. Un affiancamento delle due tecniche di lavoro, quindi, risulta di grande utilità.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Prof. Doriano Castaldini per i dati inediti forniti e la lettura critica del testo.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., *2ª Relazione sullo stato dell'ambiente nella Provincia di Modena*, Provincia di Modena, Modena, Mucchi Editore, 1997.
- AA. VV., *ILWIS 2.1 for Windows. User's Guide*, ILWIS Department, International Institute for Aerospace Survey & Earth Science, Enschede, Olanda, 1997.
- BARBIERI M. et alii, *Geographical and geological data set for Environmental Impact Assessment in the Castelfranco Emilia area (Modena Province, Northern Italy)*, in stampa.
- BERTENS J. et alii, *Modelling of flood propagation for the Panaro River (Castelfranco Emilia area, Northern Italy)*, in stampa.
- CASTALDINI D., *Evoluzione della rete idrografica centropadana in epoca protostorica e storica*, in «Atti Conv. Naz. Studi Insediamenti e viabilità nell'alto ferrarese dall'età romana al Medioevo», Cento 8-9 Maggio 1987, Acc. delle Sc. di Ferrara, 1989, pp. 115-134.
- CASTALDINI D. et alii, *Neotettonica dei Fogli 74 (Reggio nell'Emilia) (p.p.) e 75 (Mirandola) nell'intervallo da 18.000 B.P. all'Attuale (interv. V)*, in *Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*, C.N.R.. P.F. Geodinamica, Napoli, Pubbl. n. 251, 1979, pp. 317-332.
- CASTALDINI D. e RAIMONDI D., *Geomorfologia dell'area di Pianura Padana compresa fra Cento, Finale Emilia e S. Agostino*, in «Atti Soc. Mat di Modena», Modena, 116, 1985, pp. 147-176.
- CASTALDINI D. et alii, *Guidebook for the excursion in the Modena and Verona areas*, in D. CASTALDINI, S. MORETTI e G. RODOLFI (a cura di), *Guidebook for the excursion in the Toscana, Emilia, and Veneto Regions*, Proc. I.G.U. Joint Meeting on Geomorphological Hazards, May 28-June 4, 1988, Firenze-Modena-Padova (Italy), STEM Mucchi, Modena, 1988, pp. 77-101.
- CASTALDINI D. e PELLEGRINI M., *A review of the flow regulation system on Secchia and Panaro rivers (Modena area, Italy)*, in «Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.» II, 1989, pp. 35-39.

- CASTALDINI D., MAZZUCHELLI M. e PIGNATTI V., *Geomorfologia e geochimica dei sedimenti del paleoalveo dei Barchessoni (San Martino Spino, bassa pianura modenese)*, in M. CALZOLARI e L. MALNATI (a cura di), *Gli Etruschi nella Bassa Modenese*, Gruppo Studi Bassa Modenese, San Felice sul Panaro (MO), 1992, pp. 207-310.
- CASTALDINI D., PIACENTE S. e MALMUSI S., *Evoluzione del F. Secchia in pianura nel XIX e nel XX secolo (Province di Reggio Emilia, Modena e Mantova, Italia Settentrionale)*, in G. OROMBELLI (a cura di), *Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni*, Genova, Glauco Brigati, 1999, pp. 169-187.
- CREMASCHI M. e MARCHETTI M., *Changes in fluvial dynamics in the Central Po Plain (Italy) between the late glacial and the Early Holocene*, in B. FRENZEL (a cura di), *Palaeoclimate Research*, 14, 1995, pp. 173-190.
- FAZZINI P., GASPERI G. e GELMINI R., *Litologia di superficie dell'alta e media pianura modenese*, in «Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena.», Modena, 107, 1976, pp. 53-66.
- GASPERI G. et alii, *Evoluzione Plio-Quaternaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica*, in «Mem. Soc. Geol. It.», 39, 1989, pp. 375-431.
- GASPERI G. e PELLEGRINI M., *Strutture geologiche e idrografia della bassa pianura modenese*, in «Atti Conv. Mirandola e le terre del basso corso del Secchia», 1984, pp. 76-114.
- GELMINI R. et alii, *Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso. Carta a scala 1:25000*, Comune di Modena, Piano Regolatore Generale, Progetto Ambiente, 1988.
- GUZZETTI F., MARCHETTI M. e REICHENBACH P., *Large alluvial fans in the north-central Po Plain (Northern Italy)*, in «Geomorphology», 18, 1997, pp. 119-136.
- REICHENBACH P. et alii, *A new landform map of Italy in computer-shaded relief*, in «Bollettino di Geodesia e scienze affini», 1, 1993, pp. 21-44.