

SALVATORE MONTELEONE, MARIA SABATINO & ANTONIO BAMBINA

NOTE ILLUSTRATIVE ALLA CARTA GEOMORFOLOGICA
DELLA TAVOLETTA MENFI (SICILIA OCCIDENTALE)

RIASSUNTO

La presente nota descrive le forme del rilievo ed i processi morfogenetici dell'area ricadente nella tavoletta I.G.M.I. Menfi (Serie 25/V F. 266 IV NO). Per la redazione della carta geomorfologica è stata utilizzata la metodologia classica del rilevamento diretto di tipo geologico e geomorfologico, integrando tali dati con un'attenta interpretazione delle foto aeree in scala 1:18.000, circa, del 1997.

Dal punto di vista geologico l'area in esame è caratterizzata dall'affioramento di litotipi pelitici, arenacei e da terreni carbonatici. L'intero territorio è interessato da fenomeni franosi, di varie dimensioni e diverso grado di attività, che mostrano periodiche riattivazioni in concomitanza dei maggiori eventi meteorici e/o scuotimenti sismici; lo stato evolutivo attuale della franosità è stato definito mediante rilievi in situ. I fenomeni franosi ed erosivi interessano una notevole porzione dell'area studiata, con distribuzione areale strettamente legata alla presenza delle litologie ad elevato contenuto argilloso; l'evoluzione dei movimenti in massa è tipicamente lenta ed il relativo rischio connesso relativamente basso; ciò nonostante, però, la diffusione dei dissesti, il loro stato di attività e le relative tendenze evolutive devono essere tenute in debita considerazione in fase di pianificazione territoriale. In particolare, lo studio condotto ha evidenziato come la presenza di litologie a diverso comportamento litotecnico abbia determinato la formazione di un paesaggio fortemente differenziato tra le aree in cui affiorano i terreni argillosi e quelle in cui affiorano i termini arenacei e carbonatici: nel primo prevalgono forme di versante dovute alla gravità e, lungo i principali corsi d'acqua rappresentati dal Fiume Carboj e dagli affluenti di destra del Fiume Belice, forme legate a processi erosivi / deposizionali operati dalle acque correnti incanalate; in corrispondenza delle aree in cui affiorano i termini calcarenitici e carbonatici sono presenti, invece, forme riconducibili a processi di spianamento e forme strettamente correlabili con l'assetto stratigrafico – strutturale, quali scarpate e superfici strutturali.

SUMMARY

Illustrative notes of the geomorphological map of the "Tavoletta Menfi" (Western Sicily). The present note describes morphogenetic processes and relative landforms recognized in the area rep-

resented by the 1:25,000 scale IGMI topographic map named *Tavoletta Menfi* (Serie 25/V F. 266 IV NO). The geomorphological map was carried out using the classic methodology based on direct geological and geomorphological field surveys, integrating the acquired data with the analysis of 1:18,000 scale aerial photos taken in 1997. From the geological point of view the examined area is characterized by the outcropping of carbonate and terrigenous sediments. The great part of the territory is affected by landslide phenomena, of different sizes and activity degree, that show recurring phases of reactivation when the more intense rainfall events happen or earth tremors occur. The present spatial distribution of landslide phenomena was analyzed and described by means of field surveys. Landslide and water erosion phenomena affect large sectors of the studied area, with a geographical variability that is strictly linked to the outcropping of the highly diffused clayey sediments; the temporal evolution of the mass movements is typically slow, so the relative risk is quite low; nevertheless, the frequent occurrence of the slope movements, their activity degree and evolutionary trends have to be taken into careful consideration during the phases of territorial planning.

In particular, this study highlighted how the outcropping of lithologies characterized by a different lithotechnical behavior, produced a landscape highly differentiated between the areas in which clayey deposits are present and those in which carbonate and arenaceous deposits outcrop; in the first sectors landforms given by gravity prevail, while along the main fluvial axes, the Carboj river and the right tributaries of the Belice river, erosive and depositional landforms produced by the flowing water are recognizable; in the zones where the carbonate and arenaceous terrains outcrop the most diffuse landforms are those shaped by planation processes and the ones strictly linked to the stratigraphical-structural setting, as scarps and structural surfaces.

INTRODUZIONE

Nel presente lavoro vengono illustrati l'assetto geolitologico, le principali forme del paesaggio ed i processi geomorfologici in atto nell'area ricadente nella tavoletta Menfi, già riportati nella carta geomorfologica redatta dagli stessi Autori (MONTELEONE *et al.*, 2008).

La metodologia di studio seguita si è basata su rilevamenti diretti di campagna e interpretazione di foto aeree che hanno permesso di definire l'assetto geomorfologico di questo settore dei Monti Sicani, nonché le peculiari caratteristiche geologiche e strutturali dei terreni affioranti. Tutti i dati acquisiti durante le fasi di rilevamento di campagna e fotointerpretazione sono stati riportati su di un supporto cartografico derivato dalla Carta Tecnica Regionale a scala originaria 1:10.000 e numericamente riportata alla scala 1:20.000, secondo il taglio della tavoletta I.G.M.I.; la cartografia così ottenuta è stata opportunamente modificata adattandola all'uso tematico. In particolare, nella carta geomorfologica sono stati riportati i principali processi morfogenetici distinguendo quelli attivi, che hanno una notevole importanza per i fenomeni di instabilità del territorio, da quelli inattivi che non solo testimoniano quanto è avvenuto in passato ma possono essere ancora suscettibili di riattivazioni. L'assetto geologico dell'intera area è stato semplificato, dando maggiore risalto alla composizione litologica, e quindi al comportamento lito-

tecnico dei terreni affioranti, piuttosto che alla loro formazione geologica di appartenenza; pertanto, sono stati riportati le litologie del substrato ed i principali lineamenti tettonici presenti.

Tutte le forme del paesaggio osservate sono da mettere in relazione, principalmente, con il complesso assetto geologico – strutturale dell'area, le differenti caratteristiche litotecniche delle varie unità affioranti e con la morfometria dei versanti. I movimenti franosi rappresentano i processi principali e più diffusi di evoluzione geomorfologica dei versanti; in particolare, essi sono riconducibili a frane di scorrimento rotazionale che a luoghi evolvono a colate di terra; non mancano, in corrispondenza delle scarpate di erosione differenziale particolarmente acclivi ed alte, fenomeni di crollo di varia entità. Spesso questi movimenti si pongono in un contesto generalizzato di dissesto dei versanti determinato da condizioni litologiche, strutturali e morfologiche negative, aggravate dallo stato di caoticizzazione dei terreni in seguito a precedenti e ripetuti movimenti; in tal caso la frana è da interpretare come riattivazione di un precedente fenomeno, anche se manca la memoria storica dell'evento stesso.

I corsi d'acqua principali sono rappresentati dal Fiume Carboj che attraversa l'area in senso NE - SW e da una serie di affluenti secondari del Fiume Belice, che hanno una direzione prevalente N - S. Il loro regime è strettamente influenzato dall'andamento delle precipitazioni meteoriche durante l'anno; in generale, è di tipo semiperenne con le massime portate concentrate durante il periodo invernale, mentre quello degli affluenti secondari è quasi sempre di tipo torrentizio con le maggiori portate in corrispondenza dei periodi autunnale e primaverile. Nello specifico, la rete idrografica è differenziata in relazione alle litologie del substrato; un drenaggio ben articolato caratterizza le aree di affioramento delle litologie argillose e argillo - marnose, mentre un reticolo poco sviluppato è presente nei settori in cui affiorano i terreni calcarenitici del Pliocene medio – superiore e del Pleistocene inferiore e, soprattutto, i terreni carbonatici nell'area di Monte Magaggiaro; proprio in questi settori la rete idrografica superficiale è quasi del tutto assente.

Infine, uno sbarramento artificiale lungo il corso del Fiume Carboj ha portato alla formazione del bacino idrico del Lago Arancio. Proprio in seguito alla formazione del suddetto lago sono state cancellate quasi del tutto le rovine di Mazzallakkar, recinto fortificato a pianta rettangolare con dei torrioni circolari posti agli angoli, di incerta origine ma da molti attribuite al periodo arabo, più precisamente alla seconda metà dell'XI secolo; per le sue caratteristiche ed in quanto ubicato proprio nelle vicinanze della Regia Trazzera che collegava Palermo a Sciacca, sembra potersi trattare di un caravan-serraglio o un ribat (SCHMIDT, 1972).

LINEAMENTI GEOLOGICI

L'area in esame ricade nel settore occidentale dei Monti Sicani ed è essenzialmente interessata dall'affioramento di terreni carbonatici, argillo – marnosi, argillo – sabbiosi e calcarenitici di età compresa tra il Trias superiore ed il Pleistocene (BOSI *et al.*, 1973; MASCLE, 1979; CATALANO & D'ARGENIO, 1978; CATALANO *et al.*, 1982; DI STEFANO & VITALE, 1992; BAMBINA *et al.*, 1998); depositi alluvionali, costituiti da ghiaie, sabbie e, subordinatamente, da depositi limosi, sono presenti lungo gli alvei dei principali corsi d'acqua. Lungo i versanti vallivi si possono riscontrare anche depositi alluvionali sotto forma di terrazzi fluviali di età pleistocenica.

Di seguito vengono descritti, a partire dai termini più antichi, i terreni affioranti raggruppati in ragione del loro comportamento litotecnico.

- **Calcari di piattaforma** (*Trias superiore - Cretaceo*): si tratta di calcari grigio – biancastri a megalodonti, spesso fortemente dolomitizzati, con stratificazione massiva o indistinta, passanti verso l'alto ed in eteropia di facies a calcari algali bianchi, ben stratificati in grossi banchi e contenenti foraminiferi, piccoli gasteropodi, briozoi, brachiopodi e lamellibranchi; seguono calcilutiti marnose con liste e noduli di selce e megabrecce. Affiorano nell'area di Monte Magaggiaro il quale rappresenta l'estremità occidentale di una linea di horsts mesozoici che, partendo dal rilievo di Pizzo Telegrafo – Rocca Ficuzza, si allunga verso NW attraverso il Monte Cirami ed il Monte Arancio. Questo allineamento di montagne calcaree costituisce l'estremo bastione meridionale del sistema di horst dei Monti Sicani Meridionali (RUGIERI & UNTI, 1977).
- **Calcari stromatolitici e calcari marnosi** (*Lias inferiore – Aquitaniano*): sono rappresentati da calcari stromatolitici passanti verso l'alto a depositi pelagici contenenti ammoniti, seguiti da calcari marnosi tipo “scaglia” a luoghi ricoperti da calcareniti a lepidocicline. Affiorano lungo un'ampia fascia che da C.da Finocchio, nell'estremo settore nordoccidentale della carta, si estende fino a Monte Cirami.
- **Formazione Marnoso - Arenacea della Valle del Belice** (*Pliocene medio – superiore*): si tratta di una potente serie di biocalcareni, con evidente stratificazione da pianoparallela a inclinata, passante lateralmente e verso l'alto ad argille sabbiose grigio – azzurre con intercalazioni di calcareniti; lo spessore complessivo è di circa 400 metri. La permeabilità primaria risulta molto bassa, mentre la permeabilità secondaria, legata al grado di fessurazione, è media; essa tende, comunque, a diminuire per la presenza dei livelli argillosi, intercalati tra i termini calcarenitici, favorendo l'instaurarsi di falde idriche

sospese. Nel complesso, presentano una buona stabilità, grazie alla giacitura quasi sempre suborizzontale mentre la maggiore resistenza dei terreni calcarenitici rispetto alle litologie a prevalente componente argillosa, ha permesso la formazione di forme legate all'erosione selettiva.

- **Calcareniti e marne** (*Pleistocene inferiore*): spesso discordanti sui terreni della Formazione Marnoso – arenacea della Valle del Belice, si presentano ben cementate e, talvolta, con intercalazioni di livelli marnosi; esse costituiscono il pianoro su cui è ubicato il centro abitato di Menfi ed altre superfici debolmente inclinate verso i quadranti meridionali presenti nel settore suoccidentale della tavoletta. La sovrapposizione di questi terreni sulle sottostanti argille marnose del Pliocene medio – superiore ha determinato delle scarpate strutturali che segnano il limite tra le due formazioni e che sono in continuo arretramento per l'instaurarsi di fenomeni franosi di varia entità e tipologia.
- **Depositi alluvionali** (*Pleistocene - Attuale*): si tratta di depositi incoerenti sabbioso - ghiaiosi con, subordinatamente, lenti e livelli discontinui di limi, limi sabbiosi e depositi sabbioso – limosi con ghiaia. Presentano, in genere, un assetto lenticolare embriciato; i clasti hanno spigoli arrotondati con grado di arrotondamento variabile, a seconda del materiale di provenienza, e composizione litologica diversa da punto a punto in funzione delle formazioni litologiche affioranti nei rispettivi bacini imbriferi. Lo spessore di questi depositi è differente e dipende dalla pendenza degli alvei fluviali nei vari tratti. Talora si osservano terrazzi alluvionali a varia quota rispetto gli attuali alvei costituiti da depositi analoghi a quelli sopradescritti ma con un moderato grado di cementazione.
- **Terre nere** (*Olocene*): sono rappresentate da depositi di natura limoso – argillosa dal caratteristico colore grigio scuro – nero, depositatisi in depressioni naturali, probabilmente di origine carsica, come quelli affioranti in C.da Arancio e C.da Genovese, oppure in aree dove il deflusso delle acque incanalate era reso difficoltoso da livelli di base fittizi, come nella piana di C.da Misilbesi.
- **Accumuli di frana** (*Attuale*): sono depositi di natura prevalentemente argillosa e argillo - marnosa, con struttura caotica e con evidenti segni di rimaneggiamento; in alcuni casi si trovano al loro interno dei blocchi litoidi di dimensioni considerevoli provenienti dai versanti carbonatici o calcarenitici sovrastanti in seguito al verificarsi di fenomeni di crollo lungo le pareti più acclivi e degradate. Secondariamente, sono costituiti da materiale detritico grossolano immerso in una matrice di natura pelitica.

Coltri eluvio – colluviali, formatesi in seguito all'alterazione dei terreni del substrato, ricoprano, infine, la maggior parte dei versanti e sono costituite, in genere, da argille limose – sabbiose; lo spessore è minore nelle aree più acclivi e sui substrati litoidi e maggiore in quelle a debole pendenza e/o in corrispondenza dei substrati teneri.

CENNI DI TETTONICA

I depositi carbonatici del Trias superiore – Eocene sono sovrastati dai depositi terrigeni di natura, prevalentemente, arenacea e biocalcarenitica. Fra gli elementi di maggiore interesse presenti nell'area rientrano i sistemi di faglie connessi con gli alti (*horst*) e bassi (*graben*) strutturali, per lo più riconducibili a due principali sistemi di dislocazione tettonica, secondo le direzioni NW - SE e NE - SW.

In particolare, in quest'area dei Monti Sicani le fasi tettoniche mioceniche hanno generato un edificio dato dalla sovrapposizione di differenti unità stratigrafico – strutturali con vergenza verso i quadranti meridionali; le successive crisi tettoniche hanno modificato tale assetto, smembrando e sezionando l'originario edificio strutturale. Le fasi di tipo traspressivo, inframessiniana e del Pliocene inferiore, hanno generato dislocazioni tettoniche rispettivamente di direzione E - W e NW - SE, talvolta con notevoli rigetti (CATALANO *et al.*, 1982). Le fasi tettoniche pleistoceniche, di tipo distensivo, hanno dato origine, invece, a faglie con orientazione principale NE – SW. Le maggiori evidenze di questa fase si possono osservare in corrispondenza dei depositi carbonatici che affiorano nell'area di Monte Magaggiaro; essi sono, infatti, interessati da dislocazioni, legate alle fasi tettoniche pliocenica e pleistocenica, le cui direttrici principali hanno orientamento, rispettivamente, NW – SE e NE - SW (MONTELEONE & PIPITONE, 1991; MONTELEONE *et al.*, 2006).

Risulta comunque evidente dal rilevamento di alcuni lineamenti morfologici che le fasi plio - pleistoceniche hanno portato al complessivo sollevamento tettonico dell'area; infatti, essa risulta articolata in una serie di successive ed ampie spianate di varia estensione, degradanti verso la linea di costa, quale conseguenza dei movimenti eustatici che ne hanno modellato il basamento roccioso. Durante le fasi di stasi, depositi terrigeni di varia natura vi sono stati, invece, depositati sopra. Quindi, è lecito supporre che l'horst di Monte Magaggiaro – Monte Arancio si sia sollevato fino ad emergere alla fine del Pliocene inferiore e, successivamente, sia stato nuovamente occupato, in tutto o in parte, dal mare pliocenico trasgressivo durante il Pliocene medio (RUGGIERI & UNTI, 1977).

ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico dell'area è caratterizzato prevalentemente da rilievi collinari di natura carbonatica che non superano i 500 metri s.l.m., da ampie vallate in prossimità della confluenza dei vari affluenti del Fiume Belice, nonché dal bacino artificiale del Lago Arancio, formatosi nel 1951 in seguito alla costruzione di un'imponente diga ad arco che ha interrotto l'alto corso del fiume Carboj; la relativa risorsa idrica raggiunge una potenzialità massima di 33 milioni di mc viene utilizzata per scopi irrigui. La morfologia blanda si interrompe laddove affiorano le formazioni competenti del complesso calcareo-mesozoico, i calcari ed i calcari marnosi eocenici ("Scaglia") ed in corrispondenza delle calcareniti plio - pleistoceniche che costituiscono l'ossatura dei maggiori rilievi, messi in evidenza sia dall'erosione differenziale che dagli eventi tettonici che si sono susseguiti nel tempo.

Sulla base di un accurato rilevamento di superficie e di un dettagliato studio aerofotointerpretativo, sono state esaminate le forme ed i processi geomorfologici correlabili con l'assetto geologico - strutturale dei terreni, l'azione della gravità e delle acque correnti superficiali, nonché con l'intervento antropico.

In particolare, l'area studiata può essere suddivisa in tre settori differenti. Un'ampia fascia centrale, con orientamento NW-SE, è caratterizzata dalla presenza di terreni carbonatici in cui prevalgono le forme legate ai processi erosivi lungo la rete idrografica; tali processi sono da mettere in relazione con il sollevamento avvenuto durante il Quaternario che ha ringiovanito tutti i corsi d'acqua, variandone il relativo profilo d'equilibrio. Ciò è testimoniato dalla presenza di terrazzi fluviali posti a quote differenti rispetto agli attuali letti dei corsi d'acqua, nonché dalla diffusione di valli molto incise.

Bordano questa fascia due settori che si caratterizzano per la presenza di terreni a prevalente componente argillosa e argillo - marnosa frammisti a terreni di natura calcarenitica. Qui le forme risentono, prevalentemente, delle caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti; in particolare, sono diffuse quelle di versante dovute alla gravità e quelle legate a processi di erosione differenziale.

Per ciò che riguarda i corsi d'acqua che drenano l'area investigata, si sottolinea come questi presentino sempre caratteri di torrenzialità; in generale le aste torrentizie, variamente ramificate, sono interessate da fenomeni erosivi di varia entità e drenano le aree verso i quadranti meridionali; nel settore nordorientale si immettono nel bacino artificiale del Lago Arancio, in quello sudorientale sono affluenti del Fiume Carboj, mentre in quello sudoccidentale sono affluenti del Torrente S. Vincenzo; quasi del tutto assente è la rete

idrografica superficiale nell'area di Monte Magaggiaro per l'elevata permeabilità dei terreni carbonatici che vi affiorano.

Nella carta geomorfologica, redatta alla scala 1:20.000 utilizzando come base topografica la C.T.R del 1997 opportunamente adattata alle esigenze del presente lavoro, sono stati cartografati i tratti principali del paesaggio, le forme prevalenti ed i relativi processi geomorfologici che hanno agito in passato o che sono tuttora attivi.

Proprio tale peculiarità, ovvero l'individuazione dei processi attivi e non attivi, in special modo quelli con maggiore pericolosità geologica, rende tale elaborato cartografico quanto mai utile per qualsiasi intervento sul paesaggio che voglia essere condotto in modo oculato. Per esempio, le forme di origine strutturale sono generalmente da attribuire a fenomeni che hanno avuto un lungo lasso di tempo per esplicare la loro azione e sono, dunque, alla scala di dimensione della forma, fundamentalmente inattive; ciò non esclude, però, che tratti limitati siano interessati da processi tutt'oggi attivi che continuano a modellarle, quali i fenomeni di crollo lungo le scarpate di erosione selettiva. È il caso che si osserva, principalmente, in tutto il rilievo di Monte Arancio e Arancio Piccolo, nonché in tutte quelle scarpate strutturali che mostrano acclività notevole ed un elevato stato di fratturazione.

È possibile, inoltre, distinguere differenti tipologie di paesaggio in relazione alla natura dei terreni che costituiscono i versanti; così si osservano versanti in rocce lapidee, versanti in litologie arenacee e versanti in litologie prevalentemente argillose. Il primo tipo si imposta nelle aree di affioramento delle rocce carbonatiche; in corrispondenza delle pareti più acclivi si registrano sporadici e localizzati fenomeni di crollo in seguito ai processi di dissoluzione carsica che comportano, insieme all'azione meccanica delle radici degli alberi, un ampliamento delle fratture preesistenti. Le modeste falde detritiche poste alla base dei versanti appaiono per lo più fissate da vegetazione di tipo arbustivo e/o erbaceo ed il lento soil creep che li interessa coesiste con la pedogenizzazione superficiale dei depositi e con i processi di erosione idrica areale.

Localmente queste coltri detritiche possono essere coinvolte in movimenti gravitativi di tipo colamento che, dal punto di vista dell'attività, risultano, nel complesso, quiescenti.

L'estremo settore nordoccidentale si caratterizza per la presenza di un'ampia area debolmente inclinata verso i quadranti meridionali; essa costituisce il rilievo di Monte Magaggiaro e rappresenta una superficie di spianamento che si è venuta ad impostare sui calcari mesozoici, oggi ricoperti da materiale di natura eluvio – colluviale il cui spessore massimo si registra soprattutto in corrispondenza delle principali depressioni naturali.

Situazioni esemplificative dei versanti in litologie arenacee sono offerte

dalle aree di affioramento delle calcareniti del Pleistocene inferiore in tutta l'area circostante l'abitato di Menfi ed in corrispondenza della porzione arenacea della Formazione Marnoso – arenacea della Valle del Belice; gli affioramenti di rocce calcarenitiche quaternarie a giacitura pressoché suborizzontale conferiscono al paesaggio l'aspetto di ampi pianori interrotti da valli più o meno incise dai torrenti che le attraversano. I ritmi di deposizione alla base delle scarpate strutturali che le delimitano sono influenzati, a parità di assetto topografico, dal loro grado di stabilità e dall'efficacia dei corsi d'acqua che agiscono da agente di trasporto. Fenomeni alterativi rispetto a quelli di rimozione prevalgono, invece, laddove le pendenze sono piuttosto basse; qui si ha la formazione di coltri eluvio – colluviali di spessore variabile. Sui pendii scarsamente vegetati è tipico osservare fenomeni di dilavamento che tendono ad allontanarne le frazioni più fini.

I versanti in litologie argillose, infine, presenti nei dintorni del lago Arancio e nel settore meridionale della tavoletta, si caratterizzano per il fatto che sono fortemente condizionati da intensi processi di degradazione che si esplicano con movimenti gravitativi ai quali si accompagnano, spesso con reciproca interazione, quelli dovuti alle acque di ruscellamento, incanalate e non. In particolare, nell'area di studio i versanti vallivi sono diffusamente connotati da morfologie franose polifasiche i cui meccanismi più consueti sono quelli di scorrimento e / o colata; la distribuzione di questi fenomeni dimostra come essi sono spesso innescati da eventi di erosione lineare lungo i corsi d'acqua o dall'approfondirsi ed estendersi dei gully erosione che dissecano trasversalmente i versanti. Nell'insieme si tratta di un sistema con rapido trasporto sui pendii e alta capacità di rimozione degli accumuli in massa ad opera delle acque incanalate; ciò è confermato dalla presenza di modesti volumi di materiale di accumulo alla base dei versanti dissestati e, talvolta, addirittura dall'assenza completa di un vero e proprio macereto di frana.

L'area risulta articolata, poi, in una serie di ampie spianate di varia estensione disposte a gradinata decrescente dal Monte Magaggiaro (393 m s.l.m.) verso la linea di costa; esse sono di origine marina e da mettere in relazione con il sollevamento tettonico regionale e l'eustatismo avvenuto durante il Quaternario. Occorre, inoltre, evidenziare come lungo tale gradinata di terrazzi marini si rinvengono spesso dei depositi di copertura che sono il risultato di una notevole erosione in ambiente subaereo (glacis); ciò ha uniformato i lineamenti morfologici, obliterando le possibili evidenze connesse a gradini e/o dislocazioni tettoniche e mascherando la complessa situazione che coinvolge il substrato calcareo mesozoico. In tale contesto geodinamico, la struttura del Monte Magaggiaro rappresenta un ottimo esempio di alto morfologico strutturale (*borst*) determinato da un sistema regionale di faglie aventi direttrici principali NW-SE.

Anche il sistema idrografico è condizionato dalla presenza delle numerose linee di dislocazione tettonica ad andamento prevalente NE-SW e, subordinatamente, E-W la cui età è riferibile al Plio-Pleistocene. Sulle rocce carbonatiche il reticolo idrografico si presenta, nel complesso, poco sviluppato e le valli presentano profili trasversali a V più o meno aperte, separate talvolta da creste ben definite; sui terreni di natura argillosa e argilloso - arenacea le valli sono più ampie con sezioni trasversali a conca o a V. In tale contesto, la rete idrografica risulta notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione dell'assetto topografico, dello stato di alterazione dei terreni e della diffusione e tipologia della copertura vegetale.

Per quello che riguarda le forme del paesaggio attribuibili all'intervento antropico, si sottolinea l'impossibilità di dare, a questa scala, ad esse il giusto peso; gli interventi più significativi riguardano l'apertura e coltivazione di numerose aree estrattive che interessano il territorio in maniera diffusa ed hanno portato alla creazione di versanti con pendenze accentuate, talvolta in condizioni di equilibrio precario.

In particolare, l'analisi geomorfologica condotta ha permesso il riconoscimento delle forme del rilievo che, a seconda del processo morfogenetico che le ha generate, sono state raggruppate in:

- a) forme controllate, prevalentemente, dalla struttura;
- b) forme legate all'azione delle acque correnti superficiali;
- c) forme dovute alla gravità;
- d) forme carsiche;
- e) forme antropiche.

Forme controllate, prevalentemente, dalla struttura

Tra le rocce che danno luogo a contrasti morfologici vi sono i livelli calcarenitici della Formazione Marnoso - arenacea della Valle del Belice e le calcareniti del Pleistocene inferiore; in particolare, presentando questi affioramenti giacitura quasi suborizzontale, la morfologia è caratterizzata spesso da rilievi di tipo tabulare che possono essere interpretati come superfici strutturali (Fig. 1). Le uniche condizioni di instabilità che le interessano sono da mettere in relazione al distacco di massi che si impostano lungo le scarpate che bordano queste strutture; in seguito alla presenza di uno stato di fratturazione più o meno diffuso si ha il formarsi di prismi di roccia disarticolati che, in seguito a fenomeni di crollo, determinano un arretramento dei fronti e la formazione di falde di detrito al piede delle stesse la cui entità è in relazione con la morfometria dei versanti sottostanti e soprattutto con le loro condizioni di stabilità.



Fig. 1 — Sullo sfondo superficie strutturale nelle calcareniti plioceniche; in primo piano l'affioramento delle terre nere di C.da Misilbesi.

In particolare, le calcareniti del Pleistocene inferiore creano un ampio ripiano su cui è stato edificato l'abitato di Menfi; esso si raccorda verso sud con dei versanti a media acclività che raggiungono l'adiacente pianura alluvionale del Fiume Carboj, mentre verso nord con pendenze quasi omogenee con le calcareniti della Formazione Marnoso-arenacea della Valle del Belice, prima, e con i calcari marnosi del Lias inferiore-Eocene, poi.

La valle del Fiume Carboj, in prossimità dello sbarramento artificiale, rappresenta uno spettacolare esempio di antecedenza; i fianchi vallivi presentano pendenze quasi subverticali che localmente evolvono per fenomeni di crollo; lungo la stessa valle, ed in particolare lungo il versante sudorientale di Monte Arancio, numerose sono le scarpate la cui origine è da mettere in relazione con la presenza del sistema di faglie pleistoceniche di orientazione SE-NW.

Legata ad una fase di spianamento continentale è il glacis di erosione del Monte Magaggiaro; questa appariscente superficie morfologica maschera la complessa tettonica del substrato, la cui ultima crisi chiude il Pleistocene inferiore. I rapporti stratigrafici dimostrano che è certamente postsiciliana la fase di quiete orogenetica durante la quale si è realizzata la morfologia a glacis (RUGGIERI & UNTI, 1977).

Forme legate all'azione delle acque correnti superficiali

Il sollevamento generalizzato che ha interessato l'area a partire dal Pleistocene inferiore, ha indotto un approfondimento del reticolo idrografico e, conseguentemente, prodotto una profonda erosione verticale dei corsi d'acqua che l'attraversano.

L'azione delle acque superficiali si esplica in maniera differente a seconda delle caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti; l'erosione diffusa o areale è attiva su ogni versante denudato ed in modo particolare sulle scarpate di frane più o meno attive e sulle pareti dei fossi di erosione. Forme correlabili con tale processo si possono osservare lungo il versante nordorientale di Monte Arancio e nei versanti adiacenti la Piana Grande di Misilfurme, nell'estremo settore sudorientale dell'area di studio. Laddove affiorano i terreni più competenti le pareti si mostrano incise da brevi canali, generalmente non troppo profondi ed a profilo irregolare, come è possibile osservare lungo alcuni tratti del Vallone S. Vincenzo e nell'area a nord di P.la Misilbesi.

Intensi fenomeni di denudamento, congiuntamente ad una morfologia poco acclive, sono responsabili di estese aree occupate da depositi colluviali (terre nere); è possibile osservarle nei pressi di C.da Misilbesi, dove le stesse poggiano sui terreni della Formazione Marnoso-arenacea della Valle del Belice, C.da Genovese e C.da Misilbesi, dove si trovano sui calcari del Lias inferiore-Eocene.

Lungo i pendii argillosi con pendenze particolarmente accentuate si sviluppano condizioni di dissesto idrogeologico dovute ad erosione accelerata che si manifesta con la formazione di fossi di erosione concentrata, come nelle aree a nord di P.la Misilbesi e a sud dell'abitato di Menfi.

Sui fianchi vallivi sono spesso presenti depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi sotto forma di terrazzi fluviali; essi si presentano spesso a varie quote e testimoniano l'evoluzione degli adiacenti corsi d'acqua. Sono costituiti da una matrice argillo-sabbiosa di colore bruno rossastro con elementi litoidi di natura prevalentemente carbonatica, di varia dimensione e mediamente arrotondati.

Un esteso lembo di terrazzo fluviale è presente nella Contrada Piana Grande di Misilfurme, un vasto pianoro bordato, nel settore nordoccidentale e sudorientale, da una scarpata di erosione selettiva in continuo arretramento sia per frane complesse di tipo scorrimento-colata che, localmente, per fenomeni di crollo; i corsi d'acqua che bordano detto pianoro sono interessati da diffusi fenomeni di erosione lineare, mentre gli adiacenti versanti da forme di erosione dovute al dilavamento operato dalle acque di precipitazione meteorica.

Altri lembi di alluvioni terrazzate sono presenti nell'area circostante il

Lago Arancio e a SE dell'abitato di Menfi; in questi casi si riscontra una più eterogenea composizione litologica degli elementi litici che sono immersi in una matrice di natura argilloso-arenacea con moderato grado di cementazione.

Forme dovute alla gravità

Le indagini sui dissesti sono state condotte mediante un dettagliato rilevamento geomorfologico, basato sia su rilievi diretti di campagna che su interpretazione di fotografie aeree (volo A.T.A. del 1997); la classificazione adottata per i movimenti in massa cartografati è sostanzialmente quella di Varnes (VARNES, 1978).

Le condizioni di instabilità per fenomeni gravitativi sono principalmente connesse con l'assetto idrogeologico del territorio, nonché con l'evoluzione morfologica e strutturale in atto, oltre che con le caratteristiche climatiche e, soprattutto, con la distribuzione delle precipitazioni meteoriche durante l'anno.

Nell'area di studio i processi responsabili delle più vistose cause di dissesto idrogeologico sono rappresentati da singole frane, generalmente di colamento o di tipo misto, come pure dai processi di riattivazione parziale di frane nel complesso quiescenti, nonché da fenomeni di crollo lungo le pareti dei terreni più competenti che presentano elevate pendenze. Si è notata, inoltre, una moderata diffusione di frane superficiali che interessano le coperture eluvio-colluviali e che spesso evolvono in colate più o meno sviluppate; esistono poi molte possibilità di interazione tra processi di versante in senso lato e la dinamica torrentizia.

Nell'ambito dei movimenti gravitativi sono stati differenziati quelli antichi-quiescenti da quelli recenti-attivi. I processi attivi creano corone di frana dai bordi netti, gradini e avvallamenti ben evidenti all'interno dei corpi in movimento; i limiti del corpo di frana sono ben riconoscibili in quanto non aggrediti da processi erosivi, come ad esempio quelli dovuti alle acque correnti superficiali. Si tratta però esclusivamente di frane di modeste dimensioni che si impostano prevalentemente nelle aree di affioramento dei terreni a prevalente componente argillosa. Le frane antiche-quiescenti hanno, generalmente, una maggiore estensione di quelle recenti-attive; tratti più o meno ampi di tali aree possono presentare delle riattivazioni localizzate.

L'attività o quiescenza di un movimento franoso non è comunque un carattere diagnostico riguardo la stabilità dell'area interessata dall'evento; infatti, questi fenomeni possono riattivarsi in qualsiasi momento, pure a grande scala e più volte anche a distanza di secoli. Questi movimenti minori agiscono come agenti destabilizzanti a piccola scala e a breve tempo; essi inducono, in tempi più lunghi, l'instabilizzazione dell'intero corpo franoso la cui

riattivazione è sovente di difficile determinazione essendo la stessa legata ad una moltitudine di fattori che, nel caso specifico, sono correlabili ad attività sismica, eventi meteorici eccezionali, fenomeni di erosione al piede ad opera delle acque incanalate, nonché ad interventi antropici.

Dallo studio effettuato risulta in modo indiscutibile la stretta connessione tra le aree in dissesto e la struttura geologica del territorio; non mancano casi di colamento, soprattutto laddove la componente argillosa diventa cospicua ed in particolare nei dintorni dell'abitato di Menfi, nei versanti adiacenti la Piana Grande di Misilfurme ed in corrispondenza dei versanti più acclivi di C.da Gulfotta. Laddove l'energia del rilievo risulta elevata ed in corrispondenza dei litotipi arenacei e carbonatici, come per esempio nel rilievo Arancio Piccolo, in C.da Misilbesi e lungo le pareti carbonatiche dei versanti adiacenti la valle del Fiume Carboj, sono presenti fenomeni di crollo che determinano l'arretramento delle scarpate. Inoltre, fenomeni di crollo sono dovuti spesso all'alternanza di depositi a differente grado di cementazione; in particolare, per effetto dell'erosione eolica selettiva ed il conseguente scalzamento basale, si verificano nei sovrastanti banchi calcarenitici più cementati, modesti distacchi di elementi litici di dimensione variabile, già disarticolati da un diffuso stato di fratturazione.

L'intero settore sudoccidentale della tavoletta si caratterizza per l'assenza quasi completa di dissesti, con la sola eccezione di qualche raro e localizzato fenomeno che interessa la copertura eluvio-colluviale. In generale, questo settore si distingue per la presenza di estese superfici strutturali impostate sulla porzione calcarenitica del Pleistocene inferiore che terminano e si ricordano agli adiacenti versanti con ripide scarpate di erosione differenziale, raramente interessate da fenomeni di crollo, la cui altezza è generalmente inferiore ai dieci metri.

In generale, per quanto concerne l'instabilità dei versanti sono stati individuati sostanzialmente tre tipi principali di processi assimilabili a "frane" intese in senso lato. Si tratta sempre di fenomeni controllati dall'azione della gravità ma differenziabili principalmente per la complessità della loro genesi, per l'età relativa, le dimensioni dell'area coinvolta, e quindi del volume interessato, e per la velocità che ha caratterizzato o caratterizza il procedere delle deformazioni degli ammassi coinvolti; pertanto, si possono distinguere tre tipi principali di processi gravitativi: le frane a grossi blocchi assimilabili alle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (D.G.P.V.), le frane *s.s.* ed i dissesti superficiali.

L'area dove le D.G.P.V. trovano la loro massima espressione è il versante nordorientale di Monte Arancio dove blocchi di calcari di notevole spessore si presentano disarticolati, tiltati e ruotati. Al coronamento del corpo o dei corpi tiltati è possibile osservare vistose fratture beanti che bordano l'intera

zona dissestata, mentre alla base delle masse collassate manca un vero e proprio accumulo. Le osservazioni di campagna fanno considerare questi movimenti non ancora del tutto in equilibrio con il contesto geomorfologico e, pertanto, tuttora attivi, anche se la relativa evoluzione è molto lenta.

Movimenti gravitativi *s.s.* di tipo roto-traslativo e colamento interessano la maggior parte dei versanti dissestati; essi si originano nella parte alta del versante e raggiungono, quasi sempre, i solchi vallivi sottostanti; pertanto, la morfometria dei versanti, ed in particolare la loro lunghezza, determina il maggiore o minore sviluppo dei corpi franosi che possiedono spessori variabili, da qualche metro ad alcune decine di metri; altri elementi caratteristici sono rappresentati da scarpate secondarie, gradini di frana ed aree in contropendenza più o meno ampie.

La presenza di estese coperture eluvio-colluviali, soprattutto nell'area in cui affiorano le unità a prevalente componente argillosa e argillo-marnosa, determina, infine, il verificarsi di movimenti gravitativi più o meno lenti in funzione del regime delle pressioni interstiziali del terreno; tali fenomeni si verificano, generalmente, in corrispondenza di eventi meteorici estremi, con valori elevati di intensità e durata delle piogge, e sono caratterizzati da una ciclicità correlabile con l'andamento meteopluviometrico dell'area. Lo spessore coinvolto è molto modesto essendo, in genere, interessato solo quello della coltre regolitica.

Forme carsiche

Poco evidenti nell'area sono le forme epigee legate al processo carsico, anche se estesi sono gli affioramenti di litologie carbonatiche. Le uniche riscontrate sono le microforme tipo karren nei versanti dove manca una copertura eluviale ed alcune grotte che si aprono sui versanti prospicienti il Vallone S. Vincenzo. Degna di nota è, inoltre, una depressione posta nel settore a NW di Monte Arancio; si tratta di un'area con debole pendenza verso i quadranti sudoccidentali drenata, attualmente, da due linee di impluvio che si attestano proprio lungo il suo margine meridionale. Che si tratti, però, di un'area in cui il drenaggio delle acque risulta, o perlomeno è risultato in passato, difficoltoso lo testimonia il fatto che in corrispondenza della stessa affiorano diffusamente dei depositi argillo - limosi dal caratteristico colore nero (terre nere).

A testimonianza, invece, di uno sviluppato carsismo di tipo ipogeo vi è l'emissione di modeste quantità di vapore acqueo da un inghiottitoio che si imposta sui calcari di Monte Magaggiaro; una tale manifestazione va vista nell'ambito dei circuiti idrotermali, localizzati a poche centinaia di metri dal

piano di campagna, nonchè nella presenza di una rete carsica sotterranea alquanto sviluppata.

Forme antropiche

Un'imponente opera di antropizzazione nell'area rilevata è stata realizzata nel 1951, dall'Ente di Riforma Agraria in Sicilia (oggi Ente di Sviluppo Agricolo), con la costruzione dello sbarramento artificiale del corso del Fiume Carboj in corrispondenza della stretta fra il Monte Arancio, in destra idrografica, ed il Pizzo Miracoli, in sinistra idrografica. Ciò ha consentito di convogliare le acque del bacino imbrifero a monte nel Lago Arancio che presenta una capacità massima di invaso di oltre trenta milioni di m³.

Grazie, poi, all'affioramento di calcarenite dalle buone caratteristiche litotecniche sono diffuse in tutta l'area numerose cave la cui tipologia di coltivazione risulta alquanto diversificata in ragione della morfologia dell'affioramento, dell'utilizzo finale del materiale estratto e del periodo di coltivazione. Le cave interessano i calcari del Monte Magaggiaro ed i terreni pelitici



Fig. 2 — Movimento franoso innescato dalla coltivazione di una cava in argille plioceniche; in secondo piano, la porzione più meridionale della valle del Fiume Carboj.

appartenenti alla Formazione Marnoso – arenacea della Valle del Belice; anche le biocalcareni di Portella Misilbesi, grazie alle loro caratteristiche litotecniche, sono state utilizzate per la costruzione dei templi di Selinunte ed in particolare per le opere di sculture che li ornavano, quali metope e frontoni. Nelle zone di cava gli elementi morfologici principali sono i piazzali, situati al piede della cava stessa, le cui dimensioni sono da mettere in relazione con l'importanza dell'attività di cava, ed i fronti di avanzamento, spesso disposti su più livelli.

Le aree in cui è stata condotta o si conduce ancora l'attività estrattiva si caratterizzano anche per il diffuso degrado ambientale; si tratta, prevalentemente, di quell'intreccio più o meno fitto di strade di servizio utilizzate esclusivamente per lo svolgimento dell'attività estrattiva e dei cumuli di materiale di scarto proveniente dalle lavorazioni dei materiali lapidei estratti. Nessuna delle cave abbandonate presenti sul territorio in esame è stata oggetto di alcun processo di risistemazione e/o ripristino sistematico. In alcuni casi, la coltivazione inadeguata e/o eccessiva ha portato addirittura alla destabilizzazione di cospicue porzioni di versanti per l'innescò indotto di movimenti in massa (Fig. 2).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati ottenuti nel presente lavoro hanno consentito di delineare i principali caratteri del paesaggio, definendo la distribuzione e tipologia dei dissesti, nonché di individuare tutte le altre forme correlabili con l'azione delle acque correnti superficiali, incanalate e non, in un'area in cui scarse erano le informazioni sia di carattere geologico e geologico - ambientale che i dati di carattere geomorfologico.

Nell'ambito della pianificazione territoriale è ben nota l'utilità di elaborati cartografici che attraverso l'analisi del territorio possano evidenziare le differenti problematiche geologiche esistenti ed essere utilizzate per una corretta valutazione del rischio geoambientale; in particolare, è necessario fornire cartografie sintetiche e di facile lettura dove siano evidenziate le problematiche più salienti relative alle differenti pericolosità ambientali. In quest'ottica la sintesi del lavoro è riportata nella "Carta geomorfologica della Tavoletta Menfi" (MONTELEONE *et al.*, 2008).

Quindi, un accurato rilevamento geolitologico dei terreni affioranti e geomorfologico dei fenomeni franosi attivi o quiescenti, nonché di tutte le altre forme del paesaggio, rappresenta sicuramente il punto di partenza per la determinazione del rischio, anche su porzioni estese di territorio. Tale metodologia di indagine ha il grande vantaggio di essere relativamente semplice ed al tempo

stesso oggettiva, ovvero di basarsi su elementi reali, che possono, di volta in volta, essere riscontrati e valutati. Per esempio, l'attività o la quiescenza attuale delle frane possono essere dedotte dalla freschezza delle varie forme osservate nonchè, se esistono, dai dissesti registrati sulle strutture e infrastrutture che ivi ricadono, o ancora da una minuziosa ricerca di dati storici. Seppur in tal modo non si riesca a prevedere il rischio per frane in aree che non ne sono state mai interessate, le informazioni che ne derivano risultano in ogni caso di estrema validità; tralaltro, raramente si verificano frane di neoformazione essendo la maggior parte degli eventi franosi rappresentata da rimobilizzazioni, parziali o totali o al più da propagazioni di frane preesistenti.

BIBLIOGRAFIA

- BAMBINA A., BURGIO C., MONTELEONE S., PIPITONE G. & SABATINO M., 1998 — Lineamenti idrostrutturali del settore centro-meridionale dei Monti Sicani (Sicilia occidentale). — *Atti 79° Cong. Naz. Soc. geol. ital.*, A: 123-125.
- BOSI C., CAVALLO R. & FRANCAVIGLIA V., 1973 — Aspetti geologici e geologico-tecnici del terremoto della Valle del Belice del 1968. — *Mem. Soc. geol. ital.*, 12: 81-130.
- CATALANO R. & D'ARGENIO B., 1978 — An essay of palinspastic restoration across the western Sicily. — *Geol. romana*, 17: 145-159.
- CATALANO R., MACALUSO T., MONTELEONE S. & CALANDRA D., 1982 — Lineamenti geostutturali, idrogeologici e geotermici della Sicilia occidentale. — In: Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del Territorio italiano. *C.N.R.*, 13: 110-120
- DI STEFANO P. & VITALE F., 1992 — Carta geologica dei Monti Sicani occidentali. — *Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università degli Studi di Palermo*.
- MASCLE G., 1979 — Etude géologique des Monts Sicani. — *Riv. ital. Paleont. Stratigr.*, 16: 653-657.
- MONTELEONE S., SABATINO M. & BAMBINA A., 2006 — Carta geomorfologica della tavoletta S. Margherita Belice e note illustrative (Sicilia occidentale). — *Naturalista sicil.*, Palermo, 30: 445-458.
- MONTELEONE S., SABATINO M. & BAMBINA A., 2008 — Carta geomorfologica della Tavoletta Menfi (Sicilia occidentale). Nota preliminare. — *Naturalista sicil.*, Palermo, 32: 389-391.
- MONTELEONE S. & PIPITONE G., 1991 — Schema idrogeologico dell'area di Monte Magaggiaro e Pizzo Telegrafo (Sicilia sudoccidentale). — *Boll. Soc. geol. ital.*, 110: 155-164.
- RUGGIERI G. & UNTI M., 1977 — Il Quaternario del Pianoro di S. Margherita di Belice (Sicilia). — *Boll. Soc. geol. ital.*, 96: 803-812.
- SCHMIDT A.M., 1972 — La Fortezza di Mazzallakkar. — *Bollettino d'Arte*, 2: 32-39.
- VARNES D.J., 1978 — Slope movements types and processes. — In: Schuster R.L. & Krizek R.J. (eds.), *Landslides: analysis and control*, 176: 11-35.

Indirizzo degli Autori – S. MONTELEONE, M. SABATINO, A. BAMBINA, Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università degli Studi di Palermo, Via Archirafi, 22 – 90123 Palermo (I)