



A P A T

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi Tecnici



DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO

Servizio Geologico d'Italia

Organo Cartografico dello Stato (legge n. 68 del 2.2.1960)

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOMORFOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000

foglio 389

ANAGNI

a cura di

B. Gentili* & E. Lupia Palmieri**

Con i contributi di **D. Aringoli*, M. Del Monte**, M. Fazzini*, P. Fredi**,
R. Marini***, M. Materazzi*, G. Pambianchi*, A. Patera**, L. Turchi****,
G. Trovato*******

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino

** Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma "La Sapienza"

*** Italferr S.p.A., Roma

**** Italeco S.p.A., Roma

***** Libero Professionista

Ente realizzatore



REGIONE LAZIO

DIPARTIMENTO TERRITORIO

Direzione Regionale Ambiente e Protezione Civile

Direttore del Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia:
L. Serva

Responsabile del Progetto CARG per il Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia: **F. Galluzzo**

Responsabile del Progetto CARG per la Regione Lazio: **F. Nolasco**

Comitato Geologico Nazionale (D.P.C.M. 23-3-1999 e 9-12-1999):

N. Accardi (presidente), **G. Arnone**, **A. Boscherini**, **S. Cocco**, **V. Coccolo**,
U. Crescenti, **L. Del Sordo**, **M. Grasso**, **P. Manetti**, **G. Mariotti**, **G. Pasquarè**,
R. Pignone, **R. Polino**, **A. Praturlon**, **M. Santantonio**, **F. Trincardi**

Si ringraziano i componenti del precedente Comitato Geologico Nazionale per il loro contributo scientifico.

PER IL DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA:

Collaborazione scientifica:

E. Chiarini, **M. D'Orefice**, **R. Graciotti**, **E. La Posta**, **F. Papasodaro**

Coordinamento cartografico:

D. Tacchia (coordinatore), **G. Masella**

Coordinamento editoriale e allestimento per la stampa:

M. Cosci, **G. Masella**, **D. Tacchia**

PER LA REGIONE LAZIO:

ITALECO s.p.a. - Roma

Coordinamento generale:

C. Del Vecchio

Coordinamento informatico:

F. Valeri

Coordinamento editoriale digitale:

G. Bolle, **T. Marasciulo**

Allestimento cartografico-digitale:

S.EL.CA. s.r.l., Firenze

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG:

M.T. Lettieri (APAT - Servizio Geologico d'Italia)

Stampa: **S.EL.CA. s.r.l., Firenze - 2005**

INDICE

I	- INTRODUZIONE	pag.	5
1.	- IL PROGETTO CARG LAZIO	»	5
2.	- IL FOGLIO GEOMORFOLOGICO 389 "ANAGNI"	»	5
II	- STUDI PRECEDENTI	»	9
III	- LINEAMENTI OROGRAFICI E IDROGRAFICI	»	11
1.	- ACCLIVITÀ ED ESPOSIZIONE DEI VERSANTI	»	13
IV	- CONDIZIONI CLIMATICHE E IDROLOGICHE	»	17
1.	- ZONAZIONI CLIMATICHE	»	23
2.	- ELEMENTI DI IDROLOGIA	»	26
V	- LINEAMENTI GEOLOGICI	»	29
1.	- INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	»	29
2.	- CENNI DI STRATIGRAFIA	»	30
3.	- ASSETTO TETTONICO	»	32
3.1.	- IL DISTRETTO VULCANICO DELLA MEDIA VALLE LATINA	»	32
3.2.	- IL DISTRETTO VULCANICO DEI COLLI ALBANI	»	33
VI	- MORFOGENESI	»	35
VII	- GEOMORFOLOGIA STRUTTURALE	»	39
1.	- FORME STRUTTURALI E VULCANICHE	»	40
2.	- MORFOTETTONICA E MORFOEVOLUZIONE	»	42
VIII	- GEOMORFOLOGIA FLUVIALE E FORME DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO	»	47
1.	- I DEPOSITI ALLUVIONALI	»	50
2.	- I DEPOSITI DI TRAVERTINO	»	52
3.	- FORME E DEPOSITI MINORI	»	56
4.	- I FENOMENI DI ESONDAZIONE	»	57
IX	- FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITÀ	»	59
1.	- I MOVIMENTI IN MASSA	»	60
2.	- PERICOLOSITÀ PER MOVIMENTI IN MASSA IN UNA ZONA CAMPIONE	»	66
2.1.	- METODOLOGIA	»	67
2.2.	- DISCUSSIONE	»	69
X	- CARSISMO E FORME LACUSTRI	»	71
1.	- DEPRESSIONI E DEPOSITI DI ORIGINE LACUSTRE	»	73

XI	- FORME DOVUTE AD ATTIVITÀ ANTROPICHE	»	77
XII	- EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO	»	79
XIII	- ASPETTI DI INTERESSE APPLICATIVO	»	81
BIBLIOGRAFIA			84

I - INTRODUZIONE

1. - IL PROGETTO CARG LAZIO

Il Foglio n. 389 - “Anagni” della Carta Geomorfologica d’Italia in scala 1:50.000 è stato realizzato nell’ambito del Programma CARG (Legge 305/89) mediante convenzione tra Servizio Geologico Nazionale e Regione Lazio, con finanziamento rispettivamente del 60 e del 40%.

La realizzazione del foglio è stata coordinata in ambito regionale dall’Assessorato all’ambiente che, in accordo con il SGN, ha definito un gruppo di lavoro, costituito da 1 coordinatore scientifico, 1 direttore di rilevamento e 4 rilevatori. Questo gruppo ha lavorato in un clima di costante collaborazione, avvalendosi anche del supporto di specialisti in diverse discipline delle Scienze geologiche, per l’elaborazione di analisi e approfondimenti di particolari aspetti del territorio studiato.

2. - IL FOGLIO GEOMORFOLOGICO 389 “ANAGNI”

Il Foglio “Anagni” (scala 1:50.000) interessa un’area di circa 617 km², ricadente nel Lazio meridionale, centrata a circa 60 km a SE di Roma; esso copre parte dei Fogli 151 “Alatri” e 159 “Frosinone” della Carta Topografica d’Italia in scala 1:100.000 (Fig. 1a).

La Carta Geomorfologica, di cui il presente scritto costituisce la nota illustrativa, è il risultato di rilevamenti geomorfologici di dettaglio, a scala 1:10.000 e 1:25.000; la scelta della scala è stata operata sulla base delle caratteristiche geomorfologiche delle zone (o dei siti) da rilevare e della loro complessità. I dati così ottenuti sono stati trasferiti, pressoché integralmente, sulle Sezioni della Carta Topografica d’Italia dell’I.G.M., in scala 1:25.000, componenti il Foglio 389 “Anagni” (I-Guarcino, II-Ferentino, III-Segni e IV-Anagni) e successivamente,

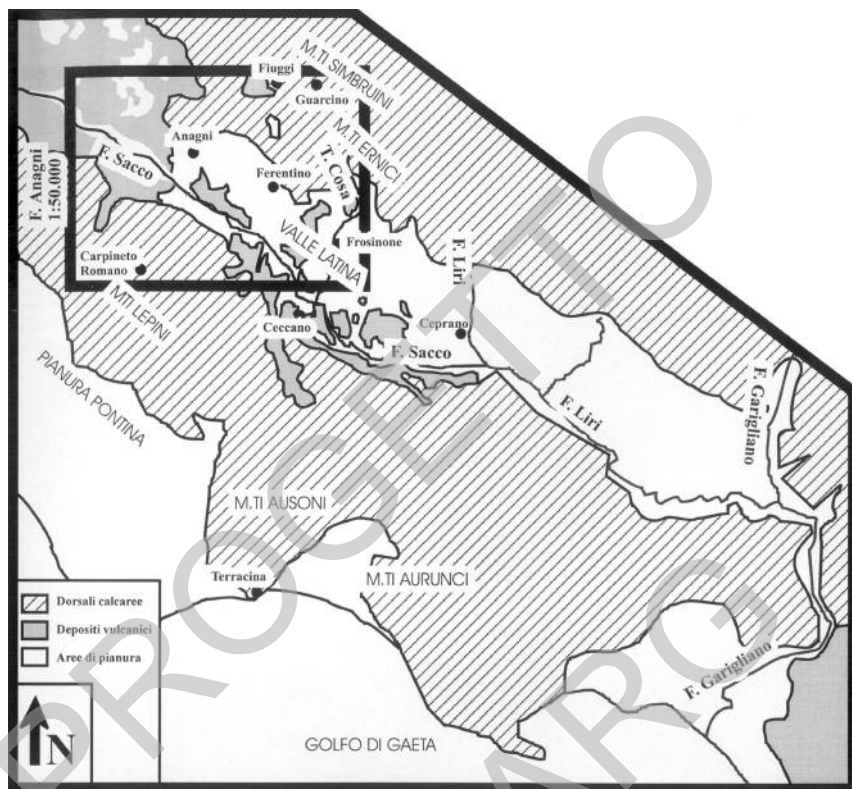


Fig. 1a - Lineamenti essenziali (geologia, orografia e idrografia) dell'area di studio e di un suo significativo intorno

mediante opportune estrapolazioni e generalizzazioni, sulla base topografica alla scala 1:50.000 dello stesso Foglio.

Nel corso dei rilevamenti, durante le fasi finali degli stessi ed in conclusione della ricerca, sono state eseguite: operazioni di omogeneizzazione e, talora, di integrazione, mediante sopralluoghi, analisi di foto aeree, esecuzione di sondaggi geognostici ed analisi di laboratorio, nonché ripetute riunioni di coordinamento cartografico, sul terreno e in laboratorio, dei Rilevatori e del Direttore di rilevamento, mentre quest'ultimo era in costante consultazione con il Coordinatore scientifico; per tematiche particolari ci si è avvalsi anche della collaborazione di esperti esterni al gruppo di lavoro.

Le operazioni di rilevamento geomorfologico sono state eseguite, per percentuali diverse dell'intera area esaminata, da: Domenico Aringoli (tratto sud-occidentale, circa il 28%), Roberta Marini (tratto nord-occidentale, circa il 22%), Marco Materazzi (tratto sud-orientale, circa il 28%) e Lorenzo Turchi (tratto

nord-orientale, circa il 22%). Nella fase finale dello studio sono stati inoltre coinvolti, su aspetti specifici e mediante appositi contratti di collaborazione, diversi esperti esterni: Elisabetta Brugiapaglia (analisi palinologiche); Maurizio Del Monte (valutazione della pericolosità per movimenti in massa di una zona campione); Massimiliano Fazzini (caratterizzazione climatica ed idrologica); Paola Fredi & Gilberto Pambianchi (analisi morfostrutturale e morfoneotettonica); Antonio Patera (elaborazioni numeriche di dati geomorfologici); Yves Quinif & Beta Inc. (datazioni radiometriche). Ulteriori, parziali, collaborazioni sono state acquisite nella fase di redazione delle Note Illustrative.

Bernardino Gentili ha svolto la funzione di Direttore di Rilevamento ed Elvidio Lupia Palmieri quella di Coordinatore scientifico.

Gli autori intendono ringraziare sentitamente per gli utili dati gentilmente forniti: l'Autorità di Bacino Liri-Garigliano; la Cassa per il Mezzogiorno; il Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade - Facoltà di Ingegneria, Università di Roma "La Sapienza"; l'ENEL, Dipartimento di Terni; la Federazione Speleologica del Lazio (in particolare il Presidente Lorenzo Grassi e, per l'area di Carpineto Romano, il Dott. Geol. Geminiano Montecchi); le Ferrovie dello Stato-TAV, Roma; il Dr. Cino Giuseppe di Roma; gli Uffici Tecnici dei Comuni ricadenti nell'area di studio.

PROGETTO
CARG

II - STUDI PRECEDENTI

I più antichi studi relativi al territorio in esame risalgono al XVI-XVII sec. e riguardano le importanti sorgenti di Fiuggi; come tante altre pubblicazioni successive, essi sviluppano essenzialmente gli aspetti storici o idroterapici delle acque, prendendo raramente in considerazione il contesto geologico, per il quale si hanno soltanto cenni sparsi in lavori di diverso tipo. Verso la fine del XIX sec. compaiono i primi, più o meno organici, lavori di carattere geologico e geografico-fisico.

Nel XX secolo, soprattutto a partire dagli anni '50, vengono prodotti numerosi lavori scientifici, in netta prevalenza di carattere geologico e petrografico, che talora prendono in considerazione, direttamente o indirettamente, l'evoluzione geomorfologica.

Diversi autori descrivono le sequenze stratigrafiche mioceniche della Valle Latina, comparandole anche con quelle delle limitrofe regioni dell'Italia centrale, e ripropongono talora le ipotesi delle strutture a sovrascorrimenti, già formulate in precedenza da altri autori (ACCORDI *et alii*, 1967; DEVOTO, 1967; DAMIANI, 1991).

L'evoluzione tettonico-sedimentaria del versante tirrenico dell'Appennino centrale calcareo, di cui fanno parte i Monti Lepini ed i Simbruini-Ernici, costituisce il principale interesse di diversi autori, i quali studiano, in particolare, la strutturazione della catena e l'intensa attività tettonica a carattere distensivo che l'ha successivamente interessata; altri autori evidenziano la stretta connessione tra tale attività tettonica e la risalita, nel Pleistocene medio, di ingenti quantità di magma che hanno dato origine all'attività vulcanica dei vari "distretti" dell'Italia centrale (ANGELUCCI, 1966; ALBERTI *et alii*, 1975; PAROTTO & PRATURLON, 1975; CAVINATO *et alii*, 1990; CIPOLLARI & COSENTINO, 1993; PRATURLON, 1993).

Piuttosto ampia è la letteratura che riguarda il Quaternario del Distretto vulcanico della media Valle Latina e degli altri distretti vulcanici che formano le Province Petrografiche Romana e Campana, così come i rapporti tra vulcanismo ed allineamenti tettonici appenninici e antiappenninici (ACCORDI *et alii*, 1967;

BERGOMI & NAPPI, 1972; ANGELUCCI *et alii*, 1974; DOLFI *et alii*, 1976; FUNICIELLO & PAROTTO, 1978; CORDA *et alii*, 1979; CIVETTA *et alii*, 1981; DE RITA, 1993; ACOCCELLA *et alii*, 1996). Particolarmente interessanti per il presente studio sono inoltre i dati bibliografici relativi alla cronologia del vulcanismo dei Colli Albani (FORNASERI *et alii*, 1963; DE RITA *et alii*, 1990, 1992 e 1995; MERCIER, 1993; VOLTAGGIO *et alii*, 1994).

Da segnalare sono anche gli studi sull'Archeologia nella Valle del Sacco e del Liri, nei quali si trovano importanti dati relativi alla descrizione, alla correlazione e alla cronologia dei depositi lacustri pleistocenici rinvenuti in alcuni siti (SEGRE, 1993). Riguardo al secondo bacino, è di grande interesse, per le forti analogie con l'area di studio, l'approfondita analisi dei depositi quaternari e la ricostruzione dell'evoluzione geomorfologica della bassa valle (DEVOTO, 1965).

Specifiche indagini geografico-fisiche e geomorfologiche hanno interessato tratti dell'area di studio o bacini limitrofi. Esse riguardano la dettagliata descrizione dell'origine, in tempi storici, dell'attuale Lago di Canterno, inserita nel contesto geologico e morfotettonico (DE AGOSTINI, 1898; CREMA, 1921), o la scomparsa, sempre in tempi storici, di altri bacini lacustri minori del Lazio meridionale (SEGRE, 1987). Nel vasto e approfondito lavoro sull'Alto Bacino del Liri di ACCORDI *et alii* (1969), oltre al fondamentale tema idrogeologico vengono sviluppate anche altre tematiche, tra cui quella geomorfologica.

III - LINEAMENTI OROGRAFICI E IDROGRAFICI

Considerando come discriminanti il rilievo, la configurazione morfologica complessiva e la posizione geografica, nell'area di studio si riconoscono, a piccola scala, due regioni omogenee, sviluppate prevalentemente in direzione NW-SE, costituite: dalle dorsali montuose dei Monti Lepini e dei Monti Ernici, la prima, e dall'ampia depressione tettonica fra esse compresa, corrispondente al tratto centro-settentrionale della Valle Latina, la seconda (Fig. 1b).

A scala intermedia, considerando anche le caratteristiche geologiche e geomorfologiche fondamentali, all'interno di dette macrozone, si individuano ulteriori aree relativamente omogenee, meno estese o talora ad esse circa corrispondenti, che vengono di seguito sinteticamente descritte.

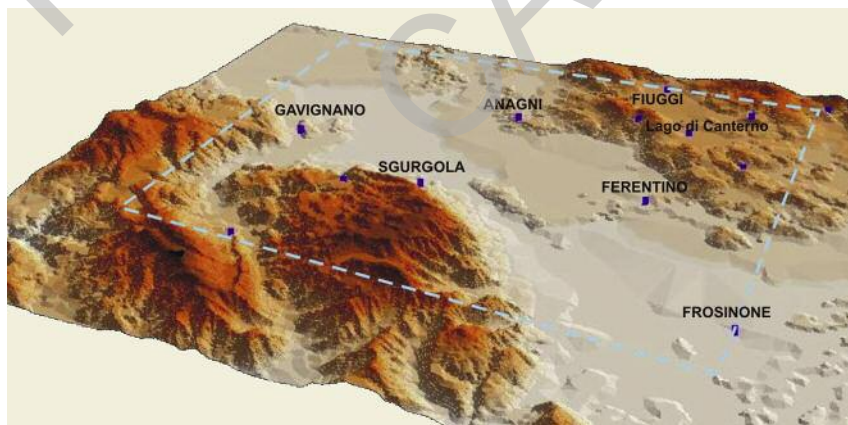


Fig. 1b - Modello digitale del terreno di un tratto del Lazio meridionale (con la delimitazione dell'area di studio).

Le due catene montuose appartenenti alla fascia del pre-Appennino centrale (Monti Lepini) e dell'Appennino centrale (Monti Ernici), costituite da calcari, calcareniti e dolomie in facies di piattaforma, ben stratificati e blandamente piegati o basculati, di età cretacico-miocenica, danno luogo a due anticlinori orientati in direzione NW-SE (ALBERTI *et alii*, 1975; ACCORDI *et alii*, 1988).

Il rilievo non presenta quote superiori ai 1.500-2.000 m s.l.m.; nei tratti ricadenti nel Foglio "Anagni", le quote più elevate si raggiungono a M. Malaina (1480 m s.l.m.), M. Pisciarelli (1423 m s.l.m.) e M. Perentile (1024 m s.l.m.), nei M.ti Lepini, e a M. Porciano (953 m s.l.m.), Colle Madama (899 m s.l.m.) e M. Ruvile (880 m s.l.m.), nei Monti Ernici. L'acclività dei versanti è generalmente elevata e relativamente elevati sono i valori dell'energia di rilievo (dell'ordine di qualche centinaio di metri, ma che può raggiungere e superare i 500 m).

Più articolata risulta essere la depressa regione centrale, corrispondente al tratto medio della Valle Latina. Essa inizia a Roma, si sviluppa per circa 120 km con allineamento NW-SE e termina con la piana di Cassino; la larghezza varia dai 10 ai 20 km. È limitata: a Nord-Ovest dal Vulcano Laziale (FORNASERI *et alii*, 1963); dai Monti Lepini, Ausoni ed Aurunci, sui quadranti meridionali; dai massicci carbonatici dei Tiburtini, Prenestini, Ernici e dai gruppi di Monte Cairo e Monte Maio, sul bordo nord-orientale; ed è chiusa a Sud dai massicci calcarei di Rocca d'Evandro (Aurunci orientali). Al suo interno si distinguono tre sistemi: fasce di rilievi collinari, aree a rilievo tabulare, ampio fondovalle alluvionale.

Il raccordo tra le dorsali montuose ed il fondovalle è marcato, in sinistra idrografica, da un'ampia fascia collinare (5-8 km di larghezza), cui si intercalano estese piane alluvionali, costituita da diffusi affioramenti di unità torbiditiche tortoniano-messiniane, per ampi tratti ricoperte da depositi continentali, blandamente piegate e ulteriormente disarticolate in blocchi da faglie dirette. Le quote sono variabili e generalmente inferiori ai 600 m (M. S. Giorgio, 631 m s.l.m.; Collemartino, 408 m s.l.m.; Anagni, 399 m s.l.m.; Ferentino, 395 m s.l.m.; Colle Castagnole, 291 m s.l.m.). In destra idrografica tale raccordo è dato da una più ristretta fascia di colline (1-3 km di larghezza), costituite dagli stessi litotipi, meno elevate delle precedenti (quote generalmente inferiori ai 300 m s.l.m.). L'energia di rilievo è dell'ordine delle decine di metri (raramente raggiunge il centinaio di metri) e l'acclività è piuttosto variabile.

Nei settori nord-occidentale e, in subordine, sud-orientale della depressione si rilevano aree dalla prevalente forma tabulare, comprese tra 200 e 280 m di quota, la cui continuità è interrotta da incisioni della rete idrografica.

La genesi di tale ulteriore sistema è strettamente connessa alla messa in posto di rocce vulcaniche effusive, poste generalmente a copertura delle torbiditi mioceniche.

Il terzo sistema si identifica nell'ampio fondovalle alluvionale, al cui interno è incisa l'asta fluviale del Fiume Sacco, insieme a quelle di alcuni dei suoi principali affluenti; è costituito in prevalenza da alluvioni terrazzate, di età pleistocenico-olocenica, poggianti per lo più su substrato torbiditico. Le quote sono comprese tra circa 100 e 250 m s.l.m.; l'acclività è molto bassa, data la preva-

lenza di superfici suborizzontali, ed altrettanto bassa è l'energia di rilievo.

All'interno dei Monti Ernici, tra i bacini dell'Aniene, del Sacco e del suo più importante tributario, il Cosa, si sviluppa una seconda depressione tettonica di ridotte dimensioni, rielaborata in parte dal carsismo, denominata Conca di Fiuggi (o di Anticoli), o anche Valle Anticolana (CREMA, 1921). Dal contorno irregolare, si estende per circa 70 km² (il 60% circa ricade nel Foglio "Anagni"), la sua forma planimetrica si approssima a quella di un triangolo rettangolo, con ipotenusa ad orientamento appenninico e cateto maggiore circa meridiano; i vertici possono essere individuati approssimativamente a M. Pila Rocca (1109 m s.l.m.) e M. Torrita (1145 m s.l.m.), a Nord (poco fuori dal Foglio "Anagni"), e a M. Lungo (690 m s.l.m.), a Sud. Tale limitato sistema a bassa energia di rilievo si raccorda tramite nette rotture di pendio concave ai circostanti, ripidi, versanti dei rilievi collinari e montuosi che lo delimitano. Dei rilievi minori, La Monna, M. Corniano e Trivigliano, dividono la Conca in due parti comunicanti tra loro attraverso la stretta vallecchia ubicata poco a Sud di Madonna della Stella (località La Fornace); quella settentrionale, più ampia, è più propriamente chiamata "di Fiuggi" e quella meridionale "di Canterno".

Nella Conca appena descritta si sviluppa un bacino endoreico di circa 40 km² di estensione, ricadente per la quasi totalità (35 km² circa) nel settore nord-orientale dell'area di studio, le cui acque, drenate dal Fosso del Diluvio, generano il Lago di Canterno, posto all'estremità sud-occidentale; la restante porzione della Conca è drenata dal Fiume Cosa.

Il corso d'acqua principale dell'area di studio è rappresentato dal Fiume Sacco, la cui zona sorgentizia è posta sul fianco orientale dei Castelli Romani e su quello meridionale dei Monti Prenestini; esso, dopo un percorso di circa 80 km, sfocia nel Fiume Liri (sulla destra idrografica), a sua volta affluente di destra del Garigliano (con foce nel Mar Tirreno, in corrispondenza del Golfo di Gaeta) (Fig. 1a). Circa metà dell'asta fluviale del Sacco si sviluppa nell'area di studio, scorrendo da NW verso SE, con un alveo di ampiezza variabile. I principali affluenti sono: il Fosso del Pisso, il Fosso Mellone, il Torrente il Rio, il Fosso le Brecce, in destra idrografica; il Fosso delle Fontane, il Fosso della Sanguinara, il Fosso dell'Asino, il Fosso del Castellaccio, il Rio S. Maria, il Torrente Alabro e il Fosso Cenica, in sinistra idrografica. Appena fuori dall'area del Foglio "Anagni", a Sud-Est, sempre in sinistra idrografica, confluisce nel Sacco il suo più importante tributario, il Fiume Cosa, che percorre, in direzione circa meridiana, l'estrema porzione nord-orientale dell'area di studio.

1. - ACCLIVITÀ ED ESPOSIZIONE DEI VERSANTI (contributo di A. Patera)

L'applicazione delle nuove tecnologie informatiche all'analisi e alla gestione dell'ambiente, del territorio e delle risorse naturali, avvenuta negli ultimi decenni, ha portato allo sviluppo e all'affermazione dei Sistemi Informativi Territoriali

(SIT), conosciuti comunemente con il termine inglese GIS (*Geographical Information System*). Il loro successo è dovuto alla capacità di gestire ed elaborare in modo rapido grandi moli di dati geografici georeferenziati, organizzati generalmente in insiemi logici distribuiti su strati informativi separati. La disaggregazione delle informazioni su livelli differenti permette di combinare tra di loro i vari tematismi per effettuare operazioni di analisi spaziale sulle informazioni geografiche contenute nella banca dati e per applicare modelli di interpretazione e di predizione.

Nel campo della geomorfologia e delle indagini morfometriche risulta di particolare interesse la costruzione del Modello digitale del terreno, o semplicemente DEM (dall'inglese *Digital Elevation Model*), che consente di effettuare le analisi spaziali che richiedono una valutazione tridimensionale delle informazioni. Attraverso le funzioni e gli strumenti del software, è possibile ricavare automaticamente i parametri morfometrici relativi a singoli bacini di drenaggio, le orientazioni preferenziali di singoli segmenti fluviali, la gerarchizzazione del reticolo fluviale. I dati ottenuti con l'elaborazione possono essere archiviati nella banca dati del GIS e rappresentati sotto forma di carte tematiche o di diagrammi. Tra i vari elaborati, quelli di maggiore interesse sono il modello ombreggiato del rilievo, la carta della esposizione dei versanti, la carta delle acclività, la carta dell'energia del rilievo e la carta della densità di drenaggio.

Per creare il modello digitale del terreno, utilizzato per l'analisi morfometrica dell'area del Foglio "Anagni", è stato scelto il modulo di analisi raster GRID del software ARC/INFO. La scelta è stata dettata dal tipo di dati disponibili e dalle rappresentazioni grafiche che avrebbero costituito il prodotto finale. Tra le varie possibilità di elaborazione ed analisi, si è preferito utilizzare la funzione TOPOGRID, specificamente disegnata come metodo di interpretazione per la creazione di modelli digitali di elevazione idrologicamente corretti.

Le principali forme del paesaggio presentano in generale culminazioni (massimi locali) e depressioni (minimi locali) della topografia originate principalmente dalle acque correnti superficiali. Per elaborare il modello digitale del terreno, il comando TOPOGRID utilizza le variazioni topografiche consistenti in significativi cambiamenti di pendenza - quali, ad esempio, quelli localizzati in corrispondenza di scarpate o ai piedi di valli fluviali - producendo superfici altamente precise ed accurate anche in presenza di dati non particolarmente fitti.

Per l'elaborazione del modello, i dati territoriali sono stati organizzati nei seguenti livelli informativi contenenti ciascuno un unico tipo di informazione geografica:

- curve di livello con equidistanza di 25 m, estratte dalla cartografia ufficiale a scala 1:25.000 (sezioni) dell'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI)
- punti quotati, indicati sulle sezioni dell'IGMI
- rete idrografica, ricavata dalle sezioni IGMI
- bacini idrici presenti nell'area di studio.

I dati sono stati acquisiti in forma vettoriale utilizzando una tavola grafica e uno scanner raster. Dopo una fase di correzione e verifica dell'informazione e di mosaicatura delle quattro sezioni costituenti il foglio topografico, i dati sono stati opportunamente manipolati in funzione dei requisiti per l'elaborazione richiesti dal software scelto. Ad esempio, in presenza di biforcazioni parallele in aree vallive la rete idrografica è stata sostituita da un'unica linea mediana; tutte le aste fluviali sono state orientate a seconda della direzione del flusso, cioè dal punto topograficamente più elevato verso quello topograficamente più basso. I punti quotati sono stati adeguatamente integrati da ulteriori misurazioni, soprattutto in presenza di culminazioni e depressioni o di aree pianeggianti, in modo tale da ottenere una migliore descrizione altimetrica del territorio. L'elaborazione dei dati così strutturati al fine della costruzione del DEM è avvenuta in forma raster, con celle elementari quadrate con lato di 25 m. La dimensione del DEM risultante è stata di 913 righe per 1130 colonne. Sono stati utilizzati opportuni valori di tolleranza per lo sfoltimento delle informazioni e per ottenere un modello digitale di elevazione omogeneo e privo di valori (principalmente culminazioni e depressioni) inattesi. Il modello così ottenuto è stato verificato attraverso visualizzazioni prospettiche tridimensionali ed analisi spaziali delle pendenze, utilizzando punti di vista e angolazioni differenti, al fine di assicurarsi che i dati e i parametri forniti al programma per l'elaborazione del DEM portassero ad una rappresentazione realistica della superficie. Inoltre, attraverso opportune funzioni del software, sono stati derivati automaticamente il reticolo idrografico e le curve di livello, che sono stati sovrapposti ai dati originari per garantire con la loro coincidenza la validità del modello elaborato.

Dall'analisi morfometrica della Carta delle pendenze è possibile suddividere il territorio compreso nel Foglio "Anagni" in tre regioni ben distinte tra loro: a NE abbiamo la presenza della dorsale carbonatica dei Monti Ernici, al centro la depressione tettonica corrispondente al tratto medio della Valle Latina e a SW la catena montuosa calcarea dei Monti Lepini. Le tre strutture presentano prevalentemente un orientamento appenninico con direzione NW-SE. Nella Carta dell'esposizione dei versanti sono bene evidenti le strutture tettoniche appenniniche principali e antiappenniniche secondarie che interessano le due dorsali calcaree.

Regione sud-occidentale - Sia nella Carta delle pendenze, sia nella Carta dell'esposizione dei versanti (schemi a margine) è evidente l'importante faglia inversa appenninica tra Gavignano e Supino, che determina versanti ad elevata acclività e generalmente esposti a NE. Un importante lineamento antiappenninico tra Montelanico e l'angolo SW del Foglio "Anagni" divide l'intera unità nei settori orientale e occidentale, con caratteristiche morfometriche differenti. Questa importante struttura tettonica è solo parzialmente cartografata come elemento certo o probabile nel Foglio della Carta Geologica d'Italia. Il settore occidentale ha una struttura a blocchi allungati in direzione NNW-SSE e versanti esposti principalmente a ENE. L'assetto tettonico del settore orientale presenta invece blocchi orientati in direzione appenninica, con versanti orientati principalmente a NE. L'acclività dei versanti risulta elevata in entrambi i settori, con valori locali superiori al 50%.

Regione centrale - Nella Valle Latina, la cui acclività varia dallo 0 al 10%, si differenzia chiaramente la struttura tra Casalini e Il Monticchio, caratterizzata dall'affioramento di litotipi calcarei con pendenze tra il 10 e il 30%. Nel settore collinare nord-occidentale, dove affiorano ampiamente le vulcaniti dell'Alta Valle del Fiume Sacco, sono evidenti (Carta delle pendenze) le fasce concentriche a differente acclività che caratterizzano i diversi litotipi vulcanici e che presentano valori di pendenza minori per le cineriti e maggiori per le colate piroclastiche. Il raccordo con le dorsali carbonatiche del Monti Lepini e dei Monti Ernici è contrassegnato da fasce collinari costituite da affioramenti di unità torbiditiche, con acclività medie maggiori e comprese tra il 5 e il 15%. Nel settore sud-orientale, con acclività minime, si sviluppano le principali piane alluvionali.

Regione nord-orientale - Nella regione dei Monti Ernici, la maggiore estensione dei versanti esposti a SE, Sud e SW trova riscontro nell'assetto monoclinale delle diverse strutture con strati generalmente immergenti a SW. Tra le evidenti direttrici tettoniche appenniniche, è da notare l'importante faglia presente tra il Rio Campo e il Lago di Canterno, che determina versanti esposti a NE caratterizzati da acclività elevate. Tra i lineamenti tettonici antiappenninici, parzialmente oblitterati nell'elaborazione grafica dall'andamento della stratificazione, è evidente la struttura tettonica presente tra Colle La Vena e il Monte Trave. I valori di acclività sono mediamente inferiori a quelli della regione sud-occidentale.

IV - CONDIZIONI CLIMATICHE E IDROLOGICHE

(contributo di M. Fazzini)

Le caratteristiche climatiche dell'area del Foglio "Anagni" risentono in maniera significativa di alcuni fattori geografici che, in un certo senso, vi giocano un ruolo opposto: la distanza dal mare e il contesto orografico generale. La prima è tipica di un'area in cui le influenze mediterranee sono ancora piuttosto nette, sia dal punto di vista termico che da quello pluviometrico. L'orografia generale attenua il suddetto carattere, in primo luogo per la presenza della catena dei Monti Lepini, che impedisce, almeno in parte, l'arrivo delle masse d'aria di origine atlantica; in secondo luogo perché, ad eccezione del fondovalle del Fiume Sacco e delle alture ad esso prospicienti, il territorio è quasi interamente posto a quote alto-collinari.

L'analisi climatica riguarda la quasi totalità delle stazioni meteorologiche presenti nell'area di studio ed in un suo significativo intorno, necessario per valutare le caratteristiche climatiche anche ai confini dell'area stessa.

Le stazioni esaminate sono in tutto 15, di cui 8 sono anche termometriche (Tab.1), appartenenti alla rete gestita dal Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri (Servizio Idrografico – Compartimenti di Roma e Napoli, 1951-1992 e 1956). I dati studiati sono quelli del periodo 1921-1990 per le precipitazioni mensili e del periodo 1961-1990 per le precipitazioni orarie e giornaliere estreme, del periodo 1926-1990 per le temperature. Poiché non tutte le stazioni considerate presentano le stesse serie, si è cercato di uniformare le serie di dati rispetto a quelle più lunghe, mediante il metodo della “ Riduzione di medie climatiche a periodi stabiliti” (CONRAD & POLLAK, 1950). Non sono stati presi in considerazione i dati termometrici relativi alle stazioni di Lago di Canterno e Guarcino (ENEL), per i quali opportune tecniche di validazione hanno evidenziato una improbabile veridicità.

I siti studiati sono abbastanza ben distribuiti nel territorio, sia dal punto di vista areale che da quello altitudinale, variando le quote tra i 200 metri circa della stazione di fondovalle di Frosinone e gli 820 metri dell'Abbazia di Trisulti, situata

COD	STAZIONI	QUOTA	LAT. N	LONG. E	PER. OSS.	ESPOSIZIONE
FRO	FROSINONE	192	41°38'	13°21'	1958-90	PENDIO 180° - 10°
CSM	ABB.DI CASAMARI	301	41°40'	13°29'	1921-83	VALLE STRETTA 160° - 10°
VAL	VALMONTONE	319	41°47'	12°56'	1921-90	PENDIO 200° - 20°
SGU	SGURGOLA	386	41°40'	13°23'	1921-90	PENDIO 30° - 80°
FRN	FERENTINO	395	41°42''	13°15''	1921-90*	CRINALE 110° - 15°
ANA	ANAGNI (LEONIANO)	448	41°43'	13°09'	1921-90	CRINALE
PAL	PALIANO	449	41°48'	13°05'	1921-90	CRINALE
ALA	ALATRI	497	41°44'	13°21'	1921-90	VETTA
GUA	GUARCINO	553	41°48'	13°17'	1965-90	VALLONE 170° - 5°
CRP	CARPINETO ROMANO	604	41°36'	13°05'	1957-90	VETTA
FFO	FIUGGI FONTE	617	41°47'	13°22'	1921-90	PENDIO -210° - 10°
SEG	SEGNI	664	41°42'	13°01'	1921-90	CRESTA
TRI	ABB. DI TRISULTI	820	41°46'	13°22'	1928-90	PENDIO 140° - 45°
ARC	ARCINAZZO ALTOPIANO	858	41°51'	13°11'	1936-65	ALTOPIANO 30° - 0°
FIL	FILETTINO	1062	41°53'	13°19'	1921-90	PENDIO 190°-30°

Tab. 1 – Caratteristiche geografiche delle stazioni termometriche, pluviometriche e termo-pluviometriche esaminate.

sul pendio sud-orientale del Monte La Monna (1952 m s.l.m., una delle cime più elevate dei Monti Ernici).

Da un punto di vista clima-dinamico, l'area di studio, benché parzialmente schermata dal dominio marittimo dalla catena dei Monti Lepini, può essere ben inquadrata nell'ambito della regione tirrenica centro-meridionale (MENNELLA, 1970), interessata per gran parte dell'anno da correnti occidentali o meridionali che apportano (mediante fronti caldi o occlusi) precipitazioni abbondanti nel semestre freddo; a partire da maggio si instaura un campo anticiclonico più o meno marcato che apporta condizioni di semi-aridità, con isolati fenomeni temporaleschi più frequenti man mano che ci si avvicina ai rilievi maggiori (Monti Ernici e Monti Simbruini). Molto raramente, invece, l'area è interessata dalle fredde correnti di origine continentale o polare, che difficilmente riescono a superare lo spartiacque appenninico principale rappresentato dal Massiccio del Velino-Sirente a Nord e dalle catene dei Monti della Marsica e della Meta ad Est. Esse si manifestano con forti venti di tramontana, che apportano improvvise ma fugaci ondate di freddo e precipitazioni nevose di scarsa consistenza.

Le precipitazioni annue sono in media comprese tra i 1100 mm del fondovalle del Sacco ed i 1700 mm delle propaggini sud-occidentali dei Monti Ernici.

Il quadro termico risente in maniera decisa dell'esposizione generale dell'area alle tiepide correnti meridionali; infatti - prescindendo dalle influenze altimetriche - gli inverni sono miti, le stagioni intermedie evidenziano forti escursioni termiche diurne e l'estate è complessivamente piuttosto calda. Esaminando in generale i valori termometrici (Tab. 2), si nota che le medie annue oscillano tra gli 11-12°C delle aree alto-collinari e pedemontane ed i 13-14°C di quelle basso-collinari e di fondovalle; in gennaio (il mese più freddo) tali valori risul-

tano rispettivamente compresi tra 3 e 6°C, mentre in luglio-agosto (i mesi più caldi) gli stessi variano tra i 20 ed i 24°C.

Le variazioni delle temperature medie mensili (gennaio e luglio) e annue in funzione della quota sono rappresentate nei diagrammi cartesiani di Figura 2; questi evidenziano quanto i due parametri considerati siano scarsamente correlabili. Il valore del coefficiente R varia tra 0,03 di gennaio e 0,2 di luglio, con un valore medio annuo di 0,14; valori che dimostrano una totale predominanza di condizioni climatiche locali.

In effetti, prendendo a modello il diagramma relativo all'anno (gli altri presentano le stesse caratteristiche), si osserva che le stazioni si distinguono in due gruppi: il primo, posto a sinistra nel diagramma, raggruppa quelle ubicate nel fondovalle del Fiume Sacco e sulle alture prospicienti; il secondo, a destra, evidenzia quelle poste nel dominio della bassa montagna.

Esaminando il primo gruppo di stazioni, è evidente come all'aumentare della quota aumenti anche la temperatura. Si tratta di una situazione tipica di aree vallive interne, dove l'effetto termoregolatore del mare è assente; all'interno di esse le zone orograficamente depresse favoriscono il ristagno di aria fredda, specie in regime anticiclonico, con conseguente inversione termica al suolo. Il fenomeno può manifestarsi anche nella stagione più calda, proprio perché la generale esposizione dell'area a mezzogiorno permette un forte riscaldamento diurno che permane sui colli anche di notte, mentre nel fondovalle al calare del Sole si attiva un intenso processo di irraggiamento cui è associato un significativo abbassamento dei valori termici.

Le tre stazioni poste sulla destra del diagramma sono situate, come detto, nella zona montana; due di esse, Fiuggi e Trisulti sono limitrofe, mentre la stazione di Segni (664 m s.l.m.) si trova al margine occidentale dell'area studiata. Esaminando i valori relativi alle prime due stazioni (Tab. 2), poste rispettivamente alla quota di 617 e 820 metri, si osserva lo stesso andamento termico prima evidenziato lungo la valle del Sacco; nel senso che nella stazione di Fiuggi, posta su un altopiano (ricco di vegetazione), si verifica il fenomeno dell'inversione termica e si hanno pertanto temperature generalmente inferiori a quelle della seconda stazione (Trisulti), posta a quota superiore ma su un pendio esposto a Sud.

COD	STAZIONI	QUOTA	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	MED
ANA	ANAGNI (LEONIANO)	448	5,7	6,7	8,8	12,3	17,1	19,6	24,3	24,6	20,8	16,1	10,8	7,8	14,5
ALA	ALATRI	497	6,3	6,9	9,4	12,3	17,0	20,5	24,0	23,8	20,4	15,4	10,5	7,6	14,5
CSM	ABB.DI CASAMARI	301	5,7	6,8	9,1	12,0	16,3	20,3	23,1	22,8	19,6	14,2	10,0	6,7	13,9
VAL	VALMONTONE	319	5,0	6,5	9,1	11,8	16,2	19,8	23,2	22,4	19,4	14,8	8,8	6,0	13,6
FFO	FIUGGI FONTE	617	3	4,8	7,0	10,1	14,4	17,4	20,0	19,7	16,7	12,2	7,6	4,7	11,5
FRO	FROSINONE	192	4,9	5,3	8,3	10,8	15,3	18,3	21,6	21,6	18,7	13,8	8,8	5,5	12,7
SEG	SEGNİ	664	5,0	5,1	7,2	10,2	14,5	18,5	21,2	21,1	17,8	13,4	9,1	5,8	12,4
TRI	ABB. DI TRISULTI	820	5,2	6,0	7,8	10,9	14,8	18,0	21,3	21,4	18,4	14,2	9,5	6,5	12,8

Tab. 2 – Valori termometrici medi mensili ed annui (°C).

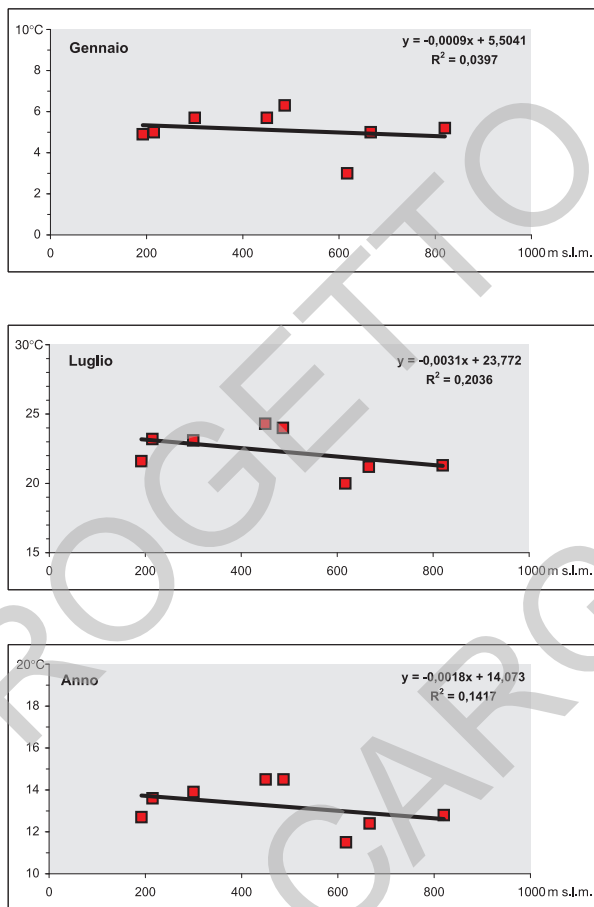


Fig. 2 – Correlazione tra altitudini e temperature medie, con interpolanti del 1° ordine.

Raggruppando le stazioni per zone omogenee, si ricava una suddivisione dell'area di studio in due parti nettamente distinte fra di loro: la valle del Sacco ed una zona sub-appenninica. La prima presenta in generale temperature più elevate (ad eccezione della conca di Frosinone, che rivela un microclima piuttosto fresco) ed escursioni termiche diurne (10 °C) e annue (18°C) moderate; la seconda è un po' più fresca ed ha escursioni termiche minori, che tendono ad attenuarsi ulteriormente all'aumentare della quota (rispettivamente 7 e 16°C, con un valore di soli 3,7°C a Segni).

Anche dal punto di vista pluviometrico l'area di studio può essere ben inquadrata nell'ambito della regione tirrenica centro-meridionale, caratterizzata da un regime pluviometrico sub-mediterraneo, che tende a divenire sub-litoraneo tirre-

nico man mano che ci si allontana dalla costa ed appenninico in prossimità della dorsale dei Monti Ernici. Le precipitazioni annue, come già accennato, sono in media comprese tra i 1100 mm del fondovalle del Fiume Sacco ed i 1700 mm delle propaggini sud-occidentali dei Monti Ernici (Tab. 3).

Il fattore orografico riveste un'importanza fondamentale nella spiegazione fisica dei fenomeni meteorici: in effetti la catena dei Monti Lepini, a Sud-Ovest, e quella dei Monti Ernici, a Nord-Est, giocano un ruolo dominante, anche se con risultati opposti rispetto alla distribuzione areale delle precipitazioni. La catena dei Monti Lepini, pur se non molto elevata (presenta quote massime intorno ai 1500 metri), favorisce un primo sollevamento adiabatico delle masse d'aria caldo-umida marittima, determinando così un nucleo ad elevate precipitazioni lungo l'asse della catena stessa (Sgurgola, oltre 1300 mm annui); queste sono prevalentemente di tipo orografico nel semestre freddo, di tipo convettivo in quello caldo e tendono ad interessare in misura pressoché equivalente i due versanti della catena stessa, benché quello frusinate sia disposto sottovento. Quest'ultimo effetto diviene comunque evidente già a qualche chilometro di distanza dalla dorsale, dove si assiste ad un lieve calo dei valori totali annui (Valle del Sacco, Tab. 3). Procedendo verso Est, risulta evidente l'effetto orografico dei Monti Ernici che, raggiungendo quote prossime ai 2000 metri, rappresentano una vera e propria barriera orografica rispetto alle umide correnti marittime. È perciò scontato l'aumento delle precipitazioni totali annue avvicinandosi alla catena, tant'è che nella parte più orientale dell'area studiata si superano i 1500 mm (Certosa di Trisulti, circa 1700 mm).

Il regime pluviometrico dominante nell'area è quello sub-litoraneo tirrenico, ad andamento unimodale, con un massimo assoluto tardo-autunnale ed un minimo spiccato in luglio-agosto; localmente si osserva una lieve ripresa delle precipitazioni in aprile (Tab. 3; cfr. PINNA & VITTORINI, 1985). In generale procedendo dal fondovalle del Fiume Sacco alle alture prospicienti, tendono ad

COD	STAZIONI	QUOTA	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	TOT	GP
FRO	FROSINONE	192	125	124	89	90	76	50	33	34	78	141	164	156	1164	86
FRN	FERENTINO	395	130	124	101	91	82	55	33	32	91	151	189	166	1239	87
SGU	SGURGOLA	386	135	141	112	100	87	50	30	47	85	152	180	194	1310	88
VAL	VALMONTONE	319	116	105	91	98	80	60	32	38	93	158	166	165	1207	93
ANA	ANAGNI (LEONIANO)	450	107	107	87	91	82	55	39	42	81	132	156	140	1117	94
SEG	SEGNÍ	664	140	127	92	91	73	52	31	50	86	155	167	167	1227	61
CSM	ABB.DI CASAMARI	302	144	124	105	102	98	61	37	36	95	145	172	163	1255	102
PAL	PALIANO	449	99	110	91	94	79	63	38	43	83	124	142	137	1101	93
ALA	ALATRI	497	111	112	96	106	104	59	37	50	89	150	149	161	1211	94
CRP	CARPINETO ROMANO	604	127	116	97	102	76	56	43	47	91	140	156	150	1157	86
FIL	FILETTINO	1062	135	139	114	117	105	74	37	40	91	148	199	168	1367	106
ARC	ARCINAZZO ALTIPIANO	858	160	161	129	118	93	72	43	40	90	160	210	195	1473	105
FFO	FIUGGI FONTE	617	124	125	101	100	103	71	37	50	99	137	155	149	1243	107
TRI	ABB. DI TRISULTI	820	166	163	140	136	156	82	47	56	107	187	223	230	1698	103
GUA	GUARCINO	553	154	148	126	122	100	74	51	62	105	147	197	192	1452	84

Tab. 3 – Valori pluviometrici medi mensili e annui (mm) e giorni di pioggia annui.

aumentare le precipitazioni tardo-invernali e a diminuire quelle autunnali; complessivamente però le due stagioni fanno registrare quantità di precipitazioni analoghe. L'estate è ovunque la stagione più secca e le precipitazioni sono ovunque a prevalente carattere temporalesco. Non si osserva tuttavia una grande differenza quantitativa tra i siti vallivi, collinari e montani.

Ricercando nuovamente una connessione tra altitudini e precipitazioni, si osserva che anche in questo caso la relazione tra le due variabili è molto modesta; i coefficienti di correlazione sono estremamente bassi (appena 0,34 per l'anno; Figura 3). È invece molto evidente l'importanza della vicinanza del sito ai maggiori rilievi (ad esempio: Sgurgola, 380 m, 1300 mm; Paliano, 450 m, 1050 mm) (BISCI & FAZZINI, 1997).

La distribuzione temporale delle precipitazioni è arealmente abbastanza uniforme, variando tra i 90 giorni annui della valle del Sacco ed i 105-110 delle stazioni pedemontane. Anche in questo caso non vi è una relazione diretta tra questi ultimi valori e la quota ($R=0,09$; Figura 3). È di nuovo evidente un aumento dei valori avvicinandosi ai Monti Ernici, mentre non avviene altrettanto in prossimità dei Monti Lepini. Ne consegue che a ridosso di quest'ultima catena montuosa le precipitazioni dovrebbero in media risultare più intense. Questa caratteristica risulta confermata dai valori (riferiti ad un periodo di circa 25 anni e solamente per alcune stazioni dotate di pluviografo) relativi ad eventi particolarmente intensi verificatisi in periodi di un'ora, di un giorno, di due giorni e di cinque giorni (Tab. 4).

COD	STAZIONI	QUOTA	I	P	E	A	1h	24h	48h	120h
FRO	FROSINONE	192	405	255	117	383	38	135	223	323
CSM	ABB.DI CASAMARI	301	431	305	134	412	51	115	148	221
VAL	VALMONTONE	319	386	269	130	418	49	149	178	275
SGU	SGURGOLA	386	470	299	126	418	66	244	271	310
FRN	FERENTINO	395	420	274	120	432	42	115	190	286
ANA	ANAGNI (LEONIANO)	448	355	259	130	369	69	169	202	290
PAL	PALIANO	449	346	264	143	349	36	85	141	214
ALA	ALATRI	497	384	305	145	387		129	175	267
GUA	GUARCINO	553	490	339	190	445		200,6	217	218
CRP	CARPINETO ROMANO	604	393	275	146	387		188	207	255
FFO	FIUGGI FONTE	617	399	304	158	391	75	216	228	266
SEG	SEGNI	664	434	257	132	408		130	130	180
TRI	ABB. DI TRISULTI	820	559	432	185	517	85	160	255	312
ARC	ARCINAZZO ALTOPIANO	858	517	340	156	461		244	261	308
FIL	FILETTINO	1062	442	336	148	438		204	245	314

Tab. 4 – Valori pluviometrici medi stagionali ed estremi per periodi brevi (mm).

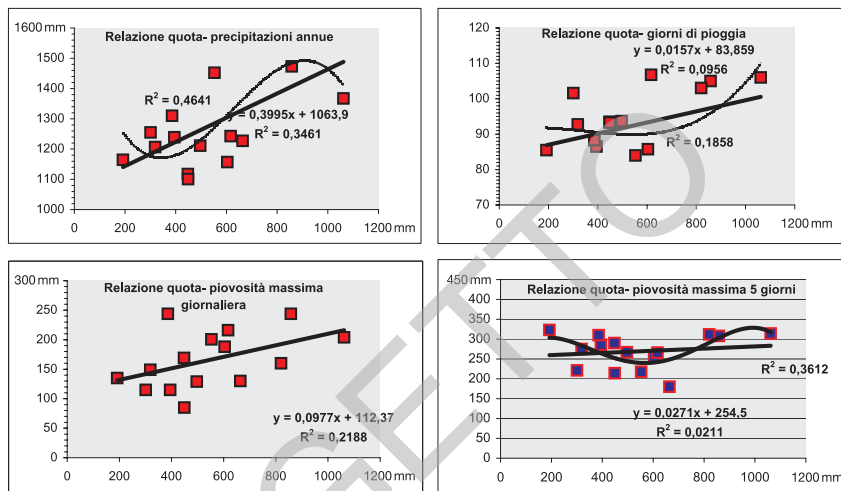


Fig. 3 – Correlazione tra quota e parametri meteorici.

I dati relativi ad eventi di breve durata indicano valori più elevati a ridosso dei Monti Ernici (sino a 90 mm/ora con tempi di ritorno ipotizzabili di 40-50 anni); valori intorno a 40-45 mm/ora vengono registrati generalmente tutti gli anni, in modo particolare nel bimestre luglio-agosto; quelli giornalieri (riferibili a precipitazioni oro-convettive) risultano valori estremamente elevati sull'Altopiano di Arcinazzo e a Sgurgola, dove sono stati raggiunti i 250 mm/die circa. In quest'ultima località inoltre, non di rado si raggiungono i 200 mm/die. Nel resto dell'area i valori sono molto differenziati tra di loro e variano tra 90 e 200 mm/die; in tutta l'area questi dati si registrano particolarmente in ottobre-novembre. Non è pertanto possibile stabilire un'attendibile, diretta, correlazione tra altitudine e precipitazioni (Fig. 3).

1. - ZONAZIONI CLIMATICHE

I dati dall'analisi termo-pluviometrica consentono di individuare varie "zone climaticamente omogenee", seguendo metodi diversi (KOPPEN, 1939, modificato da MORI, 1959; THORNTWHAITE & MATHER, 1957; BAGNOULS & GAUSSEN, 1957). È importante sottolineare che utilizzando tali metodologie, tuttora le più precise e complete, si ricavano delle zonazioni climatiche a media scala, non adatte ad evidenziare le numerose situazioni microclimatiche esistenti. Per queste ultime occorrerebbe applicare analisi comprendenti numerosi altri parametri di tipo morfometrico, geografico e fisico, al fine di inquadrare l'intorno di ognuna delle stazioni esaminate (FAZZINI, 1997).

La classificazione di Koppen-Geiger (modificata da Mori) si basa sulle caratteristiche termo-pluviometriche di un luogo e sul loro regime annuo; si esplica attraverso una formula climatica, costituita da due, tre o quattro lettere, mediante la quale l'Autore divide l'intero globo in cinque aree principali (contrassegnate con la prima lettera maiuscola) e tredici sottoclimi (contraddistinti da una o più lettere minuscole). L'intero territorio esaminato ricade nel clima temperato o mesotermico (C).

Alcuni autori hanno tentato di apportare specifiche modifiche tenendo conto di diversi fattori, come - ad esempio - l'orografia e la morfologia generale. In Italia, una valida variante è stata proposta da MORI (1959). Applicando questa ultima metodologia al territorio esaminato si evidenzia che esso può essere diviso in due zone climaticamente piuttosto omogenee (Tab. 5): il fondovalle del Fiume Sacco, con le alture prospicienti, rientra nella varietà temperata sublitoranea (Cfa), caratterizzata da estati molto calde (con T media del mese più caldo maggiore di 22°C) e da inverni freschi e con giorni di gelo; precipitazioni nel complesso moderate e sufficienti in tutti i mesi (totali mensili sempre maggiori di 30 mm). La rimanente porzione di territorio, alto-collinare, presenta estati meno calde e rientra pertanto nella varietà temperata sublitoranea, caratterizzata da temperature del mese più caldo inferiori ai 22°C (Cfb). Qui gli inverni sono un po' più rigidi, con possibili giorni di ghiaccio, e le precipitazioni sono in genere più abbondanti.

La classificazione di Thornthwaite è basata sulla determinazione dell'evapotraspirazione (reale e potenziale) e sul suo confronto con la quantità di precipitazioni totali. I tipi climatici risultano dalla combinazione di tre indici: umidità globale (Im), evapotraspirazione potenziale (ETP), efficienza termica (Et). Vengono così determinate delle aree climaticamente omogenee, caratterizzate da una formula di quattro lettere (non riportata in Tabella 5 per motivi di praticità).

Nell'area studiata si evidenziano condizioni climatiche generalmente piuttosto umide; ciò è determinato prevalentemente dal fatto che a precipitazioni moderate o abbondanti non corrispondono valori termici medi molto elevati, e di conseguenza l'evaporazione in genere è ridotta. In particolare (Tab. 5), i valori sono compresi tra 50 e 140; quelli più bassi corrispondono alla fascia valliva del Sacco e alle alture prospicienti. Il clima è temperato e mediamente umido, con estati calde e moderato deficit idrico estivo, generalmente compreso tra fine giugno e fine agosto; si registra un surplus idrico invernale concentrato tra novembre e aprile.

Stazione	Quota (m)	Esposizione	Max °C	Min	Med	Esc	Ampl	I	P	E	A	Prec mm	Kop	Bag	Im
ALATRI	497	VETTA	19,2	9,8	14,5	9,4	17,7	6,9	12,9	22,8	15,4	1207	Cfa	XSM	42,6
ANAGNI	424	CRESTA	19,4	9,7	14,5	9,8	18,9	6,7	12,7	22,8	15,3	1255	Cfa	XSM	57,6
CASAMARI	309	VALLE STRETTA 170°/110°	19,3	8,5	13,9	10,8	17,4	6,4	12,5	22,0	14,6	1117	Cfa	XSM	70,5
VALMONTONE	319	PENDIO 200°/20°	19,6	7,6	13,6	12,0	18,2	5,8	12,4	21,8	14,3	1211	Cfa	XSM	62,9
FIUGGI FONTE	617	PENDIO - 190°/10°	15,7	7,2	11,5	8,5	17,0	4,3	10,5	19,0	12,1	1243	Cfb	TIM	84,3
FROSINONE	192	VALLE LARGA 180°/5°	18,4	7,1	12,7	11,3	16,7	5,2	11,5	20,5	13,7	1160	Cfb	XSM	63,2
SEGGI	664	CRESTA	14,2	10,6	12,4	3,7	16,1	5,3	10,6	20,6	13,4	1211	Cfb	TIM	76,4
TRISULTI	821	PENDIO 160°/45°	17,6	8,0	12,8	9,6	16,1	5,9	11,2	20,1	14,0	1698	Cfb	TIM	139,7

Tab. 5 – Parametri caratteristici e indici climatici relativi alle stazioni pluvio-termometriche analizzate. (Kop: Koppen – modificata da Mori, 1959; Bag: Bagnouls & Gaussen, 1958; Im: Indice di umidità globale di Thornthwaite, 1957).

All'aumentare della quota tende a diminuire il periodo con deficit estivo e ad allungarsi quello a surplus invernale, tant'è che oltre i 600 metri il periodo a deficit estivo tende ad essere molto piccolo o nullo. Dato però che i valori dell'Im sono compresi tra 20 e 100, entrambe le zone presentano un clima definito Mesotermico (B). A ridosso dei Monti Ernici si ha una ristretta zona a clima iperumido (con Im >100) situata in corrispondenza dei luoghi in cui si verificano le precipitazioni più abbondanti; qui l'eccedenza idrica invernale si estende ad un periodo compreso tra metà ottobre e maggio, mentre in estate si ha solamente una diminuzione della riserva idrica a disposizione della vegetazione. Questa varietà climatica è denominata Megatermica (A).

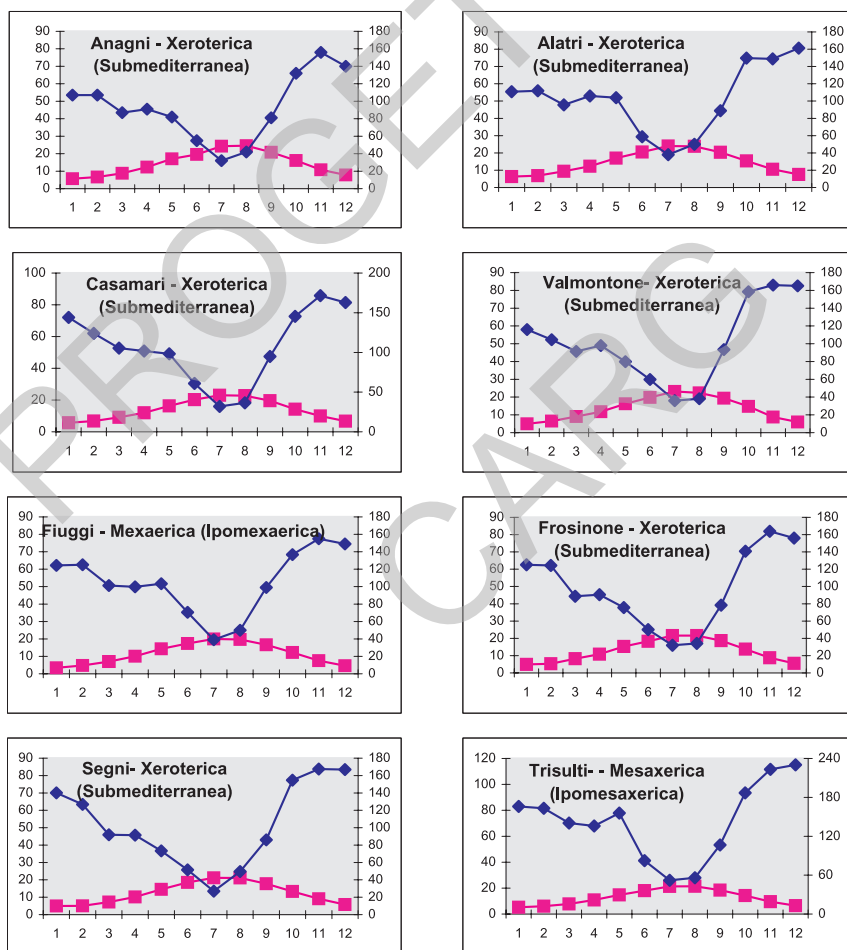


Fig. 4 – Diagrammi ombrotermici.

Bagnouls & Gaussen hanno elaborato una classificazione climatica basata sul normale alternarsi delle temperature e delle precipitazioni medie mensili nel corso dell'anno. Il metodo fa particolare riferimento a due fattori limitanti: la siccità ed il freddo intenso. I periodi caldi sono termicamente delimitati da una media giornaliera superiore a 20°C, che statisticamente assicura l'assenza pressoché totale di gelate; quelli freddi dalla soglia termica di 0°C. I periodi aridi sono rappresentati dalla successione di giorni o mesi nei quali il valore numerico delle precipitazioni è minore del corrispondente valore doppio delle temperature, ossia nei quali $P < 2T$. In ascisse i mesi dell'anno (da gennaio a dicembre); in ordinate sinistre $2T$ (valori doppi delle temperature medie) e in ordinate destre P (valori delle precipitazioni). Dalla combinazione dei suddetti fattori vengono identificate diverse regioni climatiche (con ulteriori sottoregioni).

Seguendo questo metodo, sono stati costruiti dei diagrammi ombrotermici (Fig. 4) dai quali è evidente una bipartizione dell'area di studio, che ricalca a grandi linee quelle precedentemente rilevate applicando altre metodologie. Tutta la fascia vallivo-collinare presenta caratteri di clima submediterraneo di transizione con quello temperato (Xeroterico): la curva termica è sempre positiva e si ha un periodo di aridità non eccessivamente spinta, concentrata in luglio-agosto. Oltre i 600 metri si passa ad un clima temperato senza stagione secca (Ipomesaxerico), caratterizzato da periodi di aridità estremamente brevi o del tutto assenti. La zona di Fiuggi presenta valori al limite tra i due tipi climatici.

2. - ELEMENTI DI IDROLOGIA

Non essendovi stazioni idrometriche posizionate all'interno dell'area in esame, sono stati considerati i dati mensili relativi alla stazione di Ceccano, appartenente alla rete gestita dal Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri (Servizio Idrografico - Compartimento di Napoli). Tale stazione è posta immediatamente a Sud dell'area di studio, poco a monte della confluenza del Fiume Cosa nel Sacco. I valori sono riferiti al periodo 1959-1976 (dal 1976 al 1980 sono estremamente discontinui) e riguardano le altezze idrometriche, le portate massime, medie e minime, le precipitazioni medie ed estreme ed i coefficienti di deflusso (Tab. 6). Il bacino di dominio della stazione è di circa 1000 km², ha un andamento orografico piuttosto articolato (cfr. cap. III e VIII) ed è modellato per oltre il 60 % su unità litostratigrafiche caratterizzate da scarsa permeabilità. Lo zero idrometrico è quotato 129,96 m s.l.m..

Parametri	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
Q MAX (m ³ /s)	367	342,8	172	185,07	370,6	16,6	19,2	7,7	167,1	277	389,45	450	450
Q MEDIA (m ³ /s)	23,6	20,4	14,0	9,2	5,8	3,6	2,2	1,7	2,8	7,0	21,1	28,5	11,7
Q MINIMA (m ³ /s)	1,8	2,4	2,2	2,3	1,9	0	0,28	0,2	0,68	0,76	0,85	0,83	0,0
PREC. (mm)	157	118	111	101	86	61	38	59	87	144	183	197	1339
COEFF. DEFLUSSO	0,57	0,47	0,43	0,29	0,28	0,18	0,15	0,09	0,1	0,18	0,33	0,47	0,33

Tab. 6 – Parametri meteorici ed idrologici relativi alla stazione di Ceccano, bacino del Fiume Sacco (periodo 1960-1976).

Nel breve periodo per il quale si dispone di osservazioni (insufficienti per tentare di applicare le leggi relative alla determinazione dei tempi di ritorno), si sono spesso superati i valori di portata di 400 m³/sec, prevalentemente nel quadrimestre novembre-febbraio, con punte di 550 m³/sec (3 dicembre 1959).

Dall'esame dei dati disponibili, in alcune annate si osserva una ripresa delle portate a fine aprile-inizio maggio, da attribuire in larga parte alle precipitazioni oro-convettive molto frequenti in prossimità della catena dei Monti Lepini e, secondariamente, alla fusione del manto nevoso accumulatosi sulle vette più elevate dell'area (fenomeno più evidente nel F. Cosa, che trae origine dai rilievi dei Monti Ernici, nei quali si raggiungono quote di circa 2000 m s.l.m.). I minimi assoluti invece non si registrano nel trimestre più secco luglio-settembre, ma sono quasi sempre anticipati a giugno.

Nonostante la posizione geografica, di influenza decisamente mediterranea, sono estremamente rare le secche totali, grazie ai temporali di calore che si sviluppano di frequente nell'area, nelle ore pomeridiane del trimestre estivo. Anche i coefficienti di deflusso e le altezze idrometriche evidenziano un andamento unimodale, allineato a quello del regime pluviometrico, con un minimo spostato a fine estate; in questo periodo, talvolta i valori delle altezze idrometriche diventano negativi. Quest'ultimo dato è apparso sempre più frequente nelle osservazioni degli ultimi anni e se da una parte conferma un moderato calo delle precipitazioni medie, dall'altro può far ipotizzare uno sfruttamento più abbondante della risorsa idrica per scopi agricoli e industriali (Fig. 5). In sintesi,

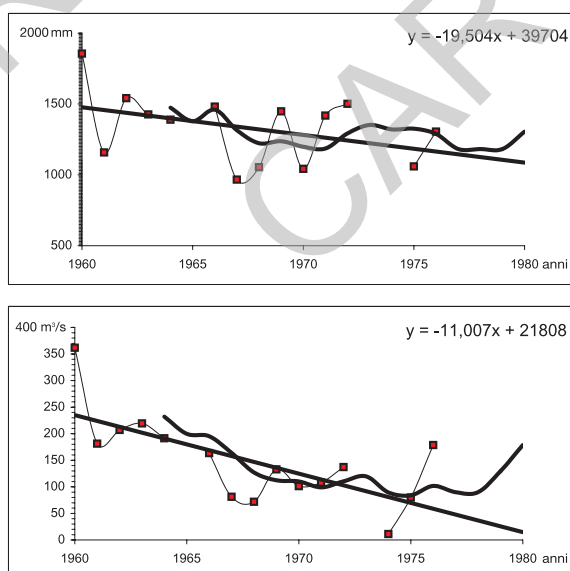


Fig. 5 – Analisi di trend delle precipitazioni e delle portate medie annue.

il corso d'acqua studiato presenta nella sua porzione superiore un regime tipicamente appenninico.

Infine, ricercando la relazione più probabile tra afflussi meteorici e portate, sono stati costruiti i diagrammi cartesiani di Figura 6, che evidenziano una buona correlazione (R^2 intorno a 0.80). Gli afflussi meteorici risultano essere proporzionalmente più abbondanti delle portate nei mesi autunnali, mentre è evidente l'opposta tendenza nel periodo tardo-invernale. Ciò è chiaramente spiegabile con l'esigenza del terreno di ricaricarsi all'inizio dell'autunno, dopo il periodo estivo nel quale, per le caratteristiche pluvio-termiche della zona, esso mostra un moderato deficit e la circolazione idrica risulta essere di tipo essenzialmente profondo.

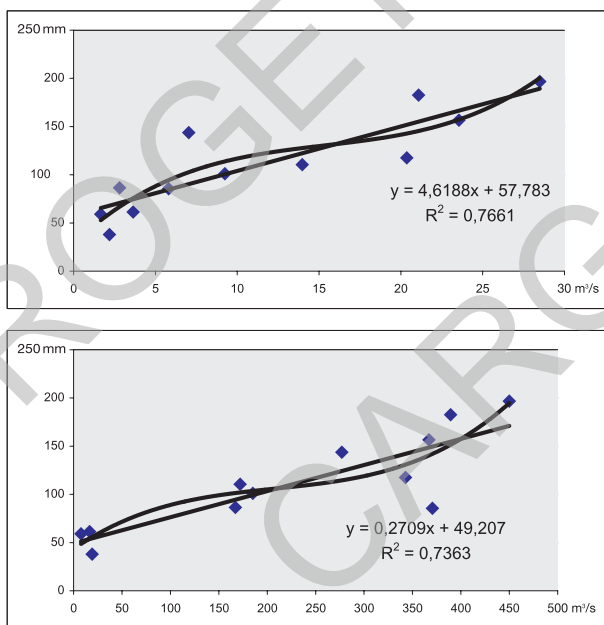


Fig. 6 - Relazione tra le precipitazioni e le portate massime assolute (in alto) e medie (in basso), mensili.

V - LINEAMENTI GEOLOGICI (con la collaborazione di G. Trovato)

1. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

La storia geologica dei complessi Simbruini-Ernici, Valle Latina e Lepini rientra nell'evoluzione geodinamica dell'Appennino Centrale. Essa è stata infatti controllata dalla presenza di alcune unità strutturali sviluppatesi, a partire dal Trias superiore, sul margine meridionale, passivo, della Tetide in espansione, come la grande piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (Trias superiore-Cretacico superiore), legata all'evoluzione di una piattaforma epioceanica mesozoica a forte subsidenza (PAROTTO & PRATURLON, 1975; PRATURLON, 1993), di cui fanno parte i Monti Lepini ed i Simbruini-Ernici.

L'inizio del ciclo sedimentario post-ercinico è rappresentato da una tettonofacies ("Verrucano" ed altri litotipi associati), legata a fasi di *pre-rifting* continentale, che in Appennino hanno un'età medio-triassica; lo stesso ciclo prosegue il suo sviluppo nel Trias superiore con facies evaporitiche ("Anidriti di Burano") di mare sottile - con natura prima prevalentemente dolomitica e poi calcarea ("Calcare Massiccio") - che costituiscono fino al Lias inferiore la "paleopiattaforma liassica", estesa praticamente per tutto l'Appennino Centrale.

All'inizio del Lias medio, legata all'assottigliamento crostale del margine passivo africano, ha inizio una fase distensiva che disarticola i vari settori; questi in parte annegano, dando origine a bacini pelagici di varia profondità, ed in parte ospitano un'intensa sedimentazione carbonatica di tipo *bahamiano*, che compenserà per tutto il Mesozoico una costante subsidenza, permettendo la deposizione di dolomie e calcari quasi puri, per alcune migliaia di metri di spessore. Dal Dogger al Cretacico movimenti distensivi determinano lo sviluppo di una serie di fasi distruttive che intaccano le aree di piattaforma; alla fine del

Cenomaniano vaste zone dell'area più orientale emergono ed in esse si raccolgono sedimenti bauxitici.

Successivamente alla lacuna sedimentaria paleogenica, di cui non sono ancora chiari i meccanismi che l'hanno guidata (ovvero se si sia verificata in condizioni subaeree oppure in regime subacqueo con mancata sedimentazione), segue la trasgressione miocenica (DEVOTO, 1967; DAMIANI 1991), con la deposizione di calcareniti organogene e di calcari marnosi nei canali venutisi a formare nella piattaforma carbonatica in via di emersione. Nel Miocene superiore-Pliocene inferiore un'intensa fase tettonica compressiva porta all'emersione della piattaforma carbonatica e all'accavallamento dei terreni in facies sabina su quelli di facies laziale-abruzzese, lungo la linea Olevano-Antròdoco. Infatti nel Tortonian superiore-Messinian inferiore si passa alla sedimentazione terrigena marina, che si chiude con la deposizione dei termini silicoclastici flyschoidi (DEVOTO, 1967; PAROTTO & PRATURLON, 1975).

La catena, in tempi successivi a quelli della sua strutturazione, è stata sottoposta ad una intensa attività tettonica a carattere distensivo. Questa, connessa con lo sviluppo del Bacino Tirrenico, ha determinato lo sprofondamento di interi settori lungo sistemi di faglie dirette, caratterizzate da migliaia di metri di rigetto, provocando la formazione di fosse tettoniche (*graben*), invase dal Mar Tirreno durante il Plio-Pleistocene, con sequenze deposizionali marine di natura argillosa e sabbioso-conglomeratica (PAROTTO & PRATURLON, 1975). La tettonica distensiva ha inoltre determinato l'assottigliamento crostale, riducendo quindi lo spessore della litosfera e favorendo, durante il Pleistocene medio, la risalita di ingenti quantità di magma che hanno dato origine all'attività dei vari Distretti vulcanici dell'Italia Centrale.

L'assetto geometrico attuale del settore preso in esame è quindi il risultato della sovrapposizione degli effetti dovuti alla tettonica distensiva postorogena (plio-pleistocenica) su quelli compressivi legati allo sviluppo della catena appenninica durante tutto il Miocene.

2. - CENNI DI STRATIGRAFIA

La successione stratigrafica risulta composta da una serie sedimentaria prevalentemente calcarea (Cretacico-Miocene), seguita da serie torbiditiche (mioceniche) e conglomeratiche (mio-plioceniche) e dalle vulcaniti della media e della alta valle del Fiume Sacco (ALBERTI *et alii*, 1975).

La serie a prevalente componente calcarea, che costituisce le zone sud-occidentale e nord-orientale del Foglio, è data da almeno 11 diverse *facies* a diverso contenuto fossilifero, le cui caratteristiche litologiche possono essere così sintetizzate: calcilutiti, dolocalcilutiti, dolomie porose, calcareniti organogene (calca-

ri saccaroidi), ai quali si intercalano livelli e partimenti argillosi e livelli a rudiste. La colorazione è mediamente biancastra, talora nocciola o avana-ocracea, con uno spessore degli strati generalmente decimetrico (Neocomiano-Langhiano). Superiormente si rinvencono marne calcaree, marne argillose e argille marnose, grigie, in strati sottili (Serravalliano Sup.-Tortoniano Inf.). Lo spessore complessivo può raggiungere anche i 2200-2400 m (versante nord-orientale dei Monti Lepini).

L'*Unità arenaceo-pelitica della Valle del Fiume Sacco* (Tortoniano p.p.), affiorante nei pressi di Collemartino, Anagni, Sgurgola, Ferentino e Frosinone, risulta composta da torbidi arenacei, in alternanze ritmiche, disposte in strati piano-paralleli da medi a molto spessi, amalgamati, con rari livelli argillosi sottili; le sequenze di Bouma sono talora complete, e frequenti sono le strutture da corrente.

Il substrato roccioso è spesso mascherato da depositi continentali quaternari, estremamente discontinui e di spessore molto variabile, di genesi diversa: lacustre, fluviale, carsica, gravitativa. Di grande interesse, per la ricostruzione dell'evoluzione geomorfologica dell'area, risultano essere i depositi lacustri, dulcicoli, pleistocenici della valle del Sacco (zona circostante l'abitato di Anagni e tratto a Sud-Ovest di Frosinone). Sono dati da argille grigio-azzurre, sabbie calcaree giallastre, ghiaie, travertini con flora palustre e prodotti del vulcanismo laziale o ernico (intercalati o a copertura). Nella porzione occidentale del bacino di Anagni tale sequenza è suturata da elementi piroclastici di età compresa tra i 528.000 e 366.000 anni (SEGRE, 1993). Analoghi e coevi bacini, di maggiore estensione, sono stati rilevati nella vicina valle del Liri; il più esteso, il Lago Lirino, si sviluppava su di una superficie stimata in circa 300-350 km². La vita degli stessi bacini si è protratta, su areali sempre più ristretti, fino a tempi storici (DEVOTO, 1965; ALBERTI *et alii*, 1975; SEGRE, 1987).

Il *Vulcanismo della Media Valle del Fiume Sacco* (Pleistocene) può essere riferito a quattro principali apparati vulcanici: Piglione (colata di leucitite, cono di breccie piroclastiche, cineriti); Selva dei Muli (cono di breccie piroclastiche, cineriti); Tecchiena (colate di leucitite, ammassi di breccie piroclastiche); Patrica-Supino (colate piroclastiche leucititiche con matrice cineritica e frequenti inclusi lavici, scoriacei, pomicei e di rocce carbonatiche, alternanze di cineriti e piroclastiti lapilliche).

Il *Vulcanismo dell'Alta Valle del Fiume Sacco* (Pleistocene) ha interessato il tratto nord-occidentale dell'area di studio; i suoi prodotti sono dati da: colate piroclastiche leucititiche in matrice cineritica, tufiti e cineriti, colate di cenere di natura leucititica a struttura vitrofirica, argilliti e sabbie argillose con concrezioni travertinose e sparsi elementi piroclastici.

3. - ASSETTO TETTONICO

L'interpretazione strutturale della Valle Latina risulta molto complessa, perché i versanti della valle mettono in luce due tipi di tettonica differenti (ANGELUCCI, 1966).

Durante il Tortoniano superiore la dorsale lepino-ausona è sovrascorsa verso NE sulla dorsale simbruino-ernica e sul bacino della Valle Latina, a sua volta passivamente trasportato come bacino marginale nel Messiniano inferiore. I piani di sovrascorrimento sono ben riconoscibili nei settori meridionale e settentrionale del margine nord-orientale della Catena dei Volsci, mentre nel settore centrale il fronte di sovrascorrimento non è altrettanto evidente, ad eccezione del tratto centrale del fianco nord-orientale dei Monti Lepini (tra Sgurgola e Morolo), dove i calcari cretaciici sovrascorrono sui sedimenti terrigeni terziari della Valle Latina mediante una piega frontale ad asse NW-SE. La dorsale simbruino-ernica nel tratto riguardante la Valle Latina ha un andamento strutturale più semplice: quest'area infatti durante il Pliocene ed il Pleistocene è stata interessata da una tettonica distensiva che si è sviluppata principalmente attraverso sistemi di faglie dirette con andamento NW-SE; quindi il bordo nord-occidentale risulta ribassato da questa serie di faglie sotto la valle, come dimostrano anche i rilievi gravimetrici, i quali hanno indicato che il tetto dei calcari al di sotto della Valle Latina presenta un andamento ad *horst* e *graben* piuttosto accentuati (Fig. 7). Nel Pleistocene medio la media Valle Latina è stata interessata dal vulcanismo, probabilmente impostatosi su motivi tettonici preesistenti (ACCORDI *et alii*, 1967; ALBERTI *et alii*, 1975; PAROTTO & PRATURLON, 1975; CIPOLLARI & COSENTINO, 1993; CAVINATO *et alii*, 1990, 1993).

3.1. - IL DISTRETTO VULCANICO DELLA MEDIA VALLE LATINA

In Italia centrale è presente un magmatismo fortemente alcalino e potassico, che nel Quaternario ha dato luogo ad una serie di distretti vulcanici di rilevante estensione areale, raggruppabili su base petrochimica nelle Province Petrografiche Romana e Campana (DOLFI *et alii*, 1976; DE RITA, 1993); l'area interessata si estende su di una fascia di circa 300 km di lunghezza, compresa tra la Toscana meridionale e la Penisola Sorrentina.

Il vulcanismo della media Valle Latina, noto anche in letteratura come vulcanismo ernico, è localizzabile lungo il margine sud-occidentale della depressione tettonica, in posizione intermedia tra l'area vulcanica dei Colli Albani, a Nord, e quella di Roccamonfina, a Sud (ACCORDI *et alii*, 1967; BERGOMI & NAPPI, 1973; CIVETTA *et alii*, 1981; ACOCELLA *et alii*, 1996). I maggiori centri eruttivi si trovano nei pressi degli abitati di Ceccano, Giuliano di Roma e Pofi.

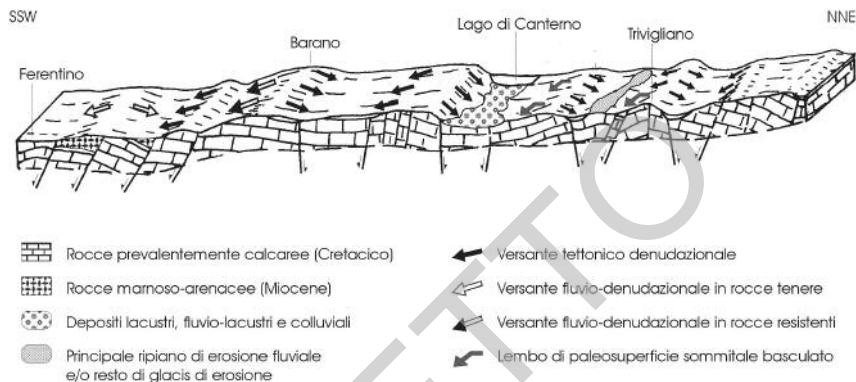


Fig. 7 - Sezione geologica schematica (da Alberti et alii, 1975), integrata da elementi geomorfologici

Il Distretto è costituito da una serie di piccoli centri di emissione, di età compresa tra 0,70 e 0,11 milioni di anni (BASILONE & CIVETTA, 1975), che si estendono su un'area totale di 500 km², ricoprendone circa 120 km². I motivi tettonici che ne hanno determinato la nascita e lo sviluppo sembrano riconducibili agli allineamenti tettonici plio-pleistocenici e sembrano anche avere forti analogie con quelli responsabili dell'attività dei distretti vulcanici settentrionali, come i Colli Albani ed i Sabatini (FUNICIELLO & PAROTTO, 1978). Il vulcanismo è impostato quindi su allineamenti tettonici appenninici ed antiappenninici (ANGELUCCI et alii, 1974). La disposizione dei centri eruttivi all'interno del Distretto sembra sottolineare la presenza di direttrici vulcano-tettoniche orientate circa N-S e NW-SE (ACOCELLA et alii, 1996).

Il vulcanismo di tali centri è di tipo misto: essi sono responsabili della messa in posto di prodotti sia piroclastici che effusivi, ma l'attività prevalente è di tipo esplosivo. Sono anche presenti prodotti freatomagmatici legati alla tettonica distensiva, che, ribassando i blocchi carbonatici, sede di serbatoi di acquiferi profondi, ha determinato vie preferenziali per la risalita di fluidi responsabili delle eruzioni freato-magmatiche (CORDA et alii, 1979; FUNICIELLO & PAROTTO, 1978).

3.2. - IL DISTRETTO VULCANICO DEI COLLI ALBANI

Il complesso vulcanico dei Colli Albani (FORNASERI et alii, 1963) è situato a SE di Roma ed è delimitato nel quadrante orientale dai sedimenti meso-cenozoici degli Appennini (Monti Tiburtini, Prenestini e Lepini), a NE dal Distretto Vulcanico dei Monti Sabatini, a Sud dalla Pianura Pontina e ad Ovest e Sud-Ovest dalla bassa Valle del Tevere e dal Mar Tirreno. La sua attività iniziò circa 0,60 milioni di anni fa, ed oggi esso è considerato un vulcano quiescente; si

hanno prove della sua attività (con manifestazioni gassose e idrotermali) sia in tempi archeologici che in tempi storici (VOLTAGGIO *et alii*, 1994, FUNICIELLO *et alii*, 2003).

Il vulcanismo si è sviluppato su un substrato sedimentario di sabbie ed argille sabbiose di origine marina, di età plio-pleistocenica, in tre fasi, comprese tra: 0,60 e 0,30 Ma, la prima; 0,30 e 0,20 Ma, la seconda; 0,20 a 0,02 Ma, la terza (DE RITA *et alii*, 1992; MERCIER, 1993). Le prime due fasi sono state caratterizzate dalla emissione di lave ed ignimbriti, mentre la terza è stata contraddistinta da violente esplosioni idromagnetiche. I dati vulcano-tettonici indicano che per la maggior parte i centri vulcanici sono allineati lungo *trend* tettonici con direzione NE-SW e, subordinatamente, NW-SE; gli allineamenti N-S sono stati attivi prima e durante l'evoluzione del vulcano dei Colli Albani (DE RITA *et alii*, 1990 e 1995).

VI - MORFOGENESI

Da quanto illustrato nei precedenti capitoli e dalla lettura integrata della Carta Geomorfologica, risulta chiaramente come la conformazione generale dell'area in esame sia strettamente connessa al suo assetto strutturale (*s.l.*). Infatti le principali morfostrutture, date da dorsali montuose, fasce collinari e bassi rilievi tabulari, corrispondono rispettivamente a: corpi rocciosi calcarei piegati in bande anticlinali, sedimenti torbiditici disposti a sinclinale e/o a monoclinale, vulcaniti litoidi e cineritiche a giacitura suborizzontale. Le prime due, inoltre, per effetto dell'intensa dislocazione dovuta a faglie dirette, appenniniche ed antiappenniniche, generano, a scala maggiore, blocchi monoclinali diversamente ribassati, generalmente immergenti verso Sud-Ovest o, in subordine, verso Nord-Est. Il maggiore rigetto complessivo realizzatosi in corrispondenza della struttura sinclinalica, ha accentuato la depressione tettonica centrale (Valle Latina), già delineata dalla precedente tettonica compressiva. Al suo interno, inoltre, si sono verificati abbassamenti differenziali, che hanno prodotto una più marcata depressione nella sua fascia sud-occidentale; tale morfostruttura secondaria ha condizionato l'orientamento e la posizione della principale asta fluviale dell'area (Fiume Sacco), sviluppata in corrispondenza di essa.

Una buona corrispondenza si rileva inoltre tra le fratture e le faglie (per lo più di modesto rigetto) e le direttrici di drenaggio della rete idrografica minore. Alle faglie inverse (o sovrascorrimenti) presenti sul fianco nord-orientale della catena preappenninica, che realizzano la sovrapposizione dei rigidi calcari cretaci della dorsale dei Monti Lepini sui più duttili sedimenti torbiditici miocenici, è connesso il più netto ed evidente contrasto morfologico dell'area di studio.

Ciò premesso, risulta evidente che i naturali fattori della morfogenesi (caratteristiche litologiche del substrato roccioso ed attività tettonica), ai quali è legata la strutturazione del paleo-paesaggio, hanno conservato nell'area in esame una

particolare valenza anche nella successiva evoluzione (recente e in atto) delle principali morfostrutture.

Il rilevamento geomorfologico a scala medio-grande e/o di dettaglio (nel corso del quale sono state raccolte tutte le informazioni e le notizie utili a chiarire le modalità di impostazione e di sviluppo dei diversi processi), ha permesso di individuare gli agenti responsabili del modellamento delle morfostrutture e di definirne le conseguenti morfosculture; tra questi, i principali risultano essere la forza di gravità e le acque correnti, che hanno svolto ruoli diversi (nel tempo e nello spazio) in funzione sia dei citati fattori della morfogenesi che delle variazioni climatiche quaternarie. Un ruolo secondario, ma non certo trascurabile, spetta all'attività antropica, soprattutto quella sviluppatasi nell'Olocene recente.

I dati così determinati sono stati rappresentati utilizzando la simbologia della Legenda ufficiale, proposta nella "GUIDA AL RILEVAMENTO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA D'ITALIA - 1:50.000", del Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, volume 4, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma 1994. Dei numerosi elementi geomorfologici e geologici, compresi nelle 13 categorie previste dalla Legenda, nel rilevamento del Foglio "Anagni" ne sono stati riscontrati circa un quarto, rientranti in poco più della metà delle suddette categorie; alcuni altri sono scarsamente rappresentati ed altri ancora sono del tutto assenti (forme glaciali, crionivali ed eoliche).

La Carta rappresenta, dunque, i principali elementi geomorfologici riconosciuti nell'area, ossia le forme di erosione e di accumulo, di cui viene interpretata la genesi, in funzione dei processi attuali e passati, e stabilito il loro stato di attività. Nel corso del rilevamento, quest'ultimo è stato distinto (quando possibile) nei tre diversi stati: *attivo*, *inattivo*, *quiescente* (G.N.G.F.G., 1987; BISCI & DRAMIS, 1991); ma nell'elaborato cartografico è stato distinto soltanto in *attivo* e *inattivo*, comprendendo nel primo sia le forme *attive* s.s. che quelle *quiescenti*.

Appare importante sottolineare il problema della determinazione dello stato di attività dei fenomeni franosi; tenendo conto, infatti, che le modalità evolutive di detti fenomeni possono svilupparsi su archi temporali molto diversi (fino all'ordine delle migliaia di anni), con tempi di ritorno anch'essi molto diversi (in funzione della ricorrenza di fattori di innesco meteorologici o sismici, oltre che dell'attività antropica) può risultare estremamente difficile definire con certezza uno stato di inattività ("*forme non più in evoluzione e non più riattivabili, nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale*", come riportato nella citata Guida).

Si precisa al proposito che, in base alle esperienze maturate in diverse altre aree italiane, i fenomeni franosi con caratteristiche tali da poter essere identificati come inattivi nell'area di studio sono in numero estremamente ridotto (solo due). Ne deriva pertanto che, in mancanza di indagini approfondite (storiche, stra-

tigrafiche, paleosismiche ecc.), comunque non previste nell'ambito del presente progetto, si è ritenuto opportuno rappresentare la quasi totalità dei fenomeni franosi nella categoria di quelli attivi; ciò anche in assenza di una definizione dello stato di quiescenza (peraltro non previsto dalla Legenda) che consenta di qualificare detti fenomeni nella maniera più precisa e cautelativa possibile.

Un discorso analogo deve essere riservato alle deformazioni gravitative profonde di versante, la cui definizione di stato d'attività è ancora più problematica, dato che i meccanismi evolutivi (movimenti in atto, riattivazioni e potenziale tendenza al collasso) sono notevolmente più complessi e in gran parte ancora poco noti.

Particolare attenzione è stata riservata al riconoscimento e alla rappresentazione cartografica dei depositi continentali (alluvioni, accumuli detritici, depositi colluviali, accumuli di frana ecc.). E tuttavia, in conformità a quanto previsto nella citata "Guida al rilevamento", i depositi superficiali sono stati rappresentati solo quando il loro spessore stimato risultava significativo ai fini geologico-tecnici. In corrispondenza dei centri abitati e delle zone più densamente urbanizzate, dove era evidentemente impossibile riconoscere e caratterizzare le coperture sulla base di osservazioni di campagna, queste sono state rappresentate soltanto in quei luoghi per i quali si disponeva di dati relativi a studi precedenti, ottenuti per mezzo di indagini dirette (sondaggi geognostici, scavi, sbancamenti).

PROGETTO
CARG

VII - GEOMORFOLOGIA STRUTTURALE

Il substrato roccioso dell'area in esame è costituito dalle oltre trenta unità lito-stratigrafiche rappresentate nella "CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, Foglio 389 ANAGNI, scala 1:50.000" (ALBERTI *et alii*. 1975); sulla base delle loro caratteristiche lito-tecniche e quindi del loro differente comportamento rispetto ai processi geomorfologici, e secondo quanto previsto dalla Legenda ufficiale, esse sono state raggruppate in sei classi, di seguito elencate e sinteticamente descritte.

Rocce prevalentemente calcaree: calcari, calcari dolomitici, dolomie e calcareniti, ben stratificati, di colore variabile da biancastro a rosato (*Cretacico-Miocene inf.*). Affioranti ampiamente in corrispondenza delle dorsali dei Monti Lepini e dei Monti Ernici, costituiscono i litotipi più rappresentati nell'intera area studiata, di cui coprono il 70,7%. Per la loro notevole diffusione, le loro caratteristiche litotecniche e l'assetto strutturale, hanno determinato i lineamenti fondamentali del paesaggio, condizionandone anche l'evoluzione in atto.

Rocce marnose, marnoso-pelittiche e pelittiche: marne calcaree, marne argillose, argille marnose (*Miocene medio*) e argilliti pleistoceniche. I loro affioramenti (a Gavignano, nei dintorni di Ferentino, a Nord-Ovest di Anagni) sono estremamente ridotti sia in estensione (0,1%) che in spessore e, pertanto, non assumono grande rilevanza morfologica, almeno alla scala del presente studio.

Rocce costituite da alternanze arenaceo-pelittiche: alternanze ritmiche di torbiditi arenacei ed argillose, fittamente stratificate, appartenenti all'"Unità arenaceo-pelittica della Valle del F. Sacco" (*Miocene medio-sup.*). Rappresentano il 9,1% del substrato affiorante nell'area; ma estese coltri di depositi superficiali ne limitano ulteriormente gli affioramenti, che sono ubicati principalmente nella zona centrale del Foglio (a Sud e Sud-Ovest di Ferentino, a Nord di Sgurgola) e all'estremità sud-orientale di esso (zona circostante Frosinone). Rappresentano un importante fattore di attivazione e controllo della morfogenesi gravitativa.

Rocce prevalentemente arenitiche - arenarie: in successione stratigrafica con i litotipi della classe precedente, seguono, verso l'alto, torbiditi arenacei o prevalentemente arenacei, in strati molto spessi o amalgamati, disposti a monoclinale. Appartenenti anch'esse all' "Unità arenaceo-pelitica della Valle del F. Sacco" (*Miocene medio-sup.*), costituiscono il substrato roccioso della zona circostante l'abitato di Anagni e delle zone poste più a Nord-Ovest; affioramenti minori si rilevano a Nord di Ferentino. Complessivamente coprono il 9,5% dell'area di studio. L'assetto stratigrafico e, talora, quello strutturale, sono generalmente favorevoli all'attivazione dei numerosi fenomeni di dissesto che interessano le suddette zone.

Rocce ruditiche-conglomerati: conglomerati poligenici, a ciottoli anche grossolani, stratificati e variamente cementati, con rare intercalazioni argilloso-sabbiose (*Messiniano?-Pliocene?*). Si tratta di lembi di estensione (0,5% dell'area di studio) e spessore estremamente ridotti, poggianti per lo più sui calcari cretaci del tratto sud-occidentale (zone di Gavignano, Gorga e Montelanico). Ad essi non sono associati particolari aspetti morfogenetici.

Rocce effusive e vulcanoclastiche: vi sono compresi i prodotti effusivi, litoidi, del "Vulcanismo della media valle del F. Sacco", costituiti essenzialmente da colate piroclastiche di natura leucitica, breccie piroclastiche, colate di leuciti, colate di cenere di aspetto e consistenza lavica (*Pleistocene*). Tali litotipi, a giacitura suborizzontale, affiorano in corrispondenza dei fianchi di incisioni vallive, mentre i tratti sommitali sono ricoperti da cineriti ocracee e rossicce, a tessitura siltitica e arenitica, talora fortemente pedogenizzate. Coprono complessivamente un'area pari al 10,1% del totale. Al loro assetto stratigrafico-strutturale è strettamente connesso il già citato, caratteristico, paesaggio dei tratti nord-occidentale (a Nord e ad Est di Colleferro) e sud-orientale (ad Est di Supino e a Nord-Ovest di Frosinone) del Foglio "Anagni".

Tra gli elementi tettonici, nell'elaborato cartografico sono stati riportati i più significativi (in parte desunti dalla Carta Geologica, ma per lo più determinati attraverso le osservazioni di dettaglio eseguite sul terreno e mediante analisi di foto aeree), finalizzati, in particolare, alla ricostruzione dell'assetto morfotettonico dell'area compendiate nello schema a margine, alla cui descrizione si rimanda (vedi MORFOTETTONICA E MORFOEVOLUZIONE).

1. - FORME STRUTTURALI E VULCANICHE

Del forte condizionamento macro e meso-strutturale sulla impostazione e sullo sviluppo dell'idrografia dell'area in studio, e delle sue principali morfostutture, si è detto in precedenza. Tale relazione è altrettanto evidente, in tratti diversi del rilievo, sia alla scala media che alla scala di dettaglio.

Alle caratteristiche litologiche e giaciture dei prodotti effusivi litoidi dei centri vulcanici della media e dell'alta Valle del Sacco è connesso un paesaggio caratterizzato da rilievi pressoché tabulari, interrotti da versanti poco sviluppati sia in lunghezza che in altezza, variamente inclinati fino a sub-verticali, per lo più limitati o interrotti da scarpate chiaramente influenzate dalla struttura; esse corrispondono infatti ai livelli litoidi delle vulcaniti. Tali superfici tabulari, alla scala medio-piccola, possono essere interpretate complessivamente come strutturali o substrutturali; la loro estensione si riduce fortemente laddove esse sono ricoperte da coltri cineritiche alterate in posto o da depositi colluviali, di spessore significativo. Le forme più importanti sono quelle di Colle S. Giovanni e Tufo Vaccarani.

Alla base del versante sud-occidentale dei Monti Ernici sorge l'abitato di Ferentino, ubicato su di una grossa placca calcarenitica miocenica blandamente inclinata verso SW, in contatto tettonico con i circostanti termini arenaceo-pelitici. Rielaborata da fenomeni di erosione selettiva, questa placca calcarenitica presenta forma pressoché rettangolare e sui quadranti orientali è bordata da scarpate strutturali, tali da generare un netto contrasto morfologico con il paesaggio circostante e ancora evidenti nonostante il forte rimodellamento dovuto all'intensa urbanizzazione; le quote passano, infatti, rapidamente dai circa 400 m s.l.m. del centro abitato, ai 250 m s.l.m. della piana sottostante. Analoga configurazione contraddistingue il rilievo di Anagni, il cui risalto morfologico è dato dall'affioramento di torbiditi prevalentemente arenacee, caratterizzate da banchi molto spessi e rari partimenti pelitici.

Altre forme, sempre a livello di meso scala, direttamente legate all'assetto strutturale (*s.l.*), sono costituite dai modesti rilievi, allungati in direzione appenninica, scolpiti su litotipi calcarei ed emergenti dalle circostanti vulcaniti o torbiditi, essenzialmente per effetto dell'attività tettonica distensiva (*horst* di Gavignano e Monticchio).

Il condizionamento strutturale e tettonico nel modellamento del paesaggio appare significativo anche a scala di dettaglio, soprattutto nei settori nord-orientale e sud-occidentale, costituiti in netta prevalenza dai litotipi calcarei. Le forme più evidenti, e frequenti, ad esso direttamente o indirettamente connesse, sono date da: versanti di faglia (fianchi occidentale ed orientale di M. Radicino, versante occidentale di M. Reo, area di Fiuggi-Canterno); faccette triangolari o trapezoidali, i cui esempi migliori si osservano a Sud di Gorga e a Valle Cisterna; scarpate ripide influenzate dalla struttura, molto diffuse nelle porzioni medio-alte dei versanti, ma anche lungo le incisioni vallive di ordine intermedio; creste subparallele, presenti soprattutto nella zona sud-occidentale. Rare sono invece le scarpate di faglia e di linea di faglia (a Sud-Ovest di Gavignano e di Porciano e ad oriente di Fumone).

Le forme vulcaniche sono rappresentate, pressoché esclusivamente, dalle

superfici di deposizione delle ceneri; forme tra le più diffuse nell'area di studio, esse si rilevano soprattutto nelle zone prossime ai centri di emissione, ma anche a distanza di alcuni chilometri, caratterizzando il paesaggio con una ridotta energia di rilievo. Infatti, i tratti sommitali di quest'ultimo corrispondono ai lembi residuali di un più antico paesaggio, "livellato" dalla deposizione di cospicui spessori di cineriti (campi di cenere) su di un precedente e poco più articolato rilievo, scolpito per lo più nelle vulcaniti tabulari o nei depositi continentali. Si tratta di superfici di estensione variabile, da suborizzontali a debolmente concave o convesse, generalmente delimitate da scarpate di diversa genesi o da rotture di pendio convesse; dalla combinazione di tali diverse forme elementari deriva una forma più complessa che, per la sua ricorrenza e riconoscibilità nella configurazione geomorfologica d'insieme, può essere considerata una "unità" dell'ambiente fisico.

Nella Carta geomorfologica il simbolo dei campi di cenere è stato utilizzato su fondo bianco soltanto nei casi in cui lo spessore stimato del deposito cineritico (generalmente alterato da processi pedogenetici più o meno spinti) è maggiore di 3 m e si ritiene che occupi l'originaria posizione. I depositi di spessore inferiore poggianti su substrato vulcanico sono stati rappresentati su quest'ultimo; laddove invece si trovano a copertura di depositi continentali, essi sono stati cartografati comunque (necessariamente su fondo bianco, non potendo sovrapporre due simboli diversi), dato il loro evidente significato morfocronologico. Dove è possibile ipotizzare un rimaneggiamento del deposito, lo stesso è stato considerato come deposito colluviale.

Infine, altra forma caratteristica è rappresentata dal rilievo troncoconico di Selva dei Muli, corrispondente ad un evidente cono di scorie bordato da scarpate di erosione selettiva.

2. - MORFOTETTONICA E MORFOEVOLUZIONE

(a cura di P. Fredi & G. Pambianchi)

Le conoscenze litostratigrafiche e tettoniche regionali permettono di fare alcune ipotesi in merito alle prime fasi di continentalizzazione dell'area di studio.

I depositi conglomeratici di Gavignano e di Gorga (Messiniano-Pliocene inf.), interpretati dagli autori (ALBERTI *et alii*, 1975) come sedimenti di conoide subaerea o al più di "deltaconoidi" costiero, testimoniano la presenza di aree emerse che fornivano materiali estranei alla serie locale.

Tali conglomerati poggiano in discordanza su una superficie di erosione modellata sui calcari cretacei di piattaforma carbonatica. La collocazione nel tempo di questa superficie non è facile; tuttavia le prime fasi di modellamento devono essere avvenute, verosimilmente, in condizioni sottomarine ai margini di

un'area rialzata (alto strutturale dei Lepini) che bordava a Sud-Ovest la depressione strutturale dove si depositavano le torbiditi mioceniche della Valle del Sacco. Il completamento del modellamento di tale superficie potrebbe essersi verificato in condizioni subaeree, verso la fine del Miocene.

Anche se nel Messiniano potevano esistere ampi lembi di terre emerse, le massicce continentalizzazioni dell'area dovrebbero essersi realizzate nel Pliocene inferiore, per effetto degli intensi sollevamenti connessi alla fase tettonica compressiva appenninica, al termine della quale il paesaggio doveva essere caratterizzato da rilievi dolci che degradavano dall'area degli Ernici, posta a Nord-Est, verso quella dei Lepini, situata a Sud-Ovest. Con ogni probabilità, esistevano in questo antico paesaggio vistose ondulazioni, sia in senso appenninico che in senso antiappenninico; le prime, come la Valle del Sacco e l'area di Fiuggi, venivano interrotte dalle seconde, con dorsali trasversali, rappresentate dagli allineamenti Sgurgola-Ferentino e Porciano-Trivigliano. Questi primitivi tratti di paesaggio rappresentavano, molto probabilmente, l'eredità del modellamento tettonico compressivo che aveva prodotto principalmente ondulazioni ortogonali all'asse di compressione (come la Valle del Sacco) e secondariamente parallele allo stesso, in corrispondenza di aree sovrascorse, più avanzate e sollevate (es. Sgurgola e Porciano, dove l'ipotetico sovrascorrimento è sepolto verso Nord-Est).

Nelle aree depresse si impostava il primitivo reticolo idrografico, con ampi valloni che scendevano da Nord-Est verso Sud-Ovest, dalle vette più elevate degli Ernici verso i Lepini. Probabilmente uno spartiacque, rappresentato da un consistente alto strutturale, riconoscibile ancora oggi secondo l'allineamento Fumone-Ferentino-Sgurgola, separava la Valle del Sacco in due tratti (alto e medio).

I resti di tale "paleo" paesaggio sono costituiti dai lembi delle antiche superfici di erosione che si riconoscono alla sommità e in parte lungo i versanti dei rilievi calcarei.

Ad Est di Guarcino, nell'estrema porzione nord-orientale del Foglio, poggiati su una di queste superfici, si rinvengono dei conglomerati i cui elementi a debole grado di arrotondamento, o addirittura la presenza di elementi a spigoli vivi, permettono di ipotizzare detriti di falda e/o conoidi alluvionali appartenenti ad ampi valloni, nettamente sospesi rispetto al reticolo idrografico attuale e drenanti probabilmente verso la Conca di Fiuggi.

I primi sollevamenti quaternari hanno prodotto lo smembramento del "paleo" paesaggio, attraverso movimenti distensivi che hanno creato strutture ad *horst* e *graben*, delineando le depressioni tettoniche di Fiuggi-Canterno e Frosinone, e accentuato anche gli alti strutturali esistenti come - ad esempio - quello corrispondente all'allineamento Carpineto Romano-Ferentino-Fumone. Ai bordi di quest'ultimo, orientato in direzione NW-SE, si osservano gradonature neotettoniche degradanti sia verso la conca di Frosinone che verso Nord-Ovest, come testimoniano anche le notevoli differenze di quota tra i conglomerati di Gorga

(800 m s.l.m.) e quelli probabilmente coevi di Gavignano (400 m s.l.m.).

La superficie di erosione più recente, riconoscibile principalmente nei depositi torbiditici, si configura come un *glacis* di raccordo con le aree calcaree più elevate poste a Nord-Est e a Sud-Ovest. Pure questo paesaggio, dalle forme sostanzialmente ancora dolci, è stato successivamente interessato dalla tettonica distensiva quaternaria, che ha prodotto in esso anche un forte approfondimento del reticolo idrografico. Tuttavia è verosimile pensare che anche dopo queste vicissitudini tettoniche, l'alto strutturale Fumone-Ferentino-Sgurgola separasse ancora l'alta dalla media Valle del Sacco.

Il "paleo" Sacco di monte, che traeva origine nell'area compresa tra Anagni e Ferentino, drenava verso la campagna romana (verso Nord-Ovest). Le colate piroclastiche dell'edificio Tuscolano-Artemisio (Distretto dei Colli Albani) - e, in particolare, la II colata, compresa in un intervallo di tempo tra 0,48 e 0,36 Ma (DE RITA *et alii*, 1990 e 1992) - modificarono profondamente l'andamento del Fiume Sacco, costringendolo a deviare bruscamente verso Sud-Est, con conseguente rottura della soglia presente all'altezza di Sgurgola.

Gli effetti della tettonica distensiva avevano creato vistosi ribassamenti verso la conca di Frosinone, secondo l'allineamento tettonico Ferentino-Fumone, e la rottura della soglia fu facilitata anche dall'erosione regressiva del "paleo" Sacco di valle.

In dettaglio, analizzando l'attuale disposizione dell'elemento geomorfologico più antico, rappresentato dai numerosi lembi di superficie di erosione rinvenibili principalmente alle sommità dei rilievi calcarei, sono stati individuate numerose dislocazioni neotettoniche, nella maggior parte dei casi concordanti con l'assetto tettonico rappresentato nella Carta Geologica alla scala 1:50.000 (Fig. 7). I principali elementi neotettonici sono stati oggetto di verifiche di campagna, specialmente nei casi dove essi interessano i depositi quaternari.

Estesi lembi dell'antica superficie di erosione sono rinvenibili, intorno ai 1400 metri di quota, a NNE dell'area in esame, dove i rilievi calcarei raggiungono altezze superiori ai 1900 m di quota (M. Vermicano, 1948 m s.l.m.).

Nella porzione nord-orientale del Foglio questa superficie degrada verso Sud-Ovest per effetto di diverse faglie distensive, orientate circa WNW-ESE, dalle quote di oltre 1000 m s.l.m. ai circa 600 m s.l.m., individuando l'importante depressione tettonica di Fiuggi-Canterno, già descritta (cfr. cap. III). Verso Sud-Ovest le superfici di erosione scolpite in corrispondenza dell'*horst* di Porciano-Fumone, orientato NW-SE, degradano per effetto di dislocazioni tettoniche, da NW verso SE, dai 950 ai 680 metri di quota; degradano inoltre da NE verso SW (verso Anagni) dai 950 ai 400 metri di quota, sempre per effetto di faglie dirette ad orientamento NW-SE.

Nella dorsale dei Monti Lepini tale superficie degrada vistosamente, sempre attraverso dislocazioni tettoniche, verso la Valle del Sacco, a Nord-Est, verso Frosinone, a Sud-Est, e verso Gavignano, a Nord-Ovest.

Lembi meno estesi di superfici più recenti, modellati nei depositi torbiditici, sono stati interessati da una tettonica distensiva che ha prodotto gradonature sia verso Sud-Ovest che verso Nord-Est, rispetto alla Valle del Sacco. In alcuni casi tali superfici sono state completamente smantellate dall'erosione e ridotte a stretti spartiacque, nei quali gli indizi di attività neotettonica sono rappresentati da depressioni planoaltimetriche del crinale o da faccette triangolari.

A Nord-Ovest di Anagni vistose catture fluviali, che richiamano il drenaggio verso Sud-Est, testimoniano la recente impostazione dell'attuale percorso del Fiume Sacco secondo un allineamento appenninico, cioè verso la depressione tettonica di Frosinone, bordata a Nord-Ovest dall'evidente faglia diretta Fumone-Ferentino.

PROGETTO
CARG

VIII - GEOMORFOLOGIA FLUVIALE E FORME DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO

Osservando il settore nord-occidentale del Foglio (dal limite di NW al Ponte della Mola) si rileva una rete idrografica piuttosto densa e ben organizzata, costituita dall'asta fluviale del medio-alto Fiume Sacco e dai suoi, locali, principali affluenti. I canali di diverso ordine, generalmente orientati secondo le direttrici tettoniche principali (appenninica, antiappenninica e circa meridiana), incidendo un'area caratterizzata da bassi valori dell'energia di rilievo, presentano pendenze molto basse (generalmente inferiori all'1%). La sinuosità è piuttosto elevata per l'asta fluviale principale, mentre è bassa o molto bassa per i principali affluenti. L'ampiezza massima del fondovalle è di qualche centinaio di metri; la loro continuità laterale viene spesso bruscamente interrotta da antiche scarpate di erosione fluviale, fortemente influenzate dall'assetto strutturale, con andamento piuttosto regolare in corrispondenza della rete idrografica di ordine minore. Le scarpate delimitanti il fondovalle del Sacco presentano invece sinuosità complessivamente comparabile a quella del suo *talweg*, talora anche maggiore per effetto di variazioni del tracciato del corso d'acqua connesse al taglio di meandri.

Nel secondo tratto, compreso tra il Ponte della Mola e circa 1 km a valle della Stazione di Sgurgola, il Fiume Sacco riceve da sinistra le acque del Rio S. Maria e da destra quelle del più importante il Rio; il suo fondovalle, più ampio e meno nettamente incassato, scorre tra i depositi alluvionali e i travertini della sinistra idrografica e le torbiditi della sponda opposta.

Più a valle si individua un terzo tratto fluviale che si sviluppa, con andamento pressoché rettilineo, lungo una stretta valliva di 200-300 m di ampiezza, incisa nei calcari interessati da una importante dislocazione tettonica a direzione appenninica.

Dalla Stazione di Morolo all'estremità sud-orientale dell'area (quarto tratto),

l'ampiezza del fondovalle aumenta progressivamente, fino a raggiungere i circa 2 km, anche se vi sono due brevi, ma marcati, restringimenti vallivi (Ponte di Supino e Tomacella). Questi ultimi sono essenzialmente legati ai prodotti effusivi degli apparati vulcanici di Patrica-Supino e Selva dei Muli, che nel primo caso hanno anche causato (in tutto o in parte) una deviazione verso sinistra del letto fluviale. In questo settore l'alveo, inciso nei depositi alluvionali olocenici, presenta moderata sinuosità e pendenza sempre inferiore all'1%; qui il fiume riceve importanti tributari quali il T. Alabro e il F.so Cenica, dalla sinistra idrografica, e il F.so le Brecce dal versante opposto.

Osservando l'andamento complessivo dell'asta fluviale del Sacco, in relazione ai connessi depositi alluvionali terrazzati, si rileva un netto ed evidente spostamento verso destra del corso d'acqua, da associare, come già detto in precedenza (vedi cap. VII), al maggiore ribassamento del margine sud-occidentale della depressione tettonica entro cui il fiume scorre; non è da escludere che un contributo a tale deviazione possa essere venuto dalla deposizione, in sinistra idrografica, dei potenti corpi di travertino litoide, di cui si tratterà in seguito.

Nell'orientamento dell'intero asse vallivo (dalla sorgente alla foce) si nota una progressiva rotazione in senso antiorario, passando da un iniziale scorrimento delle acque da Est verso Ovest fino a un decorso da NW a SE.

Le osservazioni ed i rilevamenti di dettaglio hanno messo in evidenza alcuni particolari aspetti della rete idrografica minore dei settori centrale e sud-orientale.

Il Rio S. Maria trae origine da due fossi ad orientamento circa N-S, disposti secondo il gradiente topografico, che si raccordano fra di loro mediante un segmento curvilineo, convesso verso valle, complessivamente orientato E-W; un successivo tratto sviluppato in senso appenninico ed un ultimo circa meridiano conducono il corso d'acqua in parola al Fiume Sacco. Visto che il canale ad orientamento E-W, quasi ortogonale alla direzione del gradiente topografico, è scomponibile in due parti congruenti con l'assetto tettonico e tenuto conto che attraversa una stretta valliva incisa in corpi di travertino in facies litoide, si può ipotizzare una apertura recente di tale segmento drenante, guidata da fattori tettonici. Infatti, appena a monte della stretta si nota una netta rottura del profilo longitudinale, con un tratto suborizzontale; tale zona a fondo piatto ha ospitato, fino a tempi storici (CATASTO CHIGI, 1660-1668; SEGRE, 1987), le acque di un lago denominato Chiarano o Clarano, oggi estinto (cfr. cap. X).

Nel tracciato del Rio, il cui bacino è inciso per la gran parte nei calcari della dorsale dei Monti Lepini, si individuano tre direzioni nettamente prevalenti, corrispondenti all'orientamento delle principali dislocazioni tettoniche: la prima, SE-NW, nel tratto che va da Carpineto Romano a Ponte Casavino (poco a Sud di Montelanico); la seconda, circa N-S, nella zona circostante Montelanico; la terza, SW-NE, fino alla confluenza con il Sacco. L'ampiezza del fondovalle è dell'ordine delle decine o centinaia di metri nel primo e nel

secondo tratto; nel terzo, dove il corso d'acqua riceve diversi tributari, il fondovalle diviene più ampio e l'estensione della piana alluvionale raggiunge e supera il chilometro di larghezza.

Il Fosso le Brecce, meno sviluppato del precedente, inciso sul fianco nord-orientale della stessa dorsale ed anch'esso condizionato dall'assetto tettonico, si caratterizza per l'intensa attività erosiva passata, testimoniata dalla presenza del più esteso e potente conoide (inattivo) dell'area di studio, al quale si può associare parte della locale, già citata, deviazione a sinistra del Fiume Sacco.

L'asta principale del Torrente Alabro, che trae origine dal fianco sud-occidentale della dorsale calcarea dei Monti Ernici, ma che sviluppa essenzialmente il proprio bacino nei sedimenti torbiditici e nei depositi continentali, presenta un caratteristico andamento assimilabile ad una poligonale aperta; si compone infatti di numerosi segmenti rettilinei (della lunghezza di 0,5-1 km, raramente superiore) generalmente orientati secondo le tre direzioni tettoniche dell'area di studio, più volte citate. Il tratto medio-basso dell'alveo è ben inciso (da qualche metro alla decina di metri), nei depositi alluvionali antichi, dei quali il corso d'acqua ha prodotto il terrazzamento. Prima della confluenza nel Sacco si notano, alla quota delle superfici terrazzate, antiche direzioni di scorrimento che si discostano sensibilmente dal percorso attuale; tali diversioni sono da connettere alla deposizione di travertino in facies litoide, i cui banconi sono tuttora presenti in corrispondenza degli antichi alvei. Il corso attuale, infatti, supera il più importante di tali corpi rocciosi sul suo limite settentrionale, incidendo il proprio letto nelle adiacenti e più erodibili unità arenaceo-pelitiche.

Il Fiume Cosa, il cui bacino è sviluppato per gran parte al di fuori dell'area di studio, percorre per un breve tratto l'estrema porzione nord-orientale del Foglio, incidendo lo stretto fondovalle nelle proprie alluvioni e/o nel substrato calcareo. Il suo orientamento, in direzione NNW-SSE, sembra più congruente con il gradiente topografico che non con l'assetto tettonico, cui corrisponde invece la geometria del Fosso delle Pentime, suo affluente di destra, che drena la porzione orientale della Conca di Fiuggi.

Nella restante porzione della conca si rileva una modesta rete idrografica afferente al Lago di Canterno, nella quale si distingue, per sviluppo ed organizzazione del reticolo, il Fosso del Diluvio, i cui tratti principali sono orientati secondo le direzioni tettoniche appenninica ed antiappenninica; i canali incidono anche profondamente il substrato calcareo nella parte settentrionale dell'altopiano, mentre generano vallecole a fondo concavo nelle cineriti vulcaniche e nei depositi colluviali che coprono per gran parte il substrato calcareo della zona centrale della depressione.

1. - I DEPOSITI ALLUVIONALI

La morfogenesi fluviale assume massimo sviluppo ed importanza, con forme estese e depositi di spessore anche cospicuo, nel fondovalle del Fiume Sacco e in quelli dei suoi principali affluenti (T. Alabro e F. Cosa).

Interessanti e significative, per la loro particolare genesi, sono le ampie superfici di terrazzo che caratterizzano le zone a Sud e Sud-Est di Anagni ed a Sud-Est di Ferentino, nella cui origine ha svolto un ruolo fondamentale la deposizione di travertino (cfr. cap. X).

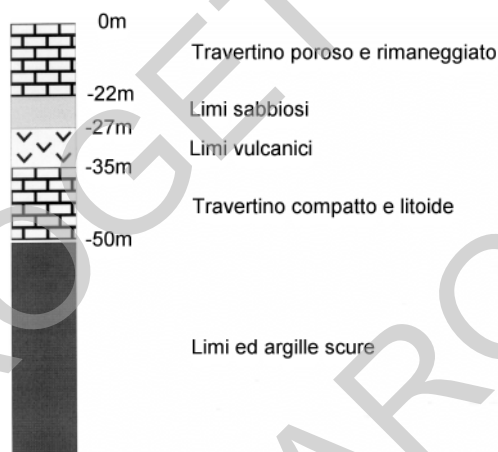


Fig. 8: Colonna stratigrafica tipo dei depositi alluvionali della Valle del Sacco.

L'analisi dei dati derivanti dai sondaggi geognostici, messi gentilmente a disposizione da Italferr S.p.A. - T.A.V. S.p.A. (Progetto Alta Velocità Roma-Napoli) e dalla Cassa per il Mezzogiorno ("Progetto Speciale 29"), correlati con i dati derivanti dal rilevamento geomorfologico hanno consentito di ricostruire le sequenze stratigrafiche tipo, significative per alcuni tratti della media e bassa Valle del Fiume Sacco (Fig. 8). Per il tratto fluviale superiore, data la mancanza di dati analoghi, la caratterizzazione dei depositi più recenti è stata effettuata solo attraverso l'osservazione delle rare sequenze affioranti, mentre per i più antichi si rimanda ai dati bibliografici (SEGRE, 1987 e 1993).

Per il tratto interessato dai sondaggi geognostici (piana del Sacco, poco ad Ovest di Frosinone) le numerose sezioni stratigrafiche hanno evidenziato alcuni chiari motivi di correlazione, sebbene in diversi casi i collegamenti siano risultati piuttosto problematici. I sondaggi, spinti spesso oltre i 50 m di profondità ed in alcuni casi fino a 100 m, hanno mostrato, in maniera pressoché uniforme, come a profondità superiori ai 50 m (a seconda dei luoghi) siano pre-

senti forti spessori di argille scure, talvolta grigio-azzurre, di ambiente lacustre, che in alcune sezioni raggiungono e superano anche i 70 m. Tali argille passano superiormente a limi e limi sabbiosi (spessore da pochi metri fino anche a 15-20 m), quindi a livelli metrici di ghiaie grossolane, talvolta sabbiose, alternate a loro volta a limi scuri con ridotta componente sabbiosa; la sequenza si chiude con argille scure di 5-7 m di spessore.

Nella zona di Monticchio, alla confluenza del Torrente Alabro con il Fiume Sacco, le colonne stratigrafiche indicano invece, dal basso (50 m circa di profondità) verso l'alto, la presenza di limi e sabbie (spessore 10-15 m) che passano superiormente a travertino compatto, variamente fratturato, dello spessore di circa 15 m; al di sopra, dopo un limitato intervallo limoso-argilloso di pochi metri, si rinvencono tufi di colore grigio (6-7 m di spessore), compatti, sottostanti ancora a depositi limoso-argillosi dello spessore massimo di 4-5 metri. La sequenza si chiude con livelli metrici di travertino di diversa compattezza ed intensa fratturazione.

Per quanto riguarda i depositi strettamente fluviali, dai dati disponibili questi si identificherebbero solamente nelle alluvioni oloceniche, costituite da ghiaie più o meno grossolane e sabbie argillose, visibili all'interno delle incisioni dell'alveo attuale, incassate o poste a copertura delle ghiaie e sabbie più antiche; la loro distinzione risulta pertanto problematica a causa della somiglianza fra gli elementi componenti i due depositi. Tale somiglianza è stata analogamente messa in evidenza per il vicino "Lago Lirino" (DEVOTO, 1965).

Esempi di depositi fluviali terrazzati sono visibili solamente nella porzione superiore della valle del Sacco (zona di Gavignano). I dislivelli fra i diversi ordini di terrazzamento sono estremamente ridotti rispetto a quelli corrispondenti osservati in altre aree dell'Italia centrale (COLTORTI *et alii*, 1991; LUPA PALMIERI *et alii*, 1998); ciò in virtù della sostanziale stabilità tettonica di questo tratto di valle.

Depositi alluvionali di spessore decametrico ed estensione significativa (4-5 km²) si rilevano nell'estrema porzione nord-orientale dell'area di studio, a Sud di Guarcino; sono rappresentati dalle alluvioni del Fiume Cosa e dei suoi principali tributari locali, i cui bacini idrografici sono incisi nelle facies calcareo-calcarenitiche del fianco sud-occidentale dei Monti Ernici. Si tratta di ghiaie calcaree poligeniche le cui superfici deposizionali suborizzontali (superficie di terrazzo) sono poste ad altezze di 20-40 m sull'alveo fluviale attuale; l'estensione di dette superfici deposizionali è più ridotta rispetto a quella originaria in quanto i depositi alluvionali risultano spesso ricoperti da depositi colluviali di cospicuo spessore o da depositi di conoide (margine settentrionale ed orientale della piana).

2. - I DEPOSITI DI TRAVERTINO

Sono molto diffusi nell'area in esame e affiorano su vaste zone, specialmente di pianura: Osteria della Fontana a SW di Anagni, Tufano ad Est di Anagni, e nella piana a SE di Ferentino. Pur essendo depositi derivanti dalla fenomenologia carsica, vengono trattati nel presente capitolo, data la loro stretta connessione con la morfogenesi fluviale.

In affioramento o talora ricoperti da spesse coltri colluviali, sono stati riconosciuti e cartografati attraverso il rilevamento geomorfologico o sulla base dei dati derivanti dai sondaggi geognostici effettuati per scopi idrogeologici o geotecnici ("Progetto speciale 29" della Cassa per il Mezzogiorno). Sono costituiti da due facies ben distinte.

La facies più ampiamente rappresentata (almeno in affioramento) è costituita da livelli di limi, sabbie e ghiaie calcaree detritiche, spesso gradate o con chiare strutture da trasporto da acque correnti. Tali depositi mostrano spessori anche di parecchi metri e spesso, soprattutto nelle porzioni più superficiali, sono misti a materiali colluviali; questi ultimi comunque superano raramente lo spessore di 2-3 metri (Fig. 9a).

La seconda facies è costituita da travertini litoidi (Fig. 9b), compatti e ben cementati, alternati ai precedenti ed organizzati in affioramento a formare banconi marcati da scarpate piuttosto continue e prevalentemente orientate all'incirca secondo la direzione Est-Ovest. La deposizione di questa facies, che dalle colonne stratigrafiche dei sondaggi geognostici risulta essersi ripetuta più volte durante il Quaternario recente, è legata con ogni probabilità alla presenza di acque "calde" venute a giorno tramite le numerose sorgenti idrotermali poste soprattutto alla base del versante meridionale dei Monti Ernici. Il carbonato di calcio, proveniente dalle formazioni mesozoiche affioranti, veniva disciolto sia per il processo carsico (molto intenso nel territorio), sia per l'azione delle acque "calde" di origine profonda, rese maggiormente aggressive dalla presenza di minerali come lo zolfo, che ne aumentavano il grado di acidità. Il travertino veniva così a depositarsi sia nelle zone di sorgente (conseguentemente alla perdita di anidride carbonica o alla diminuzione di temperatura) che più a valle, dove le acque ruscellanti in superficie o quelle presenti nella zona vadosa producevano ingenti processi di incrostazione; dove poi erano presenti rotture morfologiche evidenti, ulteriori fenomeni di "degassazione" delle acque favorivano la formazione delle facies più compatte, che "tendevano alla progradazione e aggradazione". Componenti calcaree essenzialmente detritiche, infine, venivano a prodursi in seguito al disfacimento di questi corpi e alla successiva risedimentazione dei materiali.



Fig. 9a: *Depositi di travertino in facies sabbiosa.*

Meccanismi analoghi sono stati descritti per i travertini del vicino Lago Lirino (DEVOTO, 1965), dove sono state riconosciute tre differenti facies lacustri, di aree profonde, intermedie e marginali, tutte caratterizzate da una elevata componente di CaCO_3 (in alcuni casi anche fino all'80-90%) e da livelli, che vanno aumentando verso i bordi del bacino lacustre, di travertino fitoclastico (sabbie e

limi calcarei) alternati a travertino concrezionato fitoermale (contenente resti di organismi vegetali correlabili ad un ambiente continentale palustre e di riva). Secondo l'autore, la massiccia presenza di CaCO_3 nei depositi lacustri, così come la presenza degli stessi affioramenti di travertino, visibili su un'area di circa 40 km² nei dintorni degli abitati di Aquino-Cassino, è da associare, durante una fase climatica "fredda", a sorgenti di acque ricche in bicarbonato che risalivano lungo linee di frattura distribuite secondo un allineamento circa NW-SE (concordanti con gli allineamenti delle faglie appenniniche distensive legate alla tardiva tettonica plio-pleistocenica). Queste acque, mescolandosi con le acque del lago, favorivano la precipitazione del travertino anche in virtù della sottrazione di CO_2 operata dagli organismi vegetali per i processi di fotosintesi.



Fig. 9b: *Depositi di travertino in facies litoide.*

Le analogie con il vicino Lago Lirino sono evidenti: la presenza delle estese placche travertinose della piana di Ferentino, così come la presenza di depositi carbonatici all'interno delle sequenze deposizionali osservate nei sondaggi, lasciano ipotizzare un'evoluzione del tutto simile per questi due bacini. La presenza di sorgenti termominerali e minerali legate all'attività dei centri vulcanici della piana del Sacco non avrebbe fatto altro che esaltare il processo di precipitazione del carbonato di calcio. L'analisi dell'assetto strutturale dell'area di studio e in particolare quella degli elementi tettonici nella piana di Ferentino hanno poi confermato la corrispondenza degli allineamenti dei banconi di travertino con queste discontinuità strutturali che, come per il Lago Lirino, erano luogo di risalita di acque ricche in bicarbonato di calcio. Tale condizione giustificerebbe anche l'estensione areale notevole rispetto allo spessore dei depositi di travertino (stimato nell'ordine dei 30 m): la progressiva occlusione delle vie di risalita delle acque ad opera del carbonato di calcio che precipitava costringeva il sistema (costituito da fratture "parallele e vicarianti") ad uno spostamento in senso areale (DEVOTO, 1965).

Ai bordi di tale bacino la sedimentazione era prevalentemente detritica e le particolari condizioni, legate probabilmente alla presenza di acque mediamente termali di origine profonda, favorivano la deposizione di facies compatte di travertino di ambiente palustre. La presenza di tufo solamente nelle sequenze "marginali" dell'antico bacino lacustre sembrerebbe legata in parte alla limitata e ridotta attività dei centri vulcanici presenti nell'area (apparato vulcanico di Selva dei Muli e di Patrica-Supino) ed in parte al fatto che, trattandosi di ceneri vulcaniche, al momento della loro deposizione tale materiale poteva essere quasi totalmente trasportato in sospensione da un pur minimo deflusso superficiale, attivato da un emissario che drenava le acque del lago verso la sottostante piana del Liri.

Un meccanismo differente è invece quello che ha portato alla deposizione del travertino presente in Contrada Quarto, circa un chilometro ad Ovest della stazione di Ferentino-Supino. I depositi in questione sono infatti legati alla presenza di un corso d'acqua ben organizzato, il T. Alabro, e sono visibili in un punto in cui il dislivello (circa 50 m) con la piana del Fiume Sacco, di cui il torrente è affluente, viene colmato in un breve tratto dell'alveo (poche centinaia di metri). Il risultato è la presenza di banconi di spessore notevole (anche fino a 20 m) di travertino compatto, ubicati però nelle zone limitrofe alla valle fluviale attuale.

Interessante è anche l'esempio dei travertini presenti ad Ovest di M. Trave, sempre lungo la valle del T. Alabro; essi sono localizzati al bordo di una vallecola laterale sovralluvionata e sospesa di quasi 70 m sul fondovalle. Sebbene il drenaggio oggi sia totalmente assente, questa valle doveva in passato funzionare come tributaria di quella del Sacco, quando il livello di base del fiume era probabilmente più alto di parecchi metri rispetto all'attuale. Un drenaggio più consistente doveva anche caratterizzare lo stesso torrente Alabro, che oggi mostra

una portata esigua, se paragonata alla potenza e all'estensione dei depositi di travertino e dei depositi alluvionali terrazzati presenti.

Per la collocazione cronologica dei depositi, sono state tentate datazioni radiometriche (metodo U/Th) su diversi campioni di travertino litoide; non è stato però possibile procedere alla determinazione dell'età del deposito, dato che gli stessi campioni sono sempre risultati fortemente contaminati da materiali vulcanici (Y. QUINIF, CERAK, Mons-Belgique).

Visti i rapporti con i depositi vulcanici e la periodicità della deposizione osservata nelle stratigrafie, tenuto conto di considerazioni geomorfologiche e di dati bibliografici (SEGRE, 1993), è verosimile ipotizzare che la messa in posto dei travertini sia iniziata nel Pleistocene medio per poi continuare, con pause più o meno lunghe, fino all'Olocene recente.

La presenza, rilevata nei sondaggi geognostici, al di sopra dei depositi travertinosi (che rappresentavano il progressivo passaggio alle zone di riva del bacino), di spessori metrici (5-7 m) di argille testimonierebbe l'esistenza di ulteriori piccoli bacini minori la cui soglia era costituita dal travertino stesso che si andava formando. Tali evidenze sono state osservate anche nella più lontana piana di Anagni, in prossimità della località denominata Mola del Lago, dove ridotti spessori di argille e dati storico-archeologici (SEGRE, 1987) testimoniano la presenza, fino in epoca storica, di un piccolo bacino lacustre la cui soglia era posta in corrispondenza di un grosso bancone di travertino fitoermale. Attualmente la deposizione sembra tuttavia assente o limitata a piccoli episodi sorgentizi.

3. - FORME E DEPOSITI MINORI

Le forme di versante dovute al dilavamento presentano generalmente estensione ed importanza ridotte nell'intero territorio di studio. Ciò è da mettere in relazione: alla netta prevalenza di affioramenti di litotipi caratterizzati da elevata permeabilità in corrispondenza delle zone più rilevate, prive di significativa copertura vegetale; alla ridotta estensione dei depositi eluvio-colluviali e alla presenza di coltivi, prati-pascolo, copertura boschiva discontinua ed insediamenti abitativi diffusi, nei pendii dell'ampia depressione centrale e delle zone di raccordo alle dorsali montuose.

Al piede delle zone interessate dai processi di dilavamento, laddove le caratteristiche morfometriche dei pendii lo permettono, si evidenziano depositi colluviali attivi, di limitata estensione e potenza. Ben maggiore frequenza, estensione e spessore presentano gli analoghi depositi inattivi, connessi, con ogni probabilità, ad un contesto morfoclimatico diverso dall'attuale, ma soprattutto ad uno stadio di "resistasia di genesi antropica", corrispondente alla fase di rapida ed intensa occupazione agricola dei versanti dell'area in esame, non integrata da

contestuali opere di conservazione del suolo.

Attivi processi erosivi di approfondimento in alveo interessano le aste fluviali principali solo per brevi tratti, mentre sono ampiamente diffusi in corrispondenza della rete idrografica di ordine minore, dove vi si associano spesso conoidi alluvionali (Fig. 9c). Tra questi ultimi, particolarmente importanti per frequenza, estensione e spessore dei depositi sottesi, risultano le forme inattive. Molto frequentemente detti depositi sono interdigitati con le alluvioni dei corsi d'acqua maggiori o sono stati rielaborati nei tratti distali dalle acque fluviali, tanto da perdere la loro individualità.

Spettacolari per estensione e spessore dei depositi sono i conoidi di Guarcino, Morolo e, in particolare, Supino. La presenza di cineriti vulcaniche al tetto di quest'ultimo deposito permette di ipotizzare una età piuttosto antica per dette forme.



Fig. 9c: Conoide in località Forma troncato al piede dal fosso il Rio.

4. - I FENOMENI DI ESONDAZIONE

Forme e depositi generati da fenomeni di esondazione (o di impaludamento) si rilevano lungo l'asta fluviale del Sacco o nei tratti dei corsi d'acqua minori prossimi alla confluenza.

Diverse sono le testimonianze di fenomeni di esondazione del Fiume Sacco e dei suoi principali tributari, verificatisi a seguito di precipitazioni intense e per-

sistenti; nel settore nord-occidentale ricorrono con frequenza anche in corrispondenza della rete idrografica di ordine minore.

Nel mese di novembre del 1996 il corso d'acqua principale ha inondato la zona limitrofa al Ponte della Mola, superando di 50 cm la quota del piano di campagna (di norma la superficie freatica si attesta a circa 5 m di profondità dallo stesso piano di campagna).

Un più ampio fenomeno di esondazione si è verificato nell'ottobre del 1993, interessando anche la Zona Industriale di Anagni. A seguito di tale evento, nel 1994 l'Autorità di Bacino del Liri-Garigliano commissionava uno studio (al Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade, dell'Università di Roma "La Sapienza"), finalizzato alla definizione delle aree potenzialmente esondabili nell'ambito del fondovalle del Sacco. L'utilizzo di tali dati, messi gentilmente a disposizione dalla citata Autorità, integrati da considerazioni morfometriche e valutazioni morfodinamiche, ha permesso di determinare il limite di probabile esondazione. Nell'elaborato cartografico è stato riportato il limite derivante da calcolo idraulico, quando esso ricade all'esterno di zone coperte da alluvioni recenti; quando invece lo stesso limite è compreso all'interno di queste ultime sono state considerate esondabili, in linea di principio e cautelativamente, tutte le piane di fondovalle corrispondenti a detti depositi.

IX - FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITÀ

Particolare attenzione è stata rivolta al rilevamento e alla cartografia dei movimenti in massa nel territorio del Foglio "Anagni".

Gran parte dei dissesti è legata alle tre diverse tipologie di fenomeni franosi previsti dalla Legenda (crollo, scorrimento e colamento), mentre molto meno estese, ma frequenti, sono le zone interessate da fenomeni di *creep* e soliflusso; sono stati rilevati inoltre diversi fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante.

Nell'intera area di studio, di circa 612 km² di estensione, sono stati rilevati complessivamente 735 fenomeni gravitativi, interessanti una superficie totale di circa 31 km² con una frequenza di 1,2 fenomeni per km²; le aree dissestate costituiscono circa il 5% dell'area totale e presentano estensione media di 4 ha circa (Tab. 7). Talora si rilevano superfici dissestate molto più ampie, per effetto della coalescenza di più fenomeni, di tipo diverso.

I fenomeni in parola assumono notevole rilevanza nel modellamento di varie zone del Foglio "Anagni"; presenti in numero estremamente ridotto in corrispondenza delle due dorsali calcaree, la loro frequenza aumenta rapidamente

Tipo	Numero	Area km ²		Frequenza km ⁻²	Densità x100
		totale	media		
Corpi di frana per crollo	24	0,53	0,027	0,04	0,09
Corpi di frana per scorrimento	233	10,39	0,045	0,38	1,7
Corpi di frana per colamento	334	13,35	0,04	0,55	2,18
Superfici dissestate da soliflusso	127	3,79	0,03	0,21	0,62
Deformazioni gravitative profonde	17	2,93	0,172	0,03	0,48
COMPLESSIVI	735	30,99	0,042	1,2	5,06

Tab. 7: I fenomeni gravitativi nell'area del Foglio "Anagni" (612 km²).

nella depressione tettonica della Valle Latina, in particolare nel tratto centrale del suo versante bordiero sud-occidentale, dove ricade il 25% ed oltre della superficie complessiva interessata da dissesti.

Va precisato che i fenomeni di dissesto in atto, lenti e continui, che interessano i materiali di copertura a prevalente tessitura pelitica, per profondità stimata dal metro ad alcuni metri, noti in letteratura come deformazioni plastiche o deformazioni lente, non essendo previsti in Legenda, sono stati attribuiti, sulla base delle osservazioni protrattesi nel tempo e/o ipotizzandone la futura evoluzione, alle frane di colamento o ai fenomeni di soliflusso.

Tra i depositi superficiali di origine gravitativa rientrano gli accumuli detritici, generalmente posti al piede di scarpate o all'interno di vallecole (Fig. 10a), ma che per lo più regolarizzano i tratti inferiori dei versanti calcarei, cui sono connesse forme diverse della superficie topografica (coni, falde ecc.). Si tratta di materiali a granulometria variabile dai massi ai ciottoli e, in subordine, alle sabbie ed alle argille, ai quali si intercalano, talora, lembi di suolo.

1. - I MOVIMENTI IN MASSA

Gli accumuli di crollo, ubicati alla base di scarpate (di diversa genesi) e/o di livelli intensamente fratturati dei corpi rocciosi a deformazione rigida (calcarei, arenarie e vulcaniti), presentano, di norma, spessore inferiore a 10 metri. In corrispondenza degli affioramenti dei litotipi vulcanici, tali accumuli sono costituiti da blocchi tendenzialmente cubici (con lato di 7-8 m a Sud di Colle Torce, 4 m circa a Valle Ponza, 1-1,5 m a Sud della Selva di Paliano), connessi alla diversa spaziatura delle discontinuità e allo spessore dei livelli litoidi. Spesso il corpo di frana è rappresentato da singoli blocchi rotolati o ribaltati, il cui movimento continua con estrema lentezza per effetto del trasporto passivo legato a deformazioni duttili e/o a scorrimenti le cui zone o superfici di taglio si realizzano nei depositi eluvio-coluviali, a prevalente composizione pelitica, ad essi sottostanti (Fig. 10b).

Condizioni morfodinamiche del tutto analoghe si rilevano anche negli altri corpi rocciosi (calcarei, arenarie), laddove sono presenti discontinuità stratigrafiche (alternanze di livelli a diversa competenza). Sostanziali differenze si riscontrano, però, nelle dimensioni e forme dei materiali coinvolti nel processo di crollo e/o ribaltamento, in conseguenza della diversa stratificazione e della diversa fratturazione: i clasti costituenti i relativi accumuli sono di dimensioni generalmente decimetriche e, in subordine, centimetriche (anche se non mancano del tutto i blocchi). Data la loro limitata estensione e tenuto conto della scala di rappresentazione cartografica, non è stato possibile rappresentare questi accumuli sempre con il relativo simbolo areale; in più casi sono stati usati i corrispondenti simboli puntuali o, in altri casi, i soli simboli lineari relativi alle forme di erosione generate da detti processi (corona di frana per crollo, orlo di scarpata di degradazione).



Fig. 10a: *Intensi processi di degradazione meteorica e caduta di detrito ad Ovest di Supino.*

Nelle aree collinari circostanti gli abitati di Anagni e Ferentino, dove affiorano le successioni torbiditiche, in facies prevalentemente arenacee o arenaceo-pelitiche (ad W e SW di Ferentino), le frane di tipo scorrimento e colamento (talora miste), rappresentano i movimenti in massa più diffusi: impostatisi soprattutto nelle zone di testata delle vallecole, le hanno poi estese per effetto della propria regressione, coinvolgendo nel movimento i livelli arenacei che chiudono (a tetto) la successione sedimentaria.

Movimenti delle porzioni mediane e del piede dei corpi in frana sono a carico di più antichi accumuli di frana o di detrito e/o di coperture colluviali e/o di più o meno spessi lembi alterati del substrato roccioso. È nel settore di passaggio tra materiali di copertura e livelli di alterazione del substrato, che si realizzano di norma i principali piani e/o zone di taglio.

Anche nei luoghi di affioramento delle vulcaniti si rilevano le tipologie dei movimenti in massa sopra menzionati; ma, data la minore energia di rilievo, la frequenza e le dimensioni dei fenomeni sono sensibilmente inferiori a quelle registrate nelle zone precedenti. I pochi scorrimenti rilevati si manifestano verso i tratti



Fig. 10b: Blocchi derivanti da crolli nei livelli litoidi delle vulcaniti.

inferiori dei versanti più acclivi (o di scarpate), prodotti dallo scalzamento al piede operato dall'incisione fluviale. Frane di colamento interessano anche tratti di versante a debole pendenza e si realizzano quasi esclusivamente nei depositi eluvio-colluviali o nelle cineriti più o meno fortemente pedogenizzate.

I principali fattori predisponenti e di controllo della situazione morfodinamica ora descritta sono individuabili nella storia tettonica dell'area in esame e nelle caratteristiche litostrutturali del suo substrato roccioso.

Al primo fattore sono legate le frequenti fratture nei corpi rocciosi e la genesi di significativi dislivelli topografici (l'energia del rilievo presenta valori medio-bassi in assoluto, ma relativamente elevati in relazione alle caratteristiche lito-tecniche dei terreni), cui sono connessi importanti approfondimenti della rete idrografica. La fratturazione, che esercita un forte controllo sui fenomeni gravitativi, generata direttamente dall'attività tettonica nel corso delle fasi compressiva e distensiva, è stata inoltre esaltata da *joints* puramente gravitativi, degradazione meteorica e, a luoghi, dagli effetti dell'intensa antropizzazione.

Il secondo fattore si identifica innanzi tutto nella caratteristica sovrapposizione di corpi rocciosi a deformazione rigida su livelli a deformazione duttile (arenarie su marne; lave su cineriti o argilliti), regolarmente disposti a monoclinale o suborizzontali. A tale assetto strutturale (*s.l.*) sono inoltre strettamente legate le condizioni idrogeologiche dell'area, di fondamentale importanza nell'attivazione e nella evoluzione dei fenomeni franosi; infatti, falde acquifere, ancorché di limitata potenza, generate dal contatto tra litotipi a differente permeabilità, intercettano spesso la superficie topografica, dando luogo a venute d'acqua (emergenze diffuse, punti sorgentizi, stillicidi).

La morfogenesi gravitativa raggiunge, come già detto, la massima estensione e significatività nella fascia compresa tra Sgurgola e Morolo (Fig. 10c), zona di raccordo tra la porzione nord-orientale della dorsale carbonatica dei Monti



Fig. 10c: *Particolare dell'ampio scorrimento a NW di Morolo.*

Lepini e la piana del Fiume Sacco. Questo basso versante presenta media acclività, con quote che diminuiscono progressivamente da 500 m s.l.m. fino a circa 200 m s.l.m.. Il substrato roccioso, di natura prevalentemente pelitico-arenacea, affiora solo localmente, essendo coperto da depositi superficiali eterometrici, immersi in matrice a prevalente componente argillosa e sabbiosa; lo spessore di tali depositi è estremamente variabile, in relazione all'articolata morfologia erosiva che essi hanno regolarizzato (viene stimato in 10-20 m ed oltre). Si tratta di antichi accumuli di frana (di crollo e scorrimento), misti a detriti di versante o da questi suturati, di cui vi sono ancora evidenze nelle zone di distacco; essi si estendono su di una fascia di 1-1,5 km di larghezza e di circa 7 km di lunghezza. Gli affioramenti calcarei diventano evidenti a partire dagli abitati di Sgurgola e Morolo e si sviluppano ampiamente a monte della zona, dove costituiscono l'ampia e complessa struttura dei Monti Lepini.

Per quanto riguarda i fenomeni gravitativi in generale, questa fascia presenta un'elevata instabilità, connessa sia alla componente litologica (alternanze di livelli stratificati a netto contrasto di competenza), sia alla giacitura a debole franapoggio (inclinazione degli strati minore di quella del pendio) delle formazioni affioranti. Un ulteriore elemento di instabilità è rappresentato dalle caratteristiche idrogeologiche dei diversi litotipi (permeabilità elevata per le coperture continentali e i calcari, buona per le unità arenacee, ridotta o nulla per le unità pelitiche), cui è connessa una probabile, significativa, presenza di acqua nel sottosuolo.

Evidenti sono gli scorrimenti, visibili lungo tutto il versante e caratterizzati

dalla presenza di scarpate (anche di diversi metri di altezza) e da vistose ondulazioni e contropendenze; tale configurazione permette di ipotizzare profondità di ordine anche decametrico per i fenomeni più estesi.

Numerosi colamenti, dalla tipica forma allungata, e fenomeni di soliflusso rimobilizzano le coltri detritiche presenti all'interno delle valleciole o sui pendii.

I fenomeni sopra descritti hanno creato e creano periodicamente vistosi danni alla Strada Pedemontana dei Monti Lepini (come in prossimità della località di S. Sebastiano e dell'abitato di Morolo), mentre contenuti appaiono gli effetti sulle abitazioni, per lo più edificate sugli spartiacque dei numerosi fossi che incidono longitudinalmente il versante.

Deformazioni gravitative profonde di versante, essenzialmente connesse ad elevati valori dell'energia di rilievo, all'assetto lito-stratigrafico e tettonico ed all'intensa fratturazione dei corpi rocciosi calcarei, si rilevano in corrispondenza delle scarpate bordiere della Valle Latina o di versanti interni; esse presentano frequenza ed estensione media (Tab. 7) inferiori a quelle degli analoghi fenomeni segnalati in altre aree dell'Appennino centrale (DRAMIS *et alii*, 1995). Gli indizi geomorfologici che ne hanno permesso il riconoscimento sono rappresentati da: trincee e, in subordine, contropendenze, fratture, fessure e variazioni di giacitura degli strati, nelle porzioni medio-alte dei versanti deformati; rigonfiamenti e, talora, presenza di fenomeni franosi nei tratti medio-bassi degli stessi.

Solo in pochi casi è stato possibile effettuare con buona approssimazione la perimetrazione della parte medio-bassa della superficie interessata dal fenomeno; più spesso essa è stata ipotizzata. Tale difficoltà, già intrinseca nelle deformazioni gravitative, è accentuata nell'area di studio dalla diffusa presenza di forme carsiche, che talora obliterano gli elementi gravitativi o non permettono una sicura attribuzione genetica a questi ultimi.

In corrispondenza dell'abitato di Sgurgola, e di un suo ristretto intorno, sono state rilevate e studiate in dettaglio ulteriori e particolari forme del rilievo ed assetti stratigrafici riconducibili a movimenti in massa allo stato di quiescenza o inattivi.

Detto centro abitato è posto su di una placca calcarea calcilutitica (di circa 0,5 km² di estensione e circa 80 m di spessore), discordante con il sottostante substrato torbiditico (in facies prevalentemente pelitico-arenacea) che affiora ai margini e nelle zone più a valle. Verso monte l'apparente continuità con i calcari del fianco nord-orientale dei Monti Lepini, sovrascorsi sulle torbiditi, è interrotta da vistose trincee parallele al versante, la cui relativa "freschezza" rende tuttora ben riconoscibili gli elementi delimitanti caratteristici (scarpate sintetica ed antitetica), nonostante il fondo sia per gran parte suturato da detrito di versante (figura 10a); il dettagliato rilevamento geologico ha messo in evidenza, a valle delle trincee, significative variazioni di inclinazione degli strati calcarei. Inoltre, le osservazioni geomorfologiche hanno permesso di ipotizzare una ulteriore trincea all'interno del nucleo abitato di Sgurgola, in corrispondenza di una contropendenza della superficie topografica; per quest'ultima forma non si dispone di evidenze certe, poiché l'intensa urbanizzazione della zona ne ha probabilmente modificato l'originaria conformazione.

Gli elementi geomorfologici descritti rientrano pienamente in quelli strettamente associati all'azione gravitativa (e/o tettonico-gravitativa); resta problematica però l'attribuzione del fenomeno stesso alle cinematiche tipiche di uno scorrimento traslativo di roccia in blocco (*rock block slide*) oppure a fenomeni di "deformazione gravitativa profonda di versante" descritti come espandimenti laterali (*lateral spreads*) del tipo *deep-seated block slides* (VARNES, 1978; CARRARA *et alii*, 1985; DRAMIS & SORRISOVALVO, 1994). Nel primo caso la placca calcarea sarebbe traslata per pura gravità su una superficie di taglio di neoformazione (o su preesistenti discontinuità tettoniche, legate sia alla fase compressiva che a quella distensiva), realizzatasi essenzialmente all'interno dei litotipi calcarei, andando a sovrapporsi alle unità torbiditiche. Nel secondo caso, invece, la placca calcarea sarebbe stata ribassata, e quindi spostata in avanti rispetto al fronte di sovrascorrimento, dall'azione di una faglia (o di faglie) diretta a basso angolo, listricatasi nei sottostanti, duttili, livelli torbiditici (Fig. 11b). La relativa integrità dell'ipotetico corpo traslato renderebbe la prima ipotesi, pur se possibile, meno probabile della seconda.

I due meccanismi citati trovano piena giustificazione nell'assetto geologico-geomorfologico dell'area, contraddistinto: dalla sovrapposizione di grandi masse rigide, intensamente fratturate, su litotipi a comportamento plastico e da valori molto elevati dell'energia di rilievo (MAHR & NEMCOCK, 1977; GENTILI & PAMBIANCHI, 1994; DRAMIS *et alii*, 1995). L'esposizione del contatto tettonico, permettendo l'estrusione laterale delle argilliti (*squeezing-out*; ZARUBA & MENCL, 1969), derivanti dai lunghi processi di alterazione delle peliti sottostanti, può



Fig. 11a: Veduta panoramica dell'abitato di Sgurgola e del pendio immediatamente a monte (T= trincea).

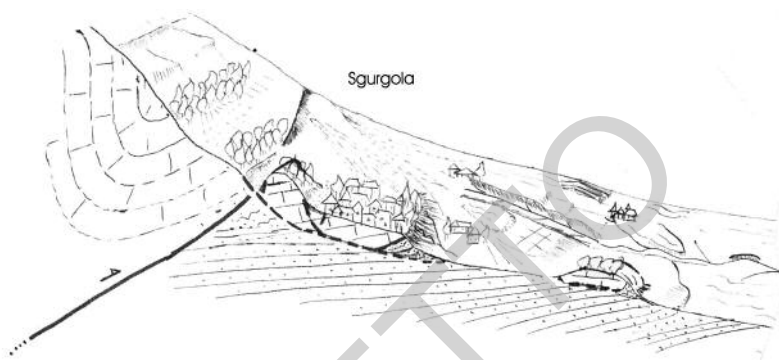


Fig. 11b: Schema interpretativo del fenomeno di deformazione gravitativa profonda di versante presso Sgurgola.

aver indotto nell'ammasso roccioso la genesi di cedimenti differenziali, che hanno esaltato le preesistenti fratture tettoniche e ne hanno generate di nuove (CANCELLI *et alii*, 1987), favorendo l'attivazione dei movimenti in massa.

Il fenomeno descritto è allo stato di quiescenza. Infatti, in occasione dei più intensi e recenti terremoti non sono state osservate riattivazioni degli elementi tettonici e morfologici; inoltre i più antichi manufatti (X secolo), prossimi all'orlo della placca, risultano abbastanza ben conservati.

La massima intensità dei fenomeni deformativi dovrebbe quindi risalire a tempi preistorici, forse pre-olocenici.

Affioramenti di calcari calcilutitici, di estensione e spessore decametrici, si rinvengono anche più in basso (a NW di Sgurgola), in località Cona Camarozza e a Colle Cippo. Si tratta di massi derivanti dallo smembramento della placca di Sgurgola, nel primo sito, e dal tratto del fronte di sovrascorrimento posto immediatamente ad Ovest, nel secondo sito, dove i calcari calcilutitici sono ridotti ad affioramenti esigui per effetto di intensa erosione (*s.l.*). Tali lembi calcarei corrispondono, con ogni probabilità, ai resti di antichi e imponenti accumuli di frana, generati dal trasporto passivo di masse calcaree eterometriche, ad opera di lenti movimenti in massa i cui piani e/o zone di taglio si sono realizzati nel substrato pelitico o nei depositi eluvio-colluviali posti a copertura di esso. Tali "banconi" conservano pressoché intatta la stratificazione, tanto da essere stati classificati, in studi precedenti, come substrato roccioso. Più a valle (Contrada Calanzio) si rilevano inoltre blocchi di dimensioni minori (metriche), dispersi o organizzati in accumuli.

2. - PERICOLOSITÀ PER MOVIMENTI IN MASSA IN UNA ZONA CAMPIONE (a cura di M. Del Monte)

Nell'ambito delle indagini geomorfologiche è stato eseguito lo studio della *pericolosità per movimenti in massa* utilizzando il metodo proposto da DEL

MONTE *et alii* (1999), che ha consentito di ottenere una zonazione dell'area in esame suddivisa secondo i differenti valori di probabilità che tali fenomeni di instabilità geomorfologica si verifichino in un certo luogo.

Nello schema a margine della Carta geomorfologica è stato rappresentato uno stralcio della "Carta della pericolosità per movimenti in massa" relativa al Foglio n°389- Anagni. Esso si riferisce ad una zona di circa 20 km², ubicata nella porzione centro-meridionale del Foglio stesso, le cui caratteristiche morfologiche e morfodinamiche sono assai varie. Vi fanno spicco rilievi carbonatici che superano i 1200 m di quota e digradano verso Nord-Est con pendenze spesso superiori al 50%, i cui processi in atto sono legati essenzialmente all'azione delle acque correnti superficiali o di infiltrazione (processi carsici); verso Nord-Est una netta rottura di pendio concava, posta a 370–380 m s.l.m., mette a contatto i calcari con ampi affioramenti di litotipi arenaceo-argillosi, sormontati da detrito di falda inattivo, dove la gravità svolge un ruolo morfogenetico di primaria importanza, sviluppando frane per scorrimento e colamento molto estese e favorendo l'azione del *creep* e del soliflusso; ancora più a valle, una seconda rottura di pendio delimita la fascia appena citata dall'ampio fondovalle del Fiume Sacco. Infine, la zona raffigurata comprende una limitata striscia del versante opposto (in sinistra del Sacco), che sale con discreta acclività all'inizio, in corrispondenza di affioramenti di litotipi carbonatici modellati da processi di versante, ma passa poi a pendenze minori in corrispondenza dei deboli rilievi ricoperti da cineriti (posti a poco più di 300 m di quota) o delle estese superfici, poste intorno ai 200 m s.l.m., interessate da depositi eluvio-colluviali e travertinosi.

2.1. - METODOLOGIA

Sono stati esaminati i potenziali fattori di instabilità, sia naturali che indotti dall'uomo, mediante un'accurata analisi delle caratteristiche geologiche e dell'uso del suolo, cui è stata affiancata anche un'analisi morfometrica (Fig. 12). Quest'ultima si è incentrata sulla determinazione di alcuni parametri che esprimono sinteticamente le condizioni orografiche, ossia l'energia di rilievo e l'acclività, nonché l'estensione e il grado di organizzazione delle reti idrografiche, espressi rispettivamente dalla densità di drenaggio e da alcune grandezze relative alla gerarchizzazione dei corsi d'acqua (AVENA *et alii*, 1967; CICCACCI *et alii*, 1987). I risultati di queste analisi sono stati evidenziati mediante l'elaborazione e la digitalizzazione di carte tematiche che mettono in luce le variazioni areali dei principali fattori di instabilità individuati.

Congiuntamente è stata eseguita l'analisi dei *fenomeni di dissesto*, definiti con il rilevamento geomorfologico e riportati sugli elaborati cartografici alla scala 1:25.000.

Lo studio comparato dei fattori di instabilità e dei fenomeni di dissesto - risultante dalla "sovrapposizione" delle relative carte tematiche - ha evidenziato che i fattori più importanti (tra quelli considerati) di condizionamento della

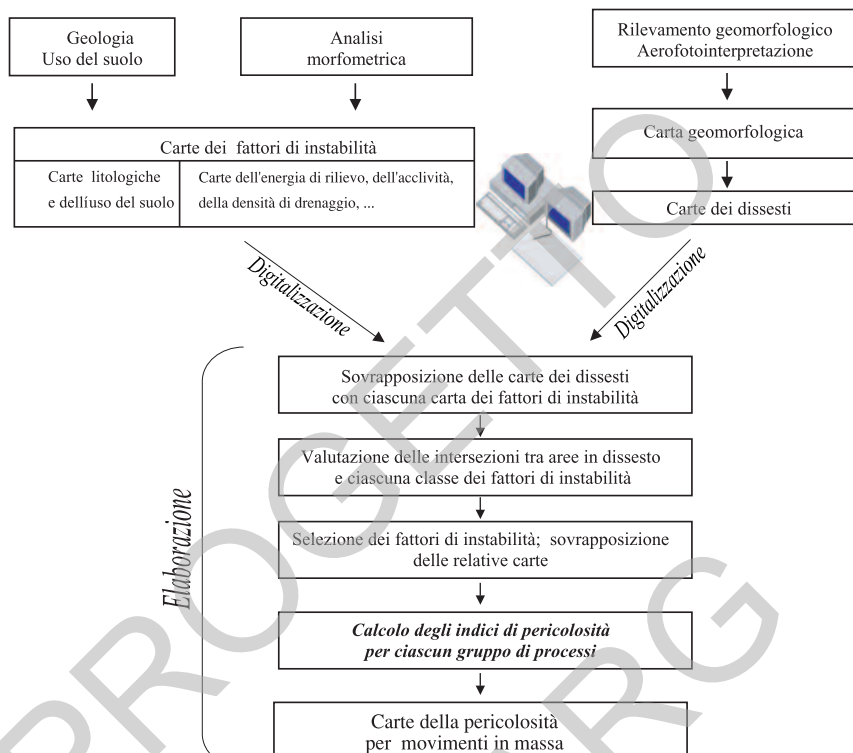


Fig. 12: Diagramma di flusso che illustra schematicamente le varie fasi dell'indagine (tratta da Del Monte et alii, 1999)

distribuzione spaziale dei fenomeni gravitativi sono le caratteristiche litologiche e l'acclività. Inoltre, il metodo utilizzato ha consentito di attribuire i “pesi” di ciascun litotipo e di ciascun intervallo di pendenza sulla distribuzione spaziale di tali fenomeni di instabilità geomorfologica.

Per valutare gli effetti prodotti dalla presenza concomitante dei suddetti fattori di instabilità, le relative carte tematiche sono state sovrapposte contemporaneamente e gli attributi delle diverse classi di fattori sono stati tra loro combinati. In questo modo sono state ottenute I aree che rappresentano tutte le possibili intersezioni tra le diverse classi dei due fattori di instabilità selezionati:

$$a_i = [L_j \cap \bigcap_{k=1}^K P_k] \quad j=1 \quad k=1$$

In base alle condizioni morfodinamiche attuali, il seguente prodotto può considerarsi espressivo della probabilità che un determinato fenomeno di instabilità continui o inizi a manifestarsi in ciascuna delle I aree:

$$Pm(ai) = Am_j/L_j \times Am_k/P_k \text{ con:}$$

ai = area i -esima;

$Pm(ai)$ = indice di pericolosità per movimenti in massa relativo all'area ai ;

$Am_j, Am_k, \dots$ = area interessata da movimenti in massa nelle classi j, k ;

L_j = area di affioramento del litotipo j ;

P_k = area con intervallo di pendenza k .

Naturalmente i valori di Pm variano tra 0 e 1. Il limite inferiore indica che l'area considerata non presenta pericolosità per movimenti in massa; il limite superiore, al contrario, indica che l'intera area è già interessata da movimenti in massa.

2.2. - DISCUSSIONE

La carta prodotta con il metodo descritto è basata su dati quantitativi e permette di identificare aree attualmente soggette, o più o meno predisposte, a subire determinati fenomeni di movimento in massa. I valori di Pm (indice di pericolosità) ottenuti sono stati suddivisi in 5 classi e le aree ai corrispondenti sono state raggruppate in funzione dei valori di Pm .

Osservando lo stralcio rappresentato, si nota che le aree a maggior pericolosità, appartenenti alle prime due classi ($Pm \geq 0,5$ e $0,5 > Pm \geq 0,15$) sono sviluppate lungo una fascia allungata in direzione appenninica, larga all'incirca 1,5 km. Essa è ubicata sul versante destro della valle del Fiume Sacco, e precisamente nella parte posta a quote più basse (perlopiù comprese tra 380 e 180 m s.l.m.), ed è interessata da affioramenti di litotipi arenaceo-argillosi e da detrito di falda antico. I valori di pendenza sono intermedi rispetto a quelli dell'intero territorio rappresentato, e variano tra il 10% e il 50%.

La Carta Geomorfologica mostra che le aree con valori di Pm relativi alla classe a maggiore pericolosità per movimenti in massa ($Pm \geq 0,5$), molto frequenti a quote superiori a 250 m, sono già ampiamente soggette a fenomeni gravitativi. I risultati ottenuti indicano perciò che esiste una elevata probabilità che tali fenomeni (specialmente frane per scorrimento) continuino a manifestarsi laddove sono stati rilevati ed inizino a manifestarsi anche in luoghi dove attualmente non vengono segnalati.

Le aree con valori di Pm appartenenti alla seconda classe, invece, sono più frequenti a quote inferiori a 250 m e sono legate alla presenza di affioramenti di litotipi arenaceo-argillosi. Queste aree sono già oggi piuttosto soggette a movimenti in massa; gli elevati valori di indice di pericolosità ne indicano una notevole predisposizione ad ulteriori fenomeni gravitativi, specialmente frane per colamento.

Le aree con valori di Pm appartenenti alla terza classe ($0,15 > Pm \geq 0,075$) sono diffuse in corrispondenza dei litotipi carbonatici posti sulla sommità dei rilievi più elevati e lungo il versante sinistro della valle del Sacco. Anche in queste aree le pendenze non sono molto elevate, ma a favore dell'instabilità è l'inclinazione degli strati, generalmente concorde con quella del versante. Appartengono a questa classe anche le aree dove affiorano litotipi arenaceo-argillosi e detriti di falda

antichi, prossime al fondovalle e con pendenze piuttosto modeste. Queste aree, appartenenti alla terza classe di pericolosità, hanno una discreta probabilità di sviluppo dei fenomeni gravitativi, specialmente scorrimenti.

I valori relativi alla quarta classe di pericolosità ($0,075 > P_m \geq 0,025$) sono propri di aree a notevole pendenza, che corrispondono a canali ubicati lungo il versante destro della valle del Sacco. La probabilità di sviluppo di movimenti in massa non è elevata (in media è di un ordine di grandezza inferiore a quella delle aree appartenenti alla prima classe), ma la capacità distruttiva potenziale dei fenomeni gravitativi - e in particolare di fenomeni di trasporto in massa - che possono manifestarsi va comunque sottolineata.

Infine, le aree interessate dai valori più bassi dell'indice di pericolosità (quinta classe, $P_m < 0,025$) corrispondono al fondovalle principale e alle distese sub-pianeggianti occupate da cineriti e da depositi eluvio-colluviali, nonché alla ampia fascia del versante destro caratterizzata da valori elevati di pendenza e da affioramenti di litotipi carbonatici. Mentre per le superfici occupate da depositi fluviali, eluvio-colluviali e cineritici la bassissima pendenza svolge un ruolo favorevole alla stabilità, per le superfici a forte pendenza con affioramenti carbonatici la scarsa propensione allo sviluppo di movimenti in massa è dovuta sia alle caratteristiche meccaniche delle rocce carbonatiche, sia all'inclinazione degli strati opposta rispetto a quella del versante. Va tuttavia specificato che, benché poco probabile, un evento franoso che si verifichi lungo queste superfici a forte pendenza potrebbe avere conseguenze catastrofiche per la presenza di centri abitati al piede del versante.

X - CARSISMO E FORME LACUSTRI

Nella geomorfologia del territorio del Foglio "Anagni" il processo carsico assume una importanza notevole, anche se subordinata rispetto a quella di altri processi di modellamento del rilievo, quale responsabile di: numerose forme di erosione, sia ipogee che epigee, nelle porzioni nord-orientale (Monti Ernici) e sud-occidentale (Monti Lepini) dell'area di studio, in corrispondenza degli affioramenti a prevalente componente carbonatica; cospicui depositi di travertino, in facies sabbiosa e/o litoide, sulla sinistra idrografica del Fiume Sacco (quadranti meridionali di Anagni e Ferentino), generalmente intercalati a ghiaie alluvionali e ad argille lacustri, già descritti in precedenza.

Le principali forme legate alla dissoluzione carsica ipogea sono rappresentate da cavità carsiche a sviluppo orizzontale o verticale, in parte individuate nel corso del rilevamento geomorfologico e per la maggior parte desunte da planimetrie messe cortesemente a disposizione dalla Federazione Speleologica del Lazio. Le cavità principali presentano sezione trasversale variabile, in prevalenza rettangolare, triangolare ed ellittica e mostrano sezioni longitudinali particolarmente irregolari in corrispondenza della volta; la loro larghezza massima è di alcuni metri. Esse si sviluppano di norma su dislivelli di 70-90 m, con inclinazione variabile da verticale a suborizzontale, mentre lo sviluppo planimetrico, su varie direzioni, è generalmente di 100-200 m, con un massimo di 4 km per la Grotta Formale, in località Ponte dell'Omo Morto nel Comune di Carpineto Romano.

La dissoluzione carsica epigea ha prodotto forme di dimensioni estremamente variabili (da centimetriche a più che decametriche), distinte in letteratura in *microforme* e *macroforme* (CASTIGLIONI, 1976). Tali forme sono diffuse nelle zone sommitali e, in subordine, nei tratti alti dei versanti calcarei dei Monti Lepini e dei Monti Ernici.

Le forme minori, date essenzialmente da solcature carsiche (*karren*) e pietraie carsiche (*griza*) di tipo e stadio evolutivo diversi, si rinvencono con parti-

colare frequenza in una zona piuttosto estesa posta ad Ovest e a Sud del Lago di Canterno, in una ristretta parte del versante sud-occidentale di Gavignano e a Nord di Carpineto (Fig. 13).

Le macroforme sono rappresentate principalmente da doline a piatto, a ciotola e ad imbuto, il cui fondo è in prevalenza tappezzato da residui della dissoluzione e detriti, con spessore estremamente variabile; dalla loro coalescenza, sono derivate le più estese depressioni a contorno complesso.

Dette forme sono sempre chiuse quando si sviluppano nelle aree sommitali dei rilievi, mentre quando sono scolpite sui versanti risultano talora aperte sul lato di valle. Le prime hanno estensioni generalmente comprese tra 0,5 e 1 ha e profondità inferiori ai 10 m; le seconde mostrano estensioni di 0,1-0,2 km² e profondità di 10-20 m.

Le citate forme carsiche hanno la massima diffusione nell'area dei Monti Lepini, ma presenze significative si riscontrano anche nei Monti Ernici; nell'intera area di studio ricorrono con una frequenza di circa 0,34 km⁻².

Meno diffuse delle precedenti sono altre macroforme, quali le superfici spianate (frequenza 0,04 km⁻²), la cui estensione è di norma inferiore a 0,1 km²; le più estese (fino a circa 0,2-0,3 km²) si osservano tra Guarcino e Torre Caietani.

Le valli chiuse sono rarissime (due), mentre frequenti risultano essere le valli secche (0,25 km⁻²), per lo più impostate su discontinuità tettoniche che ne condizionano ancora, oltre all'orientamento, l'approfondimento nel substrato. L'influenza strutturale su queste ultime forme sembra piuttosto chiara, visto che esse mostrano andamento tra loro parallelo e congruente con il sistema di fratturazione tettonica ricorrente nell'area.



Fig. 13: Pietraia carsica a Nord di Carpineto Romano.

Forme di dimensioni maggiori, corrispondenti a depressioni tettoniche (cfr. cap. VII) rielaborate dal carsismo, e in particolare dalla *corrosione marginale*, interpretabili quindi come *polje*, sono state rilevate in due casi nel settore meridionale della Valle Anticolana (Conca di Canterno). In località Valcagnano, a Sud di Trivigliano, si osserva una depressione dalla forma pressoché rettangolare, di circa 1 km di lunghezza e 350 m di larghezza, aperta sul solo bordo sud-orientale, delimitata da versanti poco estesi e ripidi, il cui fondo, suborizzontale, è occupato in prevalenza da prodotti di alterazione. Poco a Sud, in località Canterno, si rileva un altro *polje*, più esteso (5-6 km²), dalla forma quasi trapezoidale, la cui porzione occidentale è occupata dall'omonimo Lago, mentre nella parte centrale sono presenti zone palustri di limitata estensione; i versanti bordieri risultano fortemente rielaborati da processi fluvio-denudazionali, tanto che l'originario bordo è riconoscibile soltanto in alcuni tratti limitati.

1. - DEPRESSIONI E DEPOSITI DI ORIGINE LACUSTRE

Nell'area di studio si rileva un solo bacino lacustre attivo: quello del Lago di Canterno (Fig. 14). Per la valle del Sacco, nel tratto compreso tra Anagni e Frosinone, oltre ai depositi lacustri pleistocenici intercalati ad alluvioni ghiaiose e/o travertini, sulla base di studi storico-archeologici è stata indicata la presenza (con relativa ubicazione) di piccoli bacini lacustri, di profondità ridotta ed estensione variabile (generalmente inferiore ai 2 km²), che hanno completamente cessato di funzionare nei secoli XVII e XVIII. Estese erano anche le zone palustri e quelle inondate per periodi effimeri, in relazione alla particolare circolazione idrica nei massicci carsici e/o al regime pluviometrico (SEGRE, 1987).



Fig. 14: Veduta panoramica della conca di Fiuggi e del Lago di Canterno.

La loro scomparsa è da collegare al colmamento dei bacini da parte di cospicui depositi, prima lacustri e poi colluviali, generati, con ogni probabilità, dall'antropizzazione dei versanti circostanti, particolarmente intensa nell'area a partire dall'età rinascimentale. L'ulteriore "regolarizzazione" delle depressioni è stata operata dalle consistenti trasformazioni intervenute successivamente, legate ad opere di bonifica finalizzate alla messa a coltura delle stesse zone. Il rilevamento geomorfologico non ha quindi permesso di riconoscere in tali siti, salvo che in un caso, le forme originarie.

Nella zona circostante Osteria della Fontana (circa 1,5 km a SW di Anagni, intorno al km 62 della Via Casilina) si nota una depressione a fondo piatto (estesa per circa 0,5 km²) allungata in direzione Nord-Sud, delimitata, ad eccezione del lato a monte, da depositi di travertino in facies litoide debolmente rilevati; la vallecchia risulta aperta sul lato meridionale da una stretta incisione. Tale depressione, oggi caratterizzata da drenaggio temporaneo, ha ospitato fino a tempi recenti le acque di un lago, denominato Bassano (anticamente Chiarano o Clarano), che già nel secolo XVII era in via di estinzione, tanto che lo specchio d'acqua esisteva soltanto in alcuni periodi ed era limitato alla zona posta a valle della Via Casilina e solo raramente si estendeva anche a monte (CATASTO CHIGI, 1660-1668; SEGRE, 1987).

La genesi di questo lago è da associare allo sbarramento di una più ampia vallecchia, operato dalla deposizione di travertino; mentre nella sua scomparsa, oltre a quanto detto poco sopra, dovrebbe aver svolto un ruolo non secondario l'abbassamento della soglia, per intensa erosione regressiva. In questo tratto (località Mola del Lago), infatti, l'emissario scorre oggi incassato tra banconi di arenarie e travertino, dove sono tuttora presenti i resti di un antico molino di poco sospeso sull'attuale *talweg*.

Il fondo della conca di Canterno (tratto meridionale della Conca di Fiuggi) è contraddistinto da una piana, appena articolata da depressioni a contorno irregolare e da vallecchie, la cui ampiezza si va progressivamente riducendo verso Est (forma planimetrica quasi trapezoidale). Il raccordo con i versanti è dato da superfici piatte e poco inclinate o blandamente concave; in più tratti però, soprattutto presso il bordo sud-orientale, il raccordo piana-versante è dato da nette rotture di pendio concave o da scarpate scolpite nei litotipi calcarei. Alla base di queste ultime, verso l'estremità sud-orientale della piana, si rilevano tre inghiottitoi, attivi fino a tempi recenti; un quarto inghiottitoio, il maggiore, è ubicato sul fondo del Lago di Canterno, che occupa l'estrema porzione sud-occidentale della conca.

Per la corretta attribuzione genetica dei depositi della piana, sono stati eseguiti alcuni sondaggi geognostici i cui risultati possono essere così sintetizzati: a) suolo agrario (40-50 cm); b) depositi colluviali a tessitura limoso-argillosa, di colore marrone-rossastro, contenenti concrezioni e spalmature carbonatiche e, talora, intercalazioni di sabbie nerastre, il cui spessore varia tra 5 e 7 m lungo l'asse maggiore della piana, mentre è di gran lunga inferiore in corrispondenza degli avvallamenti della superficie topografica; c) depositi lacustri, costituiti da limi e argille-siltose, di colore grigio-scuro o nerastro, con rare intercalazioni

sabbiose (spessore di 15 m ed oltre). Alla profondità di 8 m dal piano di campagna, nel corpo dell'unità c, è stata rinvenuta una spalmatura di materiale torboso sottostante ad un sottile livello sabbioso contenente piccoli frammenti di prodotti vulcanici; la datazione del sedimento ha fornito un'età maggiore di 36350 yr B.P. (BETA INC., Florida, USA).

I dati esposti hanno permesso di associare, come già detto, tale ampia depressione ad un antico *polje*, in parte rimodellato da processi e depositi di versante, la cui attività è terminata con l'estinzione del relativo lago (lago di *polje*).

In documenti cartografici del XVII sec., l'idrografia della conca di Canterno è rappresentata essenzialmente da due laghetti posti sul suo margine settentrionale, drenati direttamente o tramite brevi emissari da inghiottitoi.

La comparsa dell'attuale Lago di Canterno (circa 1,1 km² di estensione, profondità massima di 35 m circa, volume di acqua circa 13.700.000 m³) risale ai primi decenni del XIX secolo. Il lago non è infatti presente nella mappa catastale del 1778, quando il Fosso del Diluvio immetteva le proprie acque nella grotta di Bocca di Muro, detta anche Sgolfo (o Grotta dei Canonici); al drenaggio pare che contribuì, inoltre, nei periodi di massima alimentazione meteorica, anche la grotta posta al piede del versante occidentale di M. Corniano. L'area oggi occupata dal lago era tutta coltivata, ad eccezione della zona più depressa circostante l'inghiottitoio. Il Pertuso (a forma di porta alta circa 2,5 m e larga circa 1,5 m), che drenava le acque del versante settentrionale di M. Maino.

Tale configurazione si è mantenuta fino al 1816, anno in cui si verificò la prima ostruzione dello Sgolfo e il Fosso del Diluvio prolungò quindi il suo percorso, superando la stretta di Corniano, fino ad immettere le proprie acque nella conca di Canterno, dando luogo ad un primo episodio lacustre di breve durata (dato che lo Sgolfo fu ripulito). Ostruitosi lo Sgolfo una seconda volta, nel 1821, e non più riattivato, le acque raggiunsero di nuovo Il Pertuso; la progressiva chiusura di quest'ultimo, legata ad un significativo aumento del trasporto solido fluviale connesso agli importanti dissodamenti effettuati in quel periodo, portò rapidamente alla formazione del lago nelle dimensioni attuali (1825). Sembra che in tale processo non sia stata estranea l'opera dell'uomo.

L'aumento della pressione idrostatica dovuto all'innalzamento del livello dell'acqua produceva però, ad intervalli irregolari, lo sfondamento del diaframma, e quindi lo svuotamento del bacino, finché nuovi materiali detritici non lo ricostituivano. Si formò così un lago intermittente, le cui scomparse (di durata da pochi giorni a parecchi mesi) pare siano state dodici, delle quali l'ultima nel 1923 (DE AGOSTINI, 1898; CREMA, 1921; RICCARDI, 1925).

Nel 1942 il lago venne prosciugato per la costruzione di una condotta artificiale in galleria (2 km di lunghezza), al fine di utilizzare a scopi idroelettrici le acque lacustri, sfruttando un dislivello di circa 300 m, nella Centrale di Canterno, ubicata presso il margine nord-orientale della piana del Sacco (località La Foresta, Comune di Ferentino). L'impermeabilizzazione de Il Pertuso ha portato alla formazione di un lago perenne.

L'attuale livello del lago è legato, oltre che agli immissari naturali, ad una

rete di condotte artificiali che, tramite apposito sistema di pompaggio, vi versano le acque che si raccolgono in alcune delle depressioni circostanti, isolate dallo specchio d'acqua; tali piccole depressioni in passato venivano drenate dagli inghiottitoi ubicati verso l'estremità sud-orientale della conca. Altri e più importanti contributi idrici sono rappresentati dalle acque prelevate, con lo stesso sistema, dal limitrofo bacino del Fiume Cosa.

XI - FORME DOVUTE AD ATTIVITÀ ANTROPICHE

La presenza dell'uomo nell'area in esame risale in qualche misura all'età preistorica ed è stata certamente significativa nel periodo protostorico (SEGRE, 1987), ma ha contribuito sensibilmente all'evoluzione del paesaggio soltanto nell'Olocene recente. È infatti in epoca romana, nel medioevo e soprattutto nel rinascimento che l'antropizzazione consistita nella grande diffusione di attività agro-silvo-pastorali, ha generato condizioni di "resistasia" e ha contribuito così alla ridefinizione del paesaggio, specialmente nei suoi elementi secondari.

I nuclei urbani più significativi, che hanno iniziato a svilupparsi dal medioevo, sono stati di preferenza ubicati sui rilievi degli Ernici e dei Lepini e, in subordine, sulle colline prospicienti la depressione valliva centrale. In tali scelte, dettate da motivazioni diverse, dovrebbe aver rivestito un ruolo non secondario la presenza delle estese zone umide (generalmente malsane) della Valle del Sacco.

Le radicali modificazioni dell'assetto idrografico verificatesi negli ultimi secoli e le mutate condizioni socio-economiche dell'area di studio, come di gran parte dell'Italia, hanno favorito il forte sviluppo degli insediamenti abitativi e industriali nella zona di fondovalle, sottraendo all'agricoltura i territori ad essa più fortemente vocati.

Le cosiddette "forme antropiche" riconosciute e cartografate, in osservanza a quanto previsto dalla Legenda ufficiale (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1994), ammontano complessivamente a poco meno di 200 (frequenza 0,31 km⁻²).

Le forme prevalenti sono connesse all'attività estrattiva, già iniziata e sviluppata in passato, essenzialmente in corrispondenza dei livelli litoidi di travertino, per la edificazione dei più antichi manufatti dell'area in esame (SEGRE, 1987). Attualmente sono attive 49 cave, soprattutto a carico delle unità carbonatiche; sono state inoltre riconosciute 29 cave abbandonate, ma il loro numero sarebbe stato ben maggiore (come risulta da diverse e concordanti testimonianze orali) se gli elementi caratteristici di tali siti non fossero stati oblitterati dall'ulteriore e dif-

ferente opera dell'uomo.

In diverse zone, di estensione generalmente limitata, non molto favorevoli all'attività agricola, si rilevano ancora testimonianze di tale passata attività (versanti con terrazzamenti a muretti o a scarpate). I siti degradati per intensa attività pastorale o per diboscamento sono, invece, molto ridotti nel numero e nell'estensione, o comunque sono più difficilmente riconoscibili.

XII - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO

I dati fin qui esposti, acquisiti con i rilevamenti o derivati dalle fonti bibliografiche citate, permettono di delineare per l'area del Foglio "Anagni" un quadro attendibile, anche se non esaustivo, della sua evoluzione geomorfologica.

Nel Pliocene inferiore, per effetto degli intensi sollevamenti connessi alla fase tettonica compressiva, si sono realizzate le più significative emersioni dell'area, già sporadicamente iniziate nel Messiniano, che hanno determinato la strutturazione di un "paleo- paesaggio" a debole energia di rilievo. Nelle sue zone più depresse si è progressivamente impostato un primitivo reticolo idrografico, caratterizzato da ampi valloni degradanti verso una depressione tettonica centrale, o verso depressioni minori che si andavano delineando.

Tale antico paesaggio è stato articolato dalla tettonica distensiva quaternaria, che ha prodotto, tramite dislocazioni di vario ordine, diversi alti e bassi strutturali, portando al completamento delle principali morfostrutture e alla suddivisione di queste in strutture minori; essa ha indotto anche un importante approfondimento del reticolo idrografico. Il principale risultato di tali vicende tettoniche era rappresentato, con ogni probabilità, da un'ampia fascia centrale, ad orientamento appenninico, nella quale un alto strutturale antiappenninico (circa in corrispondenza dell'attuale Sgurgola) delimitava due depressioni a drenaggio opposto: dell'"alto Sacco" verso N-W e del "medio Sacco" verso S-E.

Con il colmamento della depressione nord-occidentale ("alto Sacco"), operato essenzialmente dalle vulcaniti del Distretto dei Colli Albani (Pleistocene medio), venne di fatto eliminata la soglia spartiacque fra i due bacini e l'intero drenaggio dell'area si sviluppò da NW verso SE. Quasi certamente, in tale fenomeno svolge un ruolo non secondario l'erosione regressiva del "paleo-Sacco" di valle ("medio Sacco").

La successione degli eventi deposizionali quaternari verificatisi in questi tratti del fondovalle del Sacco si colloca nel contesto della più generale evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica dell'intera Valle Latina. In particolare, esistono forti analogie e sicuri collegamenti fra la parte qui considerata e la restante porzione sud-orientale della Valle Latina.

Dall'interpretazione dei dati ottenuti con la presente indagine e dalle ricerche bibliografiche citate, nel tratto sud-orientale dell'area di studio è possibile identificare un bacino lacustre pleistocenico, esteso in larghezza pressappoco dal piede dei conoidi di Morolo e Supino fino ai bordi meridionali dei depositi travertinosi della piana di Ferentino e in lunghezza, almeno dalla confluenza del Torrente Alabro con il Fiume Sacco a NW fino ai bordi della piana a SE, in prossimità dell'attuale abitato di Ceccano; qui probabilmente esisteva una soglia di origine strutturale che separava il bacino in parola dal Lago Lirino.

Naturalmente, dislocazioni tettoniche sono state determinanti nel favorire i processi di deposizione dei travertini e nell'orientarne la disposizione spaziale.

In sintesi, si può ipotizzare che al momento del ritiro del mare (fine del Pliocene, inizio del Pleistocene) nella Valle Latina fossero presenti tre principali bacini lacustri: il bacino di Anagni, il bacino di Frosinone e il bacino del Lago Lirino, articolati in diversi bacini minori. La loro età diminuiva, anche se non di molto, passando da monte verso valle; il bacino del Lago Lirino, non ancora completamente emerso, doveva allora funzionare come una zona lacustre/palustre/costiera.

Anche se la sedimentazione di tipo lacustre e/o fluvio-lacustre è continuata, su limitate parti di tali bacini, fino a tempi storici, la più importante fase di colamento dei bacini quaternari può essere collocata tra il Pleistocene medio e il Pleistocene superiore. Tale fase è strettamente legata all'attività vulcanica dell'area (media e alta valle del Sacco) per i bacini di Anagni e (in subordine) Frosinone, mentre l'estinzione del Lago Lirino viene essenzialmente associata ai sedimenti trasportati dai corsi d'acqua immissari e all'azione di erosione di soglia operata dai Fiumi Liri-Garigliano.

La presenza e l'evoluzione di bacini lacustri su ampi tratti di fondovalle ha fortemente condizionato la dinamica fluviale del Sacco e dei suoi principali affluenti. Infatti la mancanza di un vero e proprio terrazzamento dei depositi alluvionali indica l'assenza di processi di incisione lineare in questi settori della valle. Le granulometrie stesse dei depositi alluvionali più antichi, descritti da DEVOTO (1965) nella vicina Valle del Liri, costituite da ghiaie più o meno grossolane e sabbie argillose molto simili alle alluvioni attuali di fondovalle osservate nella Valle del Sacco, consentono di ipotizzare anche per l'area di studio un progressivo "incassamento" dei depositi più recenti in quelli più antichi e solo in pochi casi un vero "ricoprimento" di questi ultimi. Le limitate forme di incisione lineare riconoscibili attualmente sembrano legate esclusivamente ad approfondimenti fluviali realizzatisi in epoche recenti e storiche.

Gli estesi depositi di travertino e le diffuse forme di dissoluzione (soprattutto epigee), denotano la notevole importanza rivestita dai processi carsici nel modellamento dell'area di studio, mentre i processi gravitativi assumono grande rilevanza morfologica soltanto in alcune sue parti più limitate.

Infine, nel modellamento del paesaggio ha assunto un importante ruolo, anche se subordinato rispetto a quello degli altri agenti della morfogenesi, l'azione dell'uomo, non solo per le forme ad essa direttamente connesse, ma anche e soprattutto per le condizioni di "resistasia" associate alla sua crescente presenza nel territorio esaminato.

XIII - ASPETTI DI INTERESSE APPLICATIVO

La conoscenza approfondita delle caratteristiche geografiche, geologiche, morfologiche, idrogeologiche e climatiche di un territorio è di primaria importanza per la progettazione, l'organizzazione e la gestione dello stesso. Tali caratteristiche, infatti, sono in vario modo responsabili di eventuali situazioni di alta "pericolosità geomorfologica" (vedi Cap. IX.2) e, comunque, possono rappresentare condizionamenti o limiti talora invalicabili alla realizzazione di opere di ingegneria civile (COOKE & DOORNKAMP, 1974; PANIZZA, 1988; DRAMIS, 1989; EMBLETON *et alii*, 1989; LUPA PALMIERI, 1998).

L'analisi geomorfologica di dettaglio (compendiata in elaborati cartografici), che ha fornito i dati indispensabili per la ricostruzione di un attendibile quadro morfogenetico dell'area di studio e per la formulazione di ragionevole previsioni sulle sue tendenze evolutive future, rappresenta pertanto uno strumento di grande interesse anche dal punto di vista applicativo.

In particolare, dalla Carta geomorfologica possono essere direttamente desunti, o derivati, aspetti geoambientali e processi (passati, in atto o potenziali) capaci di determinare condizioni di "rischio" per persone, manufatti, beni culturali, ecc. È ovvio, però, che alcuni rischi devono essere valutati prendendo in considerazione ambiti territoriali più vasti dell'area in esame, poiché questa potrebbe risentire degli effetti di eventi originatisi in aree più o meno lontane (come nel caso dei terremoti o delle eruzioni vulcaniche).

In un territorio come quello del Foglio "Anagni", contraddistinto da una frequente sismicità (ed intensa attività vulcanica pleistocenica), dalla presenza di zone ad elevata energia di rilievo, dal verificarsi di eventi meteorologici estremi, i fenomeni di maggiore pericolosità sono di tipo geologico (attività sismica) e di tipo più strettamente geomorfologico (movimenti in massa ed esondazione fluviale).

Riguardo al primo tipo di pericolosità, l'analisi morfotettonica, insieme agli studi geologico-strutturali, ha evidenziato l'esistenza di diverse faglie quaternarie con forti indizi di attività recente, alle quali non sembra, però, associata

attività sismica intensa e/o ricorrente nell'area di studio; queste ultime condizioni si rilevano invece a Nord-Ovest (nei Colli Albani) e ad Est (area di Alatri, Sora, Isola del Liri, Veroli ed Alvito) (BOSCHI *et alii*, 1995). I dati acquisiti costituiscono una buona base per l'avvio di studi specifici, mirati a valutare la pericolosità sismica dell'area, cioè a stimare la probabilità che avvengano determinati eventi sismici. I valori della pericolosità sismica dovranno poi essere messi in relazione con le opere umane e i beni ambientali presenti nel territorio, al fine di valutare il "rischio sismico". In questo ambito, i dati geomorfologici saranno particolarmente utili per la definizione degli effetti dovuti allo scuotimento del terreno ("effetti di sito").

Di genere e grado diversi sono le condizioni di pericolosità connesse agli elementi geomorfologici riconosciuti con la presente indagine. Per gli elementi puntuali, lineari e areali contraddistinti da alti valori dell'acclività (picco roccioso, scarpata ecc.) la pericolosità è essenzialmente rappresentata dal probabile innesco di processi a rapida evoluzione (crolli e/o ribaltamenti, caduta di detriti), cui sono connessi problemi gestionali di non facile soluzione.

Oltre ai crolli appena citati, gli eventi a più alta pericolosità sono i movimenti in massa (sia superficiali che profondi) ad evoluzione generalmente lenta, o molto lenta e discontinua.

Anche gli accumuli detritici possono essere talora mobilitati con cinematiche diverse e complesse, a seconda della loro tessitura, dell'eventuale statificazione e/o cementazione, della presenza di copertura vegetale, dell'esistenza di tagli naturali o antropici. La pericolosità maggiore, data la rapidità dei fenomeni, è connessa alla loro possibile evoluzione in colate di detrito (*debris flow*), in occasione di precipitazioni particolarmente intense, o in valanghe di detrito (*debris avalanche*). Particolare attenzione va pertanto riservata a detti accumuli e ai siti posti a valle delle zone in cui più facilmente si possono attivare tali processi.

Un gran numero di osservazioni effettuate in occasione di eventi sismici ha evidenziato, in molte regioni, l'attivazione o la riattivazione di movimenti in massa, di dimensioni e tipologie diverse a seconda delle caratteristiche degli eventi sismici e delle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei versanti interessati. Ma i rapporti tra fenomeni gravitativi e terremoti non appaiono né semplici né immediati. In generale, si può soltanto affermare che, a parità di condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche, esiste una diretta relazione tra l'intensità dei terremoti e la frequenza e le dimensioni dei fenomeni franosi. Nonostante la grande difficoltà (o la impossibilità) di prevedere il comportamento delle singole frane in occasione di terremoti, ai fini pratici appare opportuno considerare (in prima approssimazione) i fenomeni franosi in aree sismiche come potenzialmente riattivabili o suscettibili di significativa intensificazione.

La pericolosità geomorfologica nei fondovalle dei corsi d'acqua principali (Fiume Sacco, Torrente Alabro) riguarda essenzialmente i fenomeni di esondazione, mentre in corrispondenza della rete idrografica minore prevalgono rapidi processi di erosione.

Frequenti su substrati argillosi sono i fenomeni di accentuato dilavamento, che possono localmente intensificarsi fino a condurre alla progressiva eliminazione della copertura vegetale e del suolo. Tali fenomeni possono dare luogo, inoltre, a episodi di impaludamento anche in corrispondenza di assi viari e zone urbanizzate.

I depositi alluvionali terrazzati danno luogo a condizioni di stabilità dei versanti; mentre ai depositi colluviali, generalmente contraddistinti da scadenti caratteristiche fisico-meccaniche, sono di norma associate precarie condizioni di equilibrio dei versanti stessi. Modificazioni antropiche, anche limitate, della superficie topografica e/o la presenza di falde acquifere poco profonde, possono comportare l'attivazione di processi di dissesto (fortemente intensificati da scosse sismiche di grado elevato).

La pericolosità geomorfologica in ambiente carsico è essenzialmente di tipo idrogeologico: l'elevata permeabilità che contraddistingue le zone carsificate attiva la rapida circolazione sotterranea delle acque, creando condizioni favorevoli all'eventuale inquinamento delle falde acquifere. Nelle zone con carsismo ipogeo fortemente sviluppato possono verificarsi, anche in superficie, fenomeni di crollo.

Quanto sopra detto non può essere certo considerato sufficiente per una corretta ed attenta pianificazione e gestione dell'area di studio. In ogni caso sono necessari approfondimenti delle indagini geologico-tecniche (sondaggi geognostici, monitoraggio ecc.) che portino alla localizzazione delle zone più "sensibili", alla precisa perimetrazione delle stesse (con cartografia in scala adeguata), alla loro schedatura, alla modellizzazione e alla valutazione dei livelli di rischio.

Considerata la notevole massa di dati contenuti nella Carta geomorfologica di base, che ne rende complessa l'interpretazione integrata, è consigliabile produrre (utilizzando tali dati) carte tematiche e carte derivate di più immediata lettura (BOSI, 1978; BOSI *et alii*, 1985; DEL MONTE *et alii*, 1999).

BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI B., ANGELUCCI A. & SIRNA G. (1967) - *Note illustrative alla carta geologica d'Italia foglio n° 159 (Frosinone) e n° 160 (Cassino)*. Serv. Geol. d'Italia, Roma, 72 pp.
- ACCORDI B., ANGELUCCI A., AVENA G.C., BERNARDINI F., BONI C.F., BRUNO F., CERCATO M., COPPOLA B., FIORE G., FUNICIELLO R., GIGLIO G., LA MONICA G.B., LUPA PALMIERI E., MATTIOLI B. & PAROTTO M. (1969) - *Idrogeologia dell'alto bacino del Liri (Appennino centrale)*. Geol. Rom. **8**: 177-378.
- ACCORDI G., CARBONE F., CIVITELLI G., CORDA L., DE RITA D., ESU D., FUNICIELLO R., KOTSAKIS T., MARIOTTI G. & SPOSATO A. (1988) - *Note illustrative alla carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo e delle aree limitrofe*. Quad. Ric. Scient., **114**: 93-168.
- ACOCCELLA V., FACCENNA C. & FUNICIELLO R. (1996) - *Elementi strutturali della media Valle Latina*. Boll. Soc. Geol. It., **115**: 501-518.
- ALBERTI U., BERGOMI C., CATENACCI V., CENTAMORE E., CESTARI G., CHIOCCHINI M., CHIOCCHINI U., MANGANELLI V., MOLINARI-PAGANELLI V., PANSERI-CRESCENZI C., SALVATI L. & TILIA-ZUCCARI A. (1975) - *Note illustrative del Foglio 389 Anagni*. Serv. Geol. d'Italia, L.A.C., Firenze, 42 pp.
- ALBERTI U., BERGOMI C., CATENACCI V., CENTAMORE E., CESTARI G., CHIOCCHINI M., CHIOCCHINI U., MANGANELLI V., MOLINARI-PAGANELLI V., PANSERI-CRESCENZI C., SALVATI L. & TILIA-ZUCCARI A. (1975) - *Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000, F.389 Anagni*. Serv. Geol. d'Italia, L.A.C., Firenze.
- ANGELUCCI A. (1966) - *La serie miocenica nella media Valle Latina (FR)*. Geol. Rom., **5**: 425-452.
- ANGELUCCI A., CIVITELLI G., BROTZU P., MORBIDELLI L., & TRAVERSA G. (1974) - *Il vulcanismo pleistocenico della media Valle Latina (Lazio). Caratteristiche petrografiche e geologiche dei principali affioramenti lavici*. Geol. Rom., **13**: 83-123.
- AVENA G.C., GIULIANO G. & LUPA PALMIERI E. (1967) - *Sulla valutazione quantitativa della gerarchizzazione ed evoluzione dei reticoli fluviali*. Boll. Soc. Geol. It., **86**: 781-796.
- BAGNOULS F. & GAUSSEN H. (1957) - *Les climats écologiques et leur classification*. Ann. de Géogr. **LXVI**, **355**: 193-220.
- BASILONE P. & CIVETTA L. (1975) - *Datazione K/Ar dell'attività vulcanica dei M.ti Ernici (Lazio)*. Rend. Soc. It. Min. e Petrol., **31**: 175-179.
- BERGOMI N. & NAPPI G. (1972) - *Su alcune vulcaniti dell'alta e media valle del fiume Sacco (Lazio meridionale)*. Boll. Serv. Geol. d'It., **92**: 47-72.
- BISCI C. & DRAMIS F. (1991) - *Il concetto di attività in geomorfologia*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **14** (2): 193-199.
- BISCI C. & FAZZINI M. (1997) - *Analisi statistica delle condizioni pluviometriche del bacino dell'Aniene in funzione di parametri morfometrici*. Convegno sull'Aniene, Subiaco 11-13 Dicembre 1997, Riassunti.
- BOSCHI E., FERRARI G., GASPERINI P., GUIDOBONI F., SMRIGLIO G. & VALENSISE G. (1995) - *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a C. al 1980*. Istituto Nazionale di Geofisica., SGA, 973 pp.
- BOSI C. (1978) - *Considerazioni e proposte metodologiche sulla elaborazione di carte della stabilità*. Geol. Appl. e Idrog., **13**: 245-281.
- BOSI C., DRAMIS F. & GENTILI B. (1985) - *Carte geomorfologiche di dettaglio a indirizzo applicativo e carte di stabilità su base geomorfologica*. Geol. Appl. e Idrog., **20**: 53-62.
- CANCELLI A., PELLEGRINI M. & TOSATTI G. (1987) - *Alcuni esempi di deformazioni gravitative profonde di versante nell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **39**: 447-466.

- CARRARA A., D'ELIA B. & SEMENZA E. (1985) - *Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi*. Geol. Appl. e Idrogeol., **20**, (2): 223-243.
- CASTIGLIONI G.B. (1976) - *Geomorfologia*. UTET, Torino, 436 pp.
- CATASTO CHIGI O ALESSANDRINO (1660-1668) - In: A. P. FRUTAZ (1972) - *Le carte del Lazio*. Roma, 58-63.
- CAVINATO G.P., CERISOLA R., SIRNA M. & STORONI RIDOLFI S. (1990) - *Strutture compressive e pellicolari e tettonica distensiva dei Monti Ernici sud-occidentali (Appennino Centrale)*. Mem. Soc. Geol. It., **45**: 539-553.
- CAVINATO G., SVEVA C. & SIRNA M. (1993) - *Geometrie ed evoluzione del settore centrale della catena simbruino-ernica (Lazio, Appennino Centrale)*. Geol. Rom., **29**, 435-453.
- CICCACCI S., FREDI P., LUPA PALMIERI E. & PUGLIESE F. (1987) - *Indirect evaluation of erosion entity in drainage basins through geomorphic, climatic and hydrological parameters*. In GARDINER V. (Ed), *International Geomorphology*, II, Wiley, Chichester, 33-48.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1993) - *Le "Arenarie di Torrice": un deposito di bacino di piggy-back del Messiniano dell'Appennino Centrale*. Boll. Soc. Geol. It., **112**: 497-505.
- CIVETTA L., INNOCENTI F., MANETTI P., PECCERILLO A. & POLI G. (1981) - *Geochemical characteristics of potassic volcanics from Mts. Ernici (Southern Latium, Italy)*. Contrib. to Miner. and Petr., **78**: 37-47.
- COLTORTI M., CONSOLI M., DRAMIS F., GENTILI B & PAMBIANCHI G. (1991) - *Evoluzione geomorfologica delle piane alluvionali delle Marche centro-meridionali*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **14** (1): 87-100.
- CONRAD V. & POLLACK L.W. (1950) - *Methods in climatology*. Harward University Press, Cambridge (MS) 459 pp.
- COOKE R.U. & DOORNKAMP J.C. (1974) - *Geomorphology in environmental management*. Clarendon Press, Oxford, 413 pp.
- CORDA L., DE RITA D. & SPOSATO A. (1979) - *Rinvenimento di alcune piroclastiti freatomagmatiche nella media Valle Latina*. Rend. Soc. Geol. It., **2**: 65-68.
- CREMA C. (1921) - *La conca di Fiuggi nell'Appennino romano*. Boll. Regio Comitato Geologico d'Italia, **XLVIII** (1):1-46.
- DAMIANI A.V (1991) - *Studi sulla piattaforma laziale abruzzese . Nota 1^a. considerazioni e problematiche sull'assetto tettonico e sulla paleogeografia dei Monti Simbruini*. Mem. Serv. Geol. d'It., **38**: 145-175.
- DE AGOSTINI G. (1898) - *Il Lago di Canterno*. Boll. Soc. Geogr. It., s. 3a, **11**: 466-470.
- DEL MONTE M., FREDI P., LUPA PALMIERI E. & MARINI R. (1999) - *Contributo della Geomorfologia quantitativa alla valutazione della pericolosità geomorfologica*. Atti Acc. Naz. dei Lincei, 227-233.
- DE RITA D., FACCENNA C., ROSA C., FUNICIELLO R. (1995) - *Stratigraphic and volcano-tectonics of the Alban Hills*. In: *The volcano of the Alban Hills*, TRIGILA R. Ed., 33-71.
- DE RITA D., FUNICIELLO R. & ROSA C. (1990) - *L'influenza dell'attività del complesso vulcanico dei colli Albani sullo sviluppo idrografico della Campagna Romana:l'alta valle del Fiume Sacco*. Rend. Soc. Geol. It., **12** (1): (1989), 47-50
- DE RITA D., FUNICIELLO R. & ROSA C. (1992) - *Volcanic activity and drainage network evolution of the Colli Albani area (Rome, Italy)*. Acta Vulcanologica, **2**: 185-198.
- DE RITA D. (1993) - *Il vulcanismo*. Guide Geologiche Regionali - Lazio, Soc. Geol. It., **5**: 50-64.
- DEVOTO G. (1965) - *Lacustrine Pleistocene in the Lower Liri Valley (Southern Latium)*. Geol. Rom., **4**: 49-64.

- DEVOTO G. (1967) - *Note geologiche sul settore centrale dei Simbruini ed Ernici (Lazio nord-orientale)*. Boll. Soc. Nat. Napoli, **76**: 1-112.
- DOLFI D., FARINATO R., TRIGILA R. & HAMILTON D.L. (1976) - *Some experimental and thermodynamic evidence bearing on the origin of potassic volcanics from Central Italy*. Proc. Int. Congr. On thermal waters, geothermal energy and volcanism of Mediterranean area, Athens.
- DRAMIS F. (1989) - *La cartografia geomorfologica in aree franose*. In: CANUTI P. & PRANZINI E. (a cura di) - *La gestione delle aree franose*. Edizioni delle Autonomie, Roma, 106-122.
- DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1995) - *Neotectonics and Large-scale Gravitational Phenomena in the Umbria-Marche Apennines, Italy*. In: SLAYMAKER O. Eds, *Steepland Geomorphology*. J. Wiley & Sons Ltd, 199-217.
- DRAMIS F. & SORRISO VALVO (1994) - *Deep-seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics*. Eng. Geology, 231-243.
- EMBLETON C., FEDERICI P.R. & RODOLFI G. (eds) (1989) - *Geomorphological hazards*. Geogr. Fis. e Dinam. Quat., Suppl. II, 114 pp.
- FAZZINI M. (1997) - *Analisi statistica delle principali condizioni meteorologiche della regione Marche anche in funzione di alcuni parametri geografici e morfologici*. Tesi di laurea, inedita, I vol., 172 pp.
- FORNASERI M., SCHERILLO A., & VENTRIGLIA U. (1963) - *La regione vulcanica dei Colli Albani*. Cons. Naz. Ric., Roma, 561 pp.
- FUNICIELLO R., GIORDANO G. & DE RITA D. (2003) - *The Albano maar lake (Colli Albani Volcano, Italy): recent volcanic activity and evidence of pre-Roman Age catastrophic lahar events*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 123, 43-61.
- FUNICIELLO R. & PAROTTO M. (1978) - *Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Italia centrale*. Geol. Rom., **17**: 233-287.
- GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1994) - *Gravitational morphogenesis of the Apennine chain in Central Italy*. Proc. 7th Int. IAGG Congr., Sept. 1994, Lisboa (Portugal), II: 1177-1186.
- GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA (1987) - *Cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti*. Boll. Soc. Geol. It., **100**: 199-221.
- KÖPPEN W. (1939) - *Das geographische System der Climate*. Handbuch der Klimatologie, BD 1, Teil C, Berlino.
- LUPIA PALMIERI E. (1998) - *"Una scienza per l'ambiente". Tra Geografia e Geologia: la Geomorfologia, le sue origini, il suo sviluppo*. Sapere, a. 64°, 5, Ed. Dedalo, Bari, 32-44.
- LUPIA PALMIERI E., CENTAMORE E., CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., DEL MONTE M., FREDI P. & PUGLIESE F. (1998) - *Geomorfologia quantitativa e morfodinamica del territorio abruzzese; II - Il bacino idrografico del Fiume Tordino*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **21**: 113-129.
- MAHR T. & NEMCOCK A. (1977) - *Deep-seated creep deformation in the crystalline cores of the Tatry Mts*. Bull. IAGG, **16**: 104-106.
- MENNELLA C. (1970) - *Il clima d'Italia: i climi compartimentali della regione italiana (Italia continentale e versante adriatico)*. Fratelli Conte Ed., Napoli, 802 pp.
- MERCIER N. (1993) - *The thermoluminescence dating technique: applications and possibility*. Abstracts Symposium "Quaternary stratigraphy in volcanic areas", Rome, 20-22 Sept., 1993.
- MORI (1959) - *L'Italia fisica*. T.C.I., Milano, 320 pp.
- PANIZZA M. (1988) - *Geomorfologia applicata*. La Nuova Italia Scientifica, Roma, 342 pp..
- PAROTTO M. & PRATURLON A. (1975) - *Geological summary of the Central Apennines*, Quad. Ric. Scient., **90**: 257-306.

- PINNA M. & VITTORINI S. (1985) - *Contributo alla determinazione dei regimi pluviometrici in Italia*. Mem. Soc. Geogr. It., XXXIX, 147-167.
- PRATURLON A. (1993) - *Inquadramenti geologico regionale*. Guide Geologiche Regionali - Lazio. Soc. Geol. It. **5**: 18-25.
- PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI –SERVIZI TECNICI NAZIONALI – UFFICIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI NAPOLI BACINI CON FOCE AL LITORALE TIRRENICO DAL LIRI AL LAO (1951-1992) - *Annali Idrologici - Parte 1 e 2*. Ed. Istituto Poligrafico dello Stato.
- RICCARDI R. (1925) - *Il Lago di Canterno*. Boll. Soc. Geogr. It., **62**: 363 pp.
- SEGRE A.G. (1987) - *Laghi scomparsi o meno noti del Lazio meridionale e del bacino di Canterno*. Boll. Ist. Storia ed Arte del Lazio meridionale, **12**: Roma, 5-17.
- SEGRE A.G. (1993) - *Dalla preistoria alla Protostoria*. In *Dives Anagnina (Archeologia nella Valle del Sacco)*. Dives Anagnina, "L'Erma" di Bretschneider", Roma, 130 pp.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1994) - *Guida al rilevamento della carta geomorfologica d'Italia 1:50.000*. Quaderni serie III, vol. 4, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 42 pp.
- SERVIZIO IDROGRAFICO MINISTERO LAVORI PUBBLICI (1956) - *Precipitazioni medie mensili ed annue per il trentennio 1921-1950. Bacini con foce al litorale tirrenico dal Liri al Lao*. Ist. Poligrafico dello Stato, 24.
- THORNTHWAITE C.W. & MATHER J.R. (1957) - *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance*. Centerton, 1957, 55-94.
- VARNES D. J. (1978) - *Slope movements: types and processes*. In: SCHUSTER R.L. & KRIZEK R.S. (1978), *Landslides analyses and control*. Transp. Res. Board. Spec. Rep., **176**: Nat. Acad. of Sc., 11-13.
- VOLTAGGIO M., ANDRETTA D. & TADDEUCCI A. (1994) - ^{230}Th - ^{238}U data in conflict with $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ leucite ages for quaternary volcanic rocks of Alban Hills, Italy. Eur. J. Mineral., **6**: 209-216.
- ZARUBA Q. & MENCL V. (1969) - *Landslides and their control*. Elsevier, New York and Acad. Praha, 194-202.