

10886



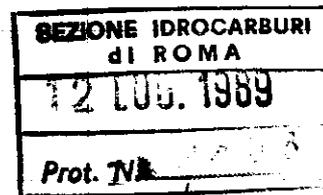
Spett.le

Ufficio Nazionale Minerario per gli Idrocarburi e la

Geotermia

Via Nomentana, 41

00161 R O M A



OGGETTO: Indagini geologiche e fotogeologiche nell'area del per-
messo denominato "FIUME LIRI".

La Società MARINEX PETROLEUM plc, rappresentante unica del per-
messo di ricerca denominato "FIUME LIRI", assegnato con D.M.

14/12/1988 (B.U.I. XXXIII n. 1), chiede a codesto Spettabile

U.N.M.I.G. l'approvazione del seguente programma lavori:

esecuzione, per mezzo dei propri tecnici, che affiancheranno,

con compiti di supervisione, i consulenti tecnici della Società

Geomap di Firenze, di un rilevamento geologico di superficie del

la durata di circa 20 giorni/geologo. Il programma, oltre al

controllo speditivo (scala 1:50.000) con eventuali dettagli al

25.000 su tutta la superficie del permesso, prevede:

- a) studio dei fenomeni neotettonici e loro entità;
- b) individuazione e valutazione dei principali motivi e trend
strutturali e stratigrafici;
- c) misurazione del maggior numero possibile di giaciture, sia
sedimentarie che tettoniche;
- d) studio delle abbondanti manifestazioni superficiali di idro-

carburi solidi, liquidi e gassosi segnalate in letteratura;
e) raccolta di dati, utili per l'interpretazione fotogeologica, relativi ai rapporti intercorrenti fra i terreni affioranti e subaffioranti ed il tipo di coperture vegetali su di essi impostatesi (fitogeologia).

L'inizio dei lavori di geologia (previsto entro l'ultima decade del mese di luglio 1989) e l'indirizzo completo del gruppo di rilevamento saranno comunicati telegraficamente. Sempre telegraficamente sarà comunicata la fine o la sospensione temporanea dei lavori. Durante lo svolgimento della campagna geologica saranno inviati mensilmente i dati statistici relativi.

L'investimento presunto per la realizzazione del programma esposto è di circa 20 Milioni di Lire.

Scopo del rilievo sarà quello di reperire i dati necessari per servire da supporto alla successiva interpretazione fotogeologica dell'area, affidata alla Società Geomap di Firenze, per la quale è previsto un investimento di Milioni di Lire. Tale studio avrà la finalità di elaborare un modello geologico che consenta di definire con sufficiente attendibilità l'assetto tettonico, i trends strutturali e gli andamenti sedimentari in modo da potere ubicare nel migliore dei modi un reticolo sismico esplorativo. Prevedendo che i risultati dello studio geologico/fotogeologico saranno finalizzati entro il quarto trimestre 1989, l'esecuzione del rilievo sismico a riflessione, di cui la Scrivente invierà un dettagliato programma per l'approvazione

di codesto Spettabile U.N.M.I.G., è prevista per i primi mesi del 1990. Una copia del rapporto geologico/fotogeologico conclusivo verrà inviata per conoscenza a codesto Spett.le U.N.M.I.G. Con osservanza.

Roma, 11 luglio 1989

MARINER PETROLEUM plc

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "G. Young", is written over the typed name "MARINER PETROLEUM plc". The signature is fluid and cursive.

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. METODOLOGIA	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
4. GEOLOGIA	14
4.1 CARTA GEOLOGICA	14
4.2 CARTA DELLE DIREZIONI DI STRATO	27
5. MORFOLOGIA	32
5.1 RETICOLO IDROGRAFICO	32
5.2 CONTRASTO MORFOLOGICO	36
6. ANALISI DELLE FRATTURE	39
6.1 CAMPO TOTALE DELLE FRATTURE	39
6.2 DENSITA' DEL CAMPO TOTALE DELLE FRATTURE	43
7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	46
8. BIBLIOGRAFIA	51

FIGURE

FIG. 1 - DIAGRAMMI DELLE DISTRIBUZIONI AZIMUTALI	41
FIG. 2 - DIAGRAMMI DELLE DISTRIBUZIONI AZIMUTALI	42
FIG. 3 - DIAGRAMMI DELLE DISTRIBUZIONI AZIMUTALI	43
FIG. 4 - LINEAZIONI DEDOTTE DA IMMAGINI LANDSAT	47

TAVOLE

TAV. 1 - CARTA GEOLOGICA SCALA 1:25.000	
TAV. 2 - CARTA GEOLOGICA SCALA 1:50.000	
TAV. 3 - CARTA DELLE DIREZIONI DI STRATO SCALA 1:50.000	
TAV. 4 - CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO SCALA 1:50.000	
TAV. 5 - CARTA DEL CONTRASTO MORFOLOGICO SCALA 1:50.000	
TAV. 6 - CARTA DEL CAMPO TOTALE DELLE FRATTURE SCALA 1:50.000	
TAV. 7 - CARTA DELLA DENSITA' DEL CAMPO TOTALE DELLE FRATTURE SCALA 1:50.000	
TAV. 8 - SCHEMA STRUTTURALE SCALA 1:50.000	

1. INTRODUZIONE

Il presente studio condotto per Marinex Petroleum p.l.c., copre una superficie di circa 700 Km² ed include il permesso "Fiume Liri" di circa 380 Km².

L'area, localizzata nel Lazio meridionale e compresa tra i paralleli 41°39'32" e 41°24'20" di latitudine nord ed i meridiani 1°01'23" e 1°23'42" di longitudine est da Roma-Monte Mario, interessa gran parte del foglio 160 Cassino della carta geologica d'Italia a scala 1:100.000.

Scopo dello studio è quello di assistere l'esplorazione mineraria con dati originali di tipo geologico, morfologico e strutturale forniti dalla fotointerpretazione, dall'osservazione di campagna e da un'analisi approfondita delle informazioni edite ed inedite relative al suolo ed al sottosuolo. Ciò al fine di ottenere una migliore descrizione delle strutture superficiali ed ipotizzare una geometria delle strutture profonde.

Nel corso della fase fotointerpretativa è stato eseguito, nel periodo compreso tra il 20 ed il 28 luglio, un sopralluogo sul terreno a cui ha partecipato anche il Dr. L. Ceriotti della Fiat Rimi che vogliamo ringraziare per la proficua collaborazione.

Tale rilevamento ha avuto lo scopo non solo di tarare le chiavi fotointerpretative, ma anche di approfondire le

conoscenze litostratigrafiche, stratimetriche e strutturali delle rocce lapidee che costituiscono i rilievi collinari e montani contenenti la pianura.

Lo studio, iniziato nel maggio con la scelta e l'acquisto delle fotografie aeree e con il reperimento della più aggiornata bibliografia, è terminato con il presente rapporto datato ottobre 1989.

2. METODOLOGIA

Lo studio fotogeologico è stato impostato secondo una procedura tendente a focalizzare l'interpretazione dei dati geomorfologici di superficie in chiave strutturale ed a privilegiare quindi gli elementi considerati indizi o riflessi della struttura.

Ciò in particolar modo nella porzione del permesso dove è presente una potente coltre di sedimenti incompetenti plio-quadernari che costituiscono uno dei due obiettivi della ricerca.

Le tre diverse linee di approccio consistenti: la prima nello studio delle forme delineate dalla distribuzione degli affioramenti e della loro stratimetria, eseguito con metodo tradizionale (direttamente sul terreno) e tramite fotointerpretazione; la seconda nella identificazione della morfologia superficiale operata tramite fotointerpretazione; la terza infine nell'analisi delle lineazioni rilevate dalla lettura delle foto aeree e dalle immagini da satellite, hanno permesso, tramite anche una accurata analisi dei dati bibliografici, la compilazione di documenti cartografici di tipo geologico, morfologico e strutturale.

Per approfondire la conoscenza litologico-strutturale della notevole coltre di sedimenti plio-quadernari che interessano una gran parte dell'area di studio, sono

state privilegiate le direttrici di approccio morfologico (energia del rilievo) e strutturale (lineazioni da immagini da satellite).

Inoltre le notizie relative a stratigrafie di perforazioni eseguite prevalentemente nella porzione più occidentale, hanno permesso di approfondire le conoscenze litologiche relative allo spessore della coltre di riempimento del bacino e di disegnare l'andamento del substrato calcareo con una minore approssimazione.

La metodologia adottata si basa più che sui singoli risultati delle tre serie di dati (stratimetria, morfologia lineazioni) sull'analisi dei fattori che legano insieme i tre approcci ed inoltre siano riferibili a qualche caratteristica strutturale pertinente al problema.

I documenti utilizzati per il presente studio sono:

- fotografie aeree stereoscopiche in bianco e nero volate nel 1970 a scala 1:33.000 circa;
- ingrandimenti a scala varia di immagini Landsat, tipo MSS e TM in bianco e nero e/o falso colore;
- carte topografiche IGM a scala 1:25.000 (tavole);
- carta geologica d'Italia a scala 1:100.000 foglio 160 Cassino;
- bibliografia esistente di cui è dato elenco al cap.8.

Il coordinamento di tutti i dati originali e bibliografici raccolti, ha reso possibile il riconoscimento di forme e di relazioni simmetriche superficiali e comuni a più gruppi di dati, le quali possono rispecchiare condizioni strutturali profonde.

La carta fotogeologica (Tavv. 1 e 2) offre informazioni sulla distribuzione ed assetto delle varie formazioni che interessano l'area di studio ed in particolare di quelle che ne costituiscono i rilievi.

L'andamento della struttura è sottolineato da un elaborato, carta delle direzioni di strato (Tav. 3) derivante da un processo di generalizzazione e coordinazione dei dati stratimetrici e strutturali. In essa sono state evidenziate le unità strutturali, le faglie più significative e gli assi delle strutture plicative positive e negative.

Nella porzione pianeggiante, dove è presente una potente coltre di depositi incoerenti, può risultare più idonea l'analisi del reticolo idrografico (Tav. 4) se questo non è stato fortemente condizionato da canalizzazioni artificiali.

La carta del reticolo idrografico sottolinea non solo lo scorrimento superficiale delle acque ottenuto integrando quello indicato nella cartografia IGM a scala 1:25.000 con le annotazioni delle foto aeree, ma anche altri elementi morfologici quali orli di terrazzi, depressioni

carsiche e spartiacque principali.

Sulla carta sono state sottolineate le maggiori forme di drenaggio orientato e le deviazioni o forme anomale di scorrimento delle acque superficiali derivanti da probabili deformazioni strutturali.

Nelle aree pianeggianti, dove il deflusso delle acque risulta condizionato talvolta anche fortemente, da opere di canalizzazione, allora il solo approccio più significativo è rappresentato dalla analisi del contrasto morfologico (Tav. 5).

Il documento viene costruito calcolando la differenza tra quote massime e minime all'interno di una maglia di 1 Km² di superficie e tracciando, in base a tale differenza, le curve di isocontrasto.

L'analisi del rilievo ottenuta tramite questo elaborato, fornisce valori quantitativi sulla velocità ed intensità dell'erosione, permettendo quindi una ricostruzione dell'evoluzione morfologica di una regione, nei tempi più recenti.

Il confronto tra quanto emerge dal contrasto morfologico ed i dati della neotettonica sottolinea interessanti coincidenze ed offre utili informazioni.

L'analisi delle fratture consiste essenzialmente nello studio di tutti quegli elementi lineari che possono essere osservati sulle fotografie aeree e sulle immagini

da satellite. In altre parole essa consiste nel selezionare tutte le forme che hanno in comune la peculiarità d'intersecare il piano orizzontale con una linea pressoché diritta, espressione di una deformazione che interessa un ragguardevole spessore litologico al di sotto della superficie attuale.

Per la ricostruzione della struttura regionale e conseguentemente anche del substrato che fa da contenitore all'abbondante copertura di depositi inconsolidati, risulta di particolare utilità la lettura e l'analisi delle lineazioni lunghe da satellite.

Infatti la maggior penetrazione di questo tipo di immagine e soprattutto la visione contemporanea e globale che essa offre dell'intera area, facilita l'individuazione nelle zone coperte da coltre detritiche, di quelle dislocazioni tettoniche che sono la prosecuzione delle fratture riconosciute e classificate nelle circostanti aree collinari e montane.

Lo studio delle fratture si basa sull'esame di una serie di documenti derivati da elaborazioni statistiche del campo totale delle fratture (Tav. 6)

L'elaborazione statistica delle fratture è stata eseguita con metodologia mista: digitale e fotografica.

Il processo digitale si articola secondo un programma appositamente preparato che prevede:

- digitalizzazione delle fratture e calcolo della loro posizione rispetto ad un sistema di coordinate geografiche prestabilito;
- classificazione delle fratture per azimuth in 8 classi ciascuna di ampiezza pari a $22^{\circ}30'$;
- disegno automatico del campo totale delle fratture;
- calcolo dei diagrammi azimutali.

Il processo fotografico permette, tramite una successione di operazioni fotografiche di selezionare il campo totale delle fratture (Tav. 7) in livelli di densità come intensità variabile di un retino.

Infine un'analisi di tutti i dati prodotti e raccolti, permette la compilazione della tavola 8 "Carta strutturale"; questa non solo sintetizza le principali caratteristiche geostrutturali dell'area, ma sottolinea anche le interpretazioni strutturali coerenti con i dati forniti.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'attuale assetto dell'area di studio è legato ad una serie di eventi epirogenetici e tettonici plicativi prima e disgiuntivi poi, comuni a tutto l'appennino centro-meridionale di cui la Valle Latina occupa la parte nord-occidentale.

A partire dal Trias movimenti di tipo epirogenetico portano all'individuazione di vari bacini che tendono ad avere una maggiore evoluzione da NO dove appaiono come piccoli solchi o graben, verso SE dove assumono l'aspetto di veri bacini in cui poi si origineranno le varie unità stratigrafico-strutturali che compongono l'appennino centro meridionale.

Particolarmente incisive risultano le fasi cretache le quali hanno determinato trasgressioni delle facies di transizione sui sedimenti neritici della piattaforma e l'emersione della piattaforma esterna nel Cretaceo medio, testimoniata da episodi bauxitici.

Alla fine del Cretaceo le due piattaforme si sollevano costituendo così terra emersa per parte del Paleocene. Questi movimenti di tipo epirogenetico che terminano con il Langhiano nella piattaforma interna e con il Tortoniano in quella esterna, sono i responsabili della formazione dell'importante fossa con andamento appenninico che è la Valle Latina.

La struttura a falde prende origine durante le fasi tetto-genetiche mioceniche a partire dal Langhiano e si realizza definitivamente nel Pliocene medio superiore.

- La prima e la seconda fase verificatesi rispettivamente nel Langhiano e nell'Elveziano sembrano aver prevalentemente interessato le aree esterne dell' appennino (non si hanno dati sufficienti sulle fasi tetto-genetiche delle aree interne) con traslazione dei complessi liguride e sicilide sulla piattaforma interna e di quest'ultima sulle unità del bacino esterno (bacino irpino).
- Una terza fase, verificatasi nel Tortonianiano, provoca un enorme sovrascorrimento del complesso sicilide e conseguentemente della piattaforma interna sui sedimenti terrigeni dei bacini esterni e sui sedimenti carbonatici della piattaforma esterna.
- Un nuovo ciclo di sedimentazione termina con l'inizio di una nuova fase tettonica messiniana che coinvolge anche le unità più recenti.

Nel Pliocene si hanno le ultime fasi tetto-genetiche che interessano, essendo gli accavallamenti diacroni, aree sempre più orientali; così mentre le deformazioni più antiche interessano le aree tirreniche quelle più recenti sono concentrate nel margine adriatico.

Secondo questo schema la valle Latina dovrebbe essere non un piccolo graben ma un grosso solco pelagico ubicato, come prosecuzione verso NO del bacino Irpino, tra la piattaforma carbonatica interna e quella esterna.

Nei monti Lepini e Aurunci i terreni dal Lias al Cretaceo inferiore sono in facies di piattaforma esterna ma non è chiaro in che direzione avvenisse la transizione verso il pelagico, transizione che al contrario è ben evidente al margine nord orientale dei Monti Lepini, a livello di cretaceo superiore. Qui infatti sono presenti facies altocretaciche marginali che indicano l'evoluzione locale da condizioni di piattaforma interna ad ambienti di mare aperto.

La mancanza di termini più bassi nella serie impedisce di accertare l'esistenza, precedentemente al Cretaceo inferiore, del solco pelagico corrispondente alla valle Latina tra i monti Aurunci (piattaforma interna) ed i monti Ernici (piattaforma esterna).

Nel Paleogene, ma soprattutto nel Miocene si ha una forte sedimentazione prima calcareo-detritica, poi calcareo-marnosa ed infine arenaceo-turbiditica con provenienza da NO, che tende a colmare la fossa posta tra i due rilievi calcarei.

La fase tettonica coincidente con il Miocene superiore

causa l'accavallamento della struttura aurunca sui sedimenti torbiditici del solco e probabilmente in profondità e nella parte più occidentale, anche su parte della piattaforma esterna. L'entità di questo sovrascorrimento non è stata qui né avallata né tanto meno giustificata da dati di sottosuolo come avvenuto più a nord con la perforazione Trevi 1. Il fenomeno tuttavia è ben marcato al limite orientale dei Monti Aurunci non solo da una faglia inversa molto coricata ma anche dalla presenza di argille caotiche che in parte sovrastano i sedimenti torbiditici miocenici sul fianco orientale del massiccio carbonatico (Monti Aurunci).

La presenza di queste argille è giustificata da movimenti di spinta verso est delle unità sicilidi e della piattaforma interna avvenuti nell'alto Miocene.

L'assetto attuale della valle Latina reca l'impronta di movimenti tettonici più recenti che sono legati alle fasi distensive pliopleistoceniche le quali sono responsabili prevalentemente dell'assetto del margine occidentale dell'Appennino. Questa fase ha prodotto ed in parte ha ripreso una serie di faglie con andamento appenninico (NO-SE) che, con il loro spostamento prevalentemente verticale, tendono ad abbassare il substrato calcareo della valle Latina.

Alcune faglie trasversali (NE-SO) che sembrano agire più con spostamenti orizzontali che verticali, hanno disegnato nella zona una tettonica a blocchi di faglie.

Un ultimo "trend" infine, a prevalente direzione ONO-ESE, ha favorito anche lo sviluppo di un materiale vulcanico alcalino potassico, presente esternamente all'area di studio a nord-ovest ed a sud-est.

I sedimenti compresi tra l'Oligocene ed il recente, costituenti il riempimento della valle Latina, hanno una potenza complessiva compresa tra i 100 e i 1.500 metri la quale aumenta scendendo verso SE.

La serie Terziaria, composta dalle unità tardo-orogene e dalla successione pelitico-fliscioide, sovrasta nella piattaforma esterna, la successione carbonatica (Lias-Paleogene). Purtroppo quest'ultima successione non è mai stata completamente attraversata in questa zona da perforazioni in quanto la più profonda, Aquino 1, pur incidendola per circa 1000 metri non ha tuttavia raggiunto la base.

Dati regionali fanno pensare che la porzione dolomitica di questa serie carbonatico-mesozoica, compresa tra il Giurassico inferiore ed il Triassico superiore e rilevata naftogenica in altre zone dell'Italia, dalla Sicilia alla Lombardia, possa considerarsi un secondo obiettivo della ricerca, alternativo o complementare a quello dei depositi miocenici.

4. GEOLOGIA

L'approccio geologico sviluppatosi con la rielaborazione di documenti cartografici esistenti, tramite un approfondito ed accurato lavoro di fotointerpretazione ed il rilievo diretto sul terreno, ha prodotto come elaborati cartografici, la carta geologica e delle direzioni di strato.

4.1 CARTA GEOLOGICA (Tavv. 1-2)

La carta geologica presentata alle scale 1:25.000 (Tav. 1 in tre fogli) ed 1:50.000 (Tav. 2 in unico foglio) consiste in un documento ottenuto tramite rielaborazione della cartografia esistente edita sia dal Servizio Geologico d'Italia a scala 1:100.000, sia dalla Società Geologica Italiana e da altri Enti, a scala varia.

Il documento prodotto non è una carta che ricalca esattamente la cartografia ufficiale, la quale tra l'altro è basata su concetti tettonico-strutturali diversi ed in parte superati, in quanto arricchita da una serie di dati ricavati dalla fotointerpretazione.

Nella legenda sono illustrate, unitamente alle spiegazioni dei segni convenzionali, le principali caratteristiche delle formazioni. Queste, sebbene siano a volte arealmente distribuite in maniera diversa dalla cartografia ufficiale, ricalcano le suddivisioni litostrutturale della bibliografia più moderna.

L'area studiata è interessata da una pila di coltri di ricoprimento, messe in posto durante le fasi tettoniche mio-plioceniche, le quali hanno determinato il sovrascorrimento della piattaforma interna Laziale (Campano-Lucana) su quella esterna Laziale (Abruzzese-Campana).

Nella parte centrale sono presenti i terreni plio-quadernari della Valle Latina la quale sarebbe legata a fasi distensive plio-pleistoceniche.

Partendo dai terreni più antichi le unità stratigrafico-strutturali distinguibili in base alla loro differente evoluzione tettonico-sedimentaria sono:

- Unità appenniniche interessate da traslazioni orogeniche:

A) Complesso Sicilide (Bacino interno);

B) Unità Laziale Campano-Lucana (Piattaforma interna);

C) Unità Laziale Abruzzese-Campana (Piattaforma esterna):

- Successione carbonatica;

- Successione pelitico-fliscioide.

- Unità Tardo e post-orogene

UNITA' APPENNINICHE INTERESSATE DA TRASLAZIONI OROGENICHE

A. COMPLESSO SICILIDE (Bacino Interno)

I terreni appartenenti a questo complesso originatisi in un dominio più interno ed il cui basamento è ancora

oggetto di discussione, affiorano prevalentemente sia sul bordo settentrionale della piattaforma interna in destra del fiume Liri, sia al bordo meridionale della piattaforma esterna nella zona di Col Leone.

- 1 - Argille caotiche (Miocene-Cretaceo)

La formazione è composta da argille siltose giallo-gri-giastre, non stratificate, talora passanti a peliti inglobanti, in giacitura caotica, interi lembi di materiali diversi quali calcari marnosi, calciruditi, calcari con selce, scaglia eocenica lembi delle serie sottostanti.

Si differenziano dalle "argille scagliose" classiche per i modesti spessori, la mancanza di pacchi ben stratificati, di scagliosità e di colorazione varia.

La deposizione sembra essere avvenuta in un ambiente abbastanza profondo.

B. UNITA' LAZIALE-CAMPANO-LUCANA (Piattaforma interna)

I monti Aurunci, presenti nell'angolo occidentale dell'area di studio, appartengono alla piattaforma interna. Questa è interessata da una sedimentazione carbonatica che si evolve da uno stadio di piattaforma epicontinentale con sedimentazione prevalentemente dolomitica e carbonatico-dolomitica, ad uno di piattaforma epiocceana con sedimentazione carbonatica.

I 2.500 metri circa di sedimenti che in continuità stratigrafica la compongono sono, nel dettaglio,

i seguenti:

- 2 - (Lias Medio Superiore)

Sul versante meridionale di Monte Coronella (SE di Pico) affiorano dei calcari detritici stratificati bianchi e nocciola, a pasta fine o microgranulare i quali giacciono in rapporto di eteropia con la parte superiore delle sottostanti dolomie liassiche.

Lo spessore varia dai 200 ai 400 metri.

- 3 - (Cretaceo Inferiore-Dogger)

E' presente in vasti affioramenti nei monti Aurunci con calcari microcristallini stratificati irregolarmente intercalati da calcare oolitico, calcare detritico con frammenti arrotondati e da alternanze dolomitiche.

La litologia della formazione, che misura una potenza di circa 1.000 metri, indica una facies del tipo neritico interno.

- 4 - (Cenomaniano-Aptiano).

I vasti affioramenti presentano alla base un livello argilloso marnoso che passa ad un livello calcareo marnoso e quindi a calcari detritici a pasta fine con alternanze di dolomie saccaroidi. Le numerose faglie alterano lo spessore reale che sembra aggirarsi intorno ai 500 metri.

- 5 - (Montiano -Cenomaniano inf.).

E' presente nell'area di studio in estesi affioramenti a Sud di Pastena. Alla base si hanno brecce sinsedimentarie dolomitiche che sono sormontate da una potente coltre di calcari microgranulari stratificati ricchi di Rudiste; a volte sono presenti episodi dolomitici. La potenza totale si aggira sugli 850 metri.

C. UNITA' LAZIALE-ABRUZZESE-CAMPANA (Piattaforma esterna)

Affioramenti di questa unità sono presenti sia in destra del fiume Liri (colline a Est di S. Giorgio Liri), sia in sinistra (Monte Cairo, Rocca d'Arce, Fontana a Liri). L'attribuzione del Monte Cairo alla piattaforma esterna non è convalidata da tutti gli Autori. Generalmente la bibliografia antecedente al 1973, anno di pubblicazione del modello strutturale d'Italia, fa coincidere la separazione delle due piattaforme con gli allineamenti di S. Vittore del Lazio-S. Elia-Atina e quindi considera il Monte Cairo parte della piattaforma interna.

La bibliografia posteriore alla sopraindicata data invece fa coincidere il margine orientale della piattaforma interna con il sovrascorrimento presente nella porzione nord-orientale del gruppo Ausoni-Aurunci.

Esiste anche una terza ipotesi, sostenuta da alcuni Autori della scuola Romana, che considerano l'area compresa tra i Monti Lepini ed il Gran Sasso appartenente ad un'unica piattaforma liassica "Laziale-Abruzzese".

Il limite nord-occidentale delle due piattaforme, la

interna "Laziale-Campano-Lucana" e l'esterna "Laziale-Abruzzese-Campana" dovrebbe, secondo questi Autori, essere individuato lungo una fascia congiungente la zona di Gaeta con quella di S. Benedetto del Tronto.

Poiché i dati che avallano questa terza ipotesi sono ancora scarsi e localizzati in poche zone, noi abbiamo preferito la seconda soluzione avallata da una serie di evidenze litologiche e strutturali ed in particolare dalla:

- omogeneità e concordanza con gli studi da noi eseguiti sia su aree limitrofe (Studio fotogeologico di parte dell'Appennino Abruzzese-Molisano, Campano-Lucano ed Apulo), sia a scala di satellite su questa stessa area (Studio fotogeologico da immagini Landsat dell'Appennino centro-meridionale tra Roma-S. Benedetto del Tronto e Sapri-Bari);

- presenza di differenziazioni litologiche a vari livelli nella serie carbonatica del Monte Cairo, rispetto a quella del gruppo Ausoni-Aurunci. Tali differenze fanno sì che la serie dolomitico-calcareo del Monte Cairo sia più correlabile a quella della piattaforma esterna che a quella della piattaforma interna.

L'intera successione, che ha una potenza aggirantesi intorno ai 3.400 metri, è formata da due diverse unità litologiche, l'inferiore, di circa 2.800 metri, prevalentemente calcareo-dolomitica; la superiore, di circa

600 metri, pelitico-fliscioide.

Le due successioni sono separate da una lacuna stratigrafica coincidente con la base del Miocene.

Altre lacune stratigrafiche sono presenti nella serie carbonatica: una prima, ben marcata nel Paleocene separa la pila di sedimenti calcareo-dolomitici da quelli detritico-calcarei del terziario; una seconda è appena accennata dagli episodi bauxitici presenti localmente alla base del Cenomaniano.

Nell'intervallo compreso tra queste due lacune è presente, parallelamente alla facies di piattaforma s.s., una facies marginale caratterizzata da calcari detritici e breccie calcaree.

- SUCCESSIONE CARBONATICA

Tale successione copre l'intervallo Lias-Oligocene. La litologia passa da dolomitica, a calcareo-dolomitica, a calcarea denotando un ambiente che si evolve da piattaforma a margine di piattaforma fino a scarpata.

Partendo dal basso è composta da:

- 6 - (Cretaceo inferiore-Dogger)

La fascia parallela e centrale del Monte Cairo è interessata da calcari microcristallini alternati a calcari oolitici, detritici, e subordinatamente organogeni e brecciati. Mancano le alternanze dolomitiche le quali caratterizzano l'equivalente intervallo della piattaforma interna.

L'ambiente di sedimentazione è quello neritico con tur-

bolenza bassa e lo spessore variabile tra gli 800 ed i 1.000 metri.

- 7 - (Cenomaniano-Aptiano)

A nord ed a sud del Monte Cairo affiora una serie calcarea non molto dissimile da quella precedentemente descritta che mette in evidenza una continuità stratigrafica frutto di un perdurare delle medesime condizioni ambientali. Ai calcari oolitici e detritici, precedentemente descritti, si intercalano rari e sottili livelli dolomitici.

Talora al tetto della sequenza stratigrafica sono presenti limitati episodi bauxitici, i quali tendono ad avere una maggiore estensione e potenza passando verso est nei Monti della Meta e del Matese.

Alla base del Cenomaniano è assente il livello argilloso-marnoso che, al contrario, è presente nell'Unità Laziale-Campano-Lucana. Lo spessore totale del complesso si aggira intorno ai 350 metri.

- 8 - (Montiano-Cenomaniano)

Nel Monte Castellone nei pressi di Roccasecca, Rocca d'Arce e Fontana Liri ed infine in destra del Liri a est di S. Giorgio, la serie carbonatica di piattaforma continua, monotona fino al Paleocene con calcari microgranulari e detritici in cui è presente un'abbondante fauna a Rudiste. Nella parte bassa i livelli calcarei sono talora trasgressivi sui sedimenti del Cenomaniano-Aptiano tramite limitati episodi bauxitici.

La potenza totale di tale intervallo si aggira sui 400 metri.

- 9 - (Daniano-Cenomaniano)

I limitati affioramenti di Terelle sono formati da calcareniti e calciruditi bianche pseudosaccaroidi e stratificate, alle quali si intercalano livelli di brecce calcaree a granulometria variabile.

Questo complesso calcareo detritico poggia in trasgressione su terreni talora molto più antichi, anche giuresi. Gli spessori sono variabili, da pochi metri fino a 400 metri, e la facies sembra essere quella di transizione esterna.

- SUCCESSIONE PELITICO-FLISCIOIDE

Sul mesozoico, vi è la grande trasgressione miocenica; il passaggio sembra essere indicato da una semplice linea di sutura nell'ambito di uno stesso strato, solo raramente vi è una vera superficie trasgressiva elaborata. I terreni pelitico-fliscioidi, depositatisi a seguito della trasgressione che nella zona inizia nel Langhiano o nell'Elveziano inferiore, affiorano sia nella parte orientale di studio presso Villa S. Lucia e Colle Cantalupo, sia in quella occidentale a nord dell'allineamento (Ceprano-Colfelice).

- 10 - (Tortoniano p.p. - Langhiano)

La serie debutta con calciruditi organogene in grosse bancate mal stratificate e ricche di Briozoi e Litotamni. Lo spessore varia dai 20 ai 60 metri.

Il passaggio graduale ai termini superiori sembra a volte interrotto da uno "hiatus" di 5-30 cm., documentato da un livello a galuconite e denti di pesce.

- 11 - (Tortoniano-Elveziano)

E' rappresentato da calcari marnosi e marne grigiastre sottilmente stratificate e caratterizzato da un progressivo aumento della componente detritica a scapito di quella carbonatica. La potenza si aggira intorno ai 40-50 metri.

- 12 - (Tortoniano)

A est di S. Giorgio a Liri è presente una formazione composta prevalentemente da brecciole calcaree, da calcari marnosi e livelli marnosi. La potenza è molto variabile e può raggiungere anche i 30-40 metri.

- 13 - Unità di Frosinone (Messiniano-Tortoniano)

In concordanza stratigrafica si passa gradualmente ad una serie caratterizzata da alternanze di marne e di siltiti arenacee che a loro volta passano a termini sempre più arenacei. I letti argillosi, prevalenti alla base della formazione, cedono via via il posto alle arenarie che diventano quasi esclusive alla sommità della serie. La potenza complessiva di questi sedimenti terrigeno-torbiditici si aggira intorno ai 500-600 metri.

- UNITA' TARDO E POST-OROGENE

A questo gruppo appartengono tutti i sedimenti clastici depositatisi dal Pliocene ad oggi sia nella larga valle Latina solcata dal fiume Liri, sia anche nelle più strette valli percorse dai suoi affluenti di destra e di sinistra.

Sebbene la trasgressione pliocenica si sia imposta su una morfologia già evoluta, tra i terreni miocenici e quelli pliocenici non si notano forti discordanze angolari.

- 14 - (Pliocene-Miocene)

Nelle argille caotiche che bordano il limite orientale della piattaforma interna si rinvencono due affioramenti di puddinghe poligeniche a cemento sabbioso e sabbioso-argilloso, in cui sono inglobati calcari marnosi, arenarie, calcari selciferi, brecciole organogene, selce diasprina e rari ciottoli di rocce eruttive. La mancanza totale in questi sedimenti di materiale mesozoico dei rilievi con cui stanno a diretto contatto, suggerisce la presenza di movimenti traslativi con elaborazione probabilmente subaerea e deposizione finale in ambiente marino ad alta energia.

- 15 - (Pliocene)

Affiora ad ovest di Falvaterra ed in altri piccoli affioramenti ubicati prevalentemente tra i sedimenti calcarei della piattaforma interna. E' composto da argille sabbiose, sabbie grigie e conglomerati poligenici ad

elementi calcarei, calcareo dolomitici, ed arenacei sia della serie carbonatica sia di quella pelitico-fliscioide.

- 16 - (Pleistocene)

Si tratta prevalentemente di ciottoli ben arrotondati di calcari cretacei, miocenici e subordinatamente di calcari marnosi a pasta fine, arenarie grossolane fortemente cementate e marne nerastre. I ciottoli sono cementati da una matrice sabbioso-argillosa generalmente incoerente; quando prevale la componente marnoso-calcareo, come nei dintorni di Santopadre, si hanno livelli fortemente cementati e ben stratificati. Lo spessore di questi depositi affioranti nella porzione NW è vario e può raggiungere i 100 metri.

- 17 - (Pleistocene)

In eteropia con i depositi precedentemente descritti si possono riscontrare delle lenti sabbiose e argillose oppure delle intercalazioni, talora molto estese, di limi sottilmente stratificati di ambiente lacustre e fluviale riccamente fossiliferi. Tali depositi affiorano tra Arce, Fontana Liri e Chiaiamari.

- 18 - (Pleistocene)

Nell'ambito dei sedimenti lacustri presenti a sud e sud est di Monte Cairo si possono distinguere due facies legate reciprocamente da rapporti di eteropia sia late-

rale, che verticale.

La porzione inferiore è composta da regolari alternanze di limi calcarei bianchi diatomiferi, potenti circa 20-25 metri; questa, lateralmente e superiormente, si evolve verso irregolari alternanze di sabbie calcaree gialle a stratificazione incrociata, di limi calcarei con intercalazioni tufitiche brune, di ghiaie e di calcari. Lo spessore totale è vario e può raggiungere i 50-60 metri.

- 19 - (Pleistocene)

Nelle zone di Aquino, la Volla e Monte S. Giovanni Campano sono ubicati gli unici grossi affioramenti di travertino che passa eteropicamente alla facies lacustre tardiva interessata da sabbioni calcarei travertinosi e limi calcarei con livelli torbosi e lignitiferi. Sia i travertini che i sabbioni travertinosi sono ricchi di specie indicative di clima temperato freddo.

- 20 - (Pleistocene)

In questo gruppo sono stati inseriti tutti i materiali vulcanici composti da tufiti, piroclastiti e materiale detritico rimaneggiato legati al vulcaniano ernico e presenti in piccoli lembi ad E e NE di Ceprano.

- 21 - (Pleistocene)

Le alluvioni antiche terrazzate occupano per la quasi

totalità la valle Latina ad occidente della linea Pontecorvo-Aquino giungendo fino alla massima quota di 170-180 metri sul livello del mare. Questi depositi, costituiti da ciottolami elaborati di natura prevalentemente calcarea, sono geneticamente collegati alle fasi degli imponenti alluvionamenti del Liri e del Melfa.

- 22 - (Olocene)

Le terre rosse si trovano accumulate sia nelle zone vallive, sia nelle depressioni carsiche; la loro potenza è in funzione della morfologia e può raggiungere anche i 20 metri.

- 23 - (Olocene)

Questo gruppo è prevalentemente composto da depositi fluviali di fondovalle, eccezionalmente anche terrazzati, composti da sabbie, conglomerati ed in minore percentuale da argille.

Sotto tale sigla sono stati inseriti anche parte dei detriti, generalmetne relativi alle formazioni più dure (Piattaforma), facenti parte di antiche frane ed i conoidi detritico-terrosi.

4.2. CARTA DELLE DIREZIONI DI STRATO (Tav.3)

La carta delle direzioni di strato, è un documento interpretativo in cui, il limite delle varie unità litologico-strutturali, sono stati adattati con espansioni ed

arrotondamenti in modo da togliere alle masse affioranti parte delle inutili complicazioni di aspetto conferito dall'erosione superficiale.

La carta è derivata da un processo di generalizzazione e coordinazione dei dati sulla pendenza e direzione degli strati, provenienti dalla fotointerpretazione, dal rilevamento sul terreno e dalle carte esistenti, inteso ad evidenziare l'andamento della struttura. Il grado di approssimazione di questo elaborato dipende molto dalla densità dei dati che nell'interpretazione fotogeologica è più alta ove le formazioni sono più distintamente stratificate.

Al fine di aiutare la comprensione delle forme strutturali, sulla carta sono state riportate tutte le faglie significative e gli assi delle strutture positive e negative. Nelle estese aree pianeggianti dove generalmente affiora materiale sciolto o mal stratificato, sono state annotate direzioni ed immersioni dedotte da morfologia; queste non solo hanno una scarsa densità ma anche un grado di attendibilità che dipende dal numero di informazioni.

La tavola mette in risalto quanto già era stato evidenziato dalla carta geologica e cioè che i sedimenti carbonatici sono interessati da una serie di fratture che,

sblocchettando le formazioni più rigide e competenti stemperano e talora quasi cancellano gli effetti della tettonica plicativa. Scarse risultano così le strutture, nelle aree interessate dalle piattaforme carbonatiche.

Più numerose, anche se quasi sempre individuate da linee di forma costruite su misure dedotte da morfologia, risultano le strutture positive e negative individuate nelle aree pianeggianti dove, almeno in superficie, non sono individuabili grosse fratture. Tali strutture superficiali sicuramente riflettono l'assetto del substrato carbonatico più profondo che, in analogia con quello affiorante, dovrebbe essere interessato da una tettonica a blocchi di faglia la quale tende ad obliterare le strutture plicative delle formazioni calcaree.

L'analisi quantitativa dei dati riferiti alla direzione degli strati, riassunta nei diagrammi di figg. (1,2,3) avalla quanto sopra detto.

Infatti mentre i massimi di frequenza delle direzioni di strato sono sfalzati azimuthalmente rispetto a quelli delle fratture nei diagrammi riferiti alle piattaforme, il contrario avviene per il diagramma riferito alle unità tardo e post-orogene, dove i massimi di frequenza riferiti ai due parametri presi in esame (direzioni di strato e fratture) coincidono sui medesimi azimuth ad eccezione della N-S.

I diagrammi del primo tipo (apici sfalzati) sono quelli caratteristici di un'area in cui prevale una tettonica a blocchi di faglia, quelli del secondo tipo (apici coincidenti) sono tipiche di un'area caratterizzata da una tettonica plicativa.

Nella piattaforma interna le strutture plicative mostrano assi prevalentemente orientati secondo la direzione pressoché E-O. Le strutture sono interessate da un fitto reticolo di faglie che altera enormemente le strutture sui fianchi e nelle loro terminazioni.

un fenomeno simile si nota anche nella piattaforma esterna carbonatica; qui, a differenza di quanto avviene nella piattaforma interna, gli assi tendono a coincidere con la direzione NO-SE.

Una delle strutture più interessanti, in quanto ben definita anche nella terminazione, è quella che interessa, a nord di Pico, l'intero affioramento fliscioide miocenico.

Il suo asse, leggermente serpeggiante, ha un andamento che varia da NO-SE nella parte settentrionale, a N-S nella parte centro meridionale. La parte settentrionale di questa struttura è stata interessata dal 1914 al 1943 da una serie di pozzi varianti in profondità dei 450 m. ai 760 che raggiunsero nel 1943 una produzione di 600 tonnellate di petrolio.

Il substrato calcareo, talora produttivo, è stato quasi sempre incontrato a profondità comprese tra i 420 m ed i 730 metri.

Le strutture positive presenti nei sedimenti tardo e post-orogene derivando, come già accennato, da una serie di dati morfologici, offrono un grado di attendibilità inferiore rispetto a quello emerso da dati stratimetrici.

La presenza di tali strutture dovrà essere convalidata con i dati forniti dalle analisi morfologica e densitometrica delle fratture.

5. MORFOLOGIA

Gli elementi morfologici presi in considerazione in questo studio sono condensati nelle carte del reticolo idrografico e del contrasto morfologico .

5.1 RETICOLO IDROGRAFICO (Tav. 4)

Come è noto la forma del reticolo idrografico è la risultante di una serie di parametri quali l'erosione, la deformazione strutturale, la litologia e l'assetto.

In particolare il reticolo idrografico si rivela sensibile dell'effetto di diaclasi e di fratture riferite anche ai movimenti più recenti ed alla direzione degli strati.

Orientamenti rettilinei del drenaggio, forme circolari e centrifughe, bruschi cambiamenti del pattern e deviazioni anomale possono rivelare movimenti verticali differenziali ed una disposizione particolare degli strati che hanno un significato importante per la ricerca e la definizione della struttura locale.

Analizzando la tavola nel suo insieme, si ha una conferma di quanto mostrano le carte geologiche delle direzioni di strato e del campo totale delle fratture.

E' ben visibile dal pattern del reticolo la distribuzione areale dei vari tipi litologici, il condizionamen-

to dovuto a grosse fratture, del corso dei fiumi più importanti specialmente dove attraversano sedimenti più competenti e la presenza di terreni terrazzati dove il reticolo solca le aree con topografia più dolce.

Dalla forma e densità del reticolo idrografico emergono chiaramente le zone interessate da litotipi diversi ed anche da una diversa morfologia.

I rilievi calcarei di piattaforma sono caratterizzati da un drenaggio che si evolve da prevalentemente subparallelo, alle quote più alte dove spesso sono presenti anche aree, più o meno estese, con drenaggio endoreico di tipo carsico, e prevalentemente dendritico verso le quote medio inferiori.

Le aree interessate dai sedimenti terrigeni miocenici mostrano un pattern di drenaggio sempre a forte densità ma dendritico pinnato il quale generalmente tende a rarefarsi e talvolta a scomparire passando nei sedimenti tardo e post-orogeni.

Fanno eccezione a quanto detto i terreni pleistocenici lacustri (18) che affiorano in sinistra del Liri tra Pontecorvo ed il fiume Gari.

In quest'area il reticolo idrografico si presenta con un pattern molto denso pinnato subparallelo che mette in evidenza un controllo con direzione della fratturazione prevalentemente NO-SE e subordinatamente con direzione

di quella NE-SO.

L'alta densità di drenaggio presente in questa zona comparata con l'assenza di questo nell'area immediatamente a nord-ovest e chiusa ad occidente dal fiume Melfa e sempre interessata da sedimenti tardo-orogeni, suggerisce le seguenti considerazioni:

- L'area compresa tra i massicci calcarei del gruppo "Monte Cairo" e il fiume Liri è stata interessata in tempi recenti ed anche nel presente da movimenti differenziali; positivi in prossimità del fiume Liri, negativi immediatamente a valle del "Monte Cairo".

Se così non fosse, il forte apporto di sedimenti scaricati a valle dai numerosi torrenti del "Monte Cairo" formerebbe un sempre più esteso conoide sul quale dovrebbero proseguire senza soluzione di continuità fino al fiume Liri, i torrenti che scendono dal monte.

Inoltre, il reticolo idrografico in sinistra del fiume Liri non dovrebbe presentarsi con una densità così alta e con alvei così incassati e tipici di zone interessate da forte erosione in atto.

- la presenza di un ben marcato allineamento lungo le due direttrici NO-NE, suggerisce la presenza di un substrato a blocchi di faglia, che per quanto sopra detto dovrebbero immergere prevalentemente verso NE.

- l'andamento a scalini del limite che divide l'area con forte densità da quella con assenza di drenaggio invo-

ca la presenza, nella fratturazione con andamento NE, anche di una certa componente orizzontale.

Gli effetti di questa fratturazione di tipo trascorrente, sono marcati anche dal corso del fiume Liri a valle della confluenza con il Fiume Sacco; questo a sud di Pontecorvo varia la sua direzione di scorrimento NO-SE in una circa E-O fino alla confluenza col fiume Gari. Altro effetto di questo movimento è da una parte la grande espansione verso NE dell'area a forte densità, la quale si congiunge e si confonde presso Cassino con il reticolo idrografico del Monte Cairo; dall'altra la conseguente diminuzione di densità nella parte centro meridionale in prossimità del fiume Liri.

Inoltre mette in evidenza come, in tutta l'area ed in particolar modo dove affiorano i terreni calcarei di piattaforma, il reticolo idrografico sia totalmente condizionato dalla grande quantità di faglie, alcuni delle quali presentano ingenti spostamenti prevalentemente verticali.

Nei terreni calcarei della piattaforma interna il reticolo sottolinea i grandi bacini endoreici che caratterizzano l'area circostante l'abitato di Pastena e gli episodi più circoscritti dei Monti Croce e S. Onofrio.

Ben evidenziato infine è il drenaggio centrifugo che si diparte dalla sommità del monte Leucio, massiccio calcareo avanzato rispetto alla piattaforma interna.

Il tipo di drenaggio però non permette un giudizio sicuro relativamente alla possibile radicalizzazione del massiccio con la piattaforma interna.

Solo la litologia e la presenza di una serie di sorgenti presenti tutto intorno alla base del monte, suggeriscono che questo è uno zatterone poggiato sulle sottostanti argille del complesso Sicilide.

5.2. CONTRASTO MORFOLOGICO (Tav. 5)

L'informazione principale che la carta del contrasto morfologico offre, si riferisce al bilancio fra l'erosione e la deposizione, in una certa area a confronto con altre, quando i fattori che influenzano il contrasto morfologico stesso siano conosciuti ed omogenei in tutta la zona in esame.

Premesso che generalmente la deposizione genera movimenti di subsidenza e l'erosione movimenti di sollevamento, tali fenomeni sono tradotti, nella carta del contrasto morfologico, il primo in un modello di curve rade e con bassi valori di contrasto, il secondo in un modello di curve più tormentate, più ravvicinate e con alti valori di contrasto.

Gradienti rapidi di curve o allineamenti di forme, pos-

sono suggerire rapidi mutamenti di condizione e quindi presenza di faglie anche in recente movimento.

L'elaborato è stato limitato alla sola porzione pianeggiante compresa al di sotto della curva di 100 metri in quanto tale approccio non permette, per le sue caratteristiche intrinseche di selezionare i piccoli movimenti conseguenti al dinamismo morfologico là dove le isodense risultano necessariamente molto ravvicinate.

L'elaborato evidenzia una serie di alti e bassi strutturali; allineati secondo una netta direzione NO-SE nella porzione centro meridionale e più dispersi e frammentati in quella occidentale, che sottolineano uno sblocchettamento dal substrato carbonatico e pelitico-fliscioide, sottostante i terreni delle unità tardo e post-orogene. La disposizione ed il valore delle isodense nella porzione centro meridionale avallano chiaramente quanto emerso dall'esame della carta del reticolo idrografico.

In particolare:

- l'effetto dei fenomeni di sollevamento dell'area con assenza di drenaggio immediatamente a valle del massiccio "Monte Cairo" e di subsidenza di quelle immediatamente circostanti a sud ed a sudest;
- le conseguenze dei movimenti di alcune faglie trascorrenti sull'andamento delle isodense, prevalentemente in corrispondenza del limite sudorientale dell'area priva

di drenaggio.

La frantumazione nella porzione nord-occidentale delle aree a bassa energia suggerisce un maggior sbloccamento del substrato che sembra essere interessato da movimenti relativi differenziali anche molto recenti.

Da quanto sopra esposto, l'intero studio morfologico giustifica la presenza delle strutture individuate con l'analisi stratimetrica (Tav. 3) nei terreni tardo e post-orogeni, ed inoltre fornisce individuazioni sulla tettonica disgiuntiva che l'analisi delle fratture approfondirà.

6. ANALISI DELLE FRATTURE

L'analisi statistica dei dati scaturiti da questo tipo di approccio, fornisce informazioni particolarmente utili là dove la fratturazione supera una certa soglia di densità, e quindi nelle aree prive di una potente ed estesa coltre di copertura di terreni sciolti.

6.1. CARTA DEL CAMPO TOTALE DELLE FRATTURE (Tav. 6)

Il campo totale delle fratture mostra, ad un primo esame, la presenza di tre domini abbastanza distinti:

- il primo con elevata densità di fratturazione, caratterizza le aree di affioramento delle unità prevalentemente carbonatiche appartenenti alle due piattaforme (esterna ed interna);
- il secondo a media densità corrisponde alle aree di affioramento delle rocce della successione pelitico-fliscioide della piattaforma esterna e del complesso sicilide;
- il terzo infine a bassa densità è l'espressione delle aree interessate da potenti coltri costituite dalla maggior parte delle unità tardo e post-orogene.

In riferimento a quanto esposto, la tavola 6, attraverso la forma e la densità di fratturazione fornisce utili informazioni non solo sulla struttura dell'area ma anche

sulla distribuzione areale di alcuni gruppi di unità in funzione della loro copertura.

Per una lettura più approfondita ed immediata del campo totale delle fratture risulta particolarmente utile affiancare a questo documento una serie di diagrammi azimutali costruiti in base ad una selezione quantitativa lungo otto direzioni azimutali ampie ciascuna $22^{\circ}30'$. (figg. 1,2,3)

Nell'emisfero superiore di tali diagrammi è espresso in % lo sviluppo totale della fratturazione in Km, in quello inferiore il numero di fratture e, con una linea tratteggiata il numero di misure di strato.

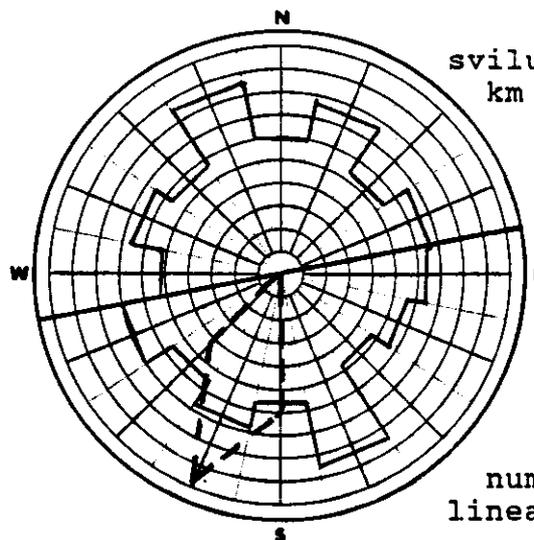
L'elevato numero di fratture rilevate condiziona fortemente i contrasti percentuali tra i vari azimuth nel diagramma dell'area totale che al contrario vengono enfatizzati nei diagrammi parziali costruiti per le varie unità litologico-strutturali.

Il diagramma delle lineazioni dell'area totale mette in evidenza, per le fratture, tre direttrici di massima frequenza: la prima è una N-S ben marcata e definita, la seconda una ENE che tende ad espandersi verso NE, la terza infine è una NO che mostra un apice relativamente marcato tendente a spostarsi verso Ovest. Per quanto concerne le direzioni di strato si ha una frequenza dominante, centrata su SSO, con apice molto marcato ma

Fig. 1

Complesso Sicilide

strati ---

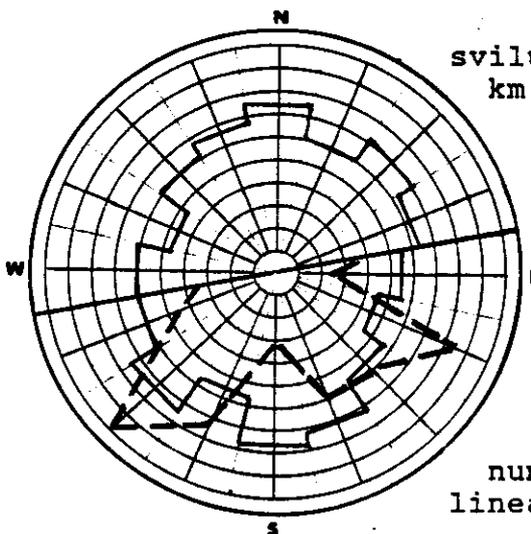


sviluppo totale
km 211

numero totale
lineazioni: 360

Piattaforma interna

strati ---



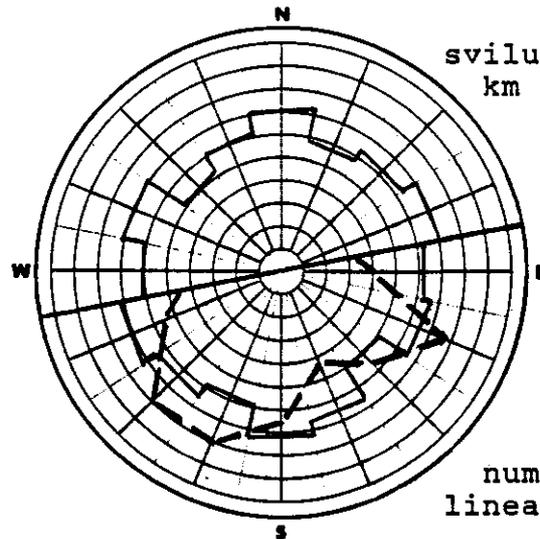
sviluppo totale
km 1.152

numero totale
lineazioni: 1.596

Fig. 2

Piattaforma esterna
(successione carbonatica)

strati ---

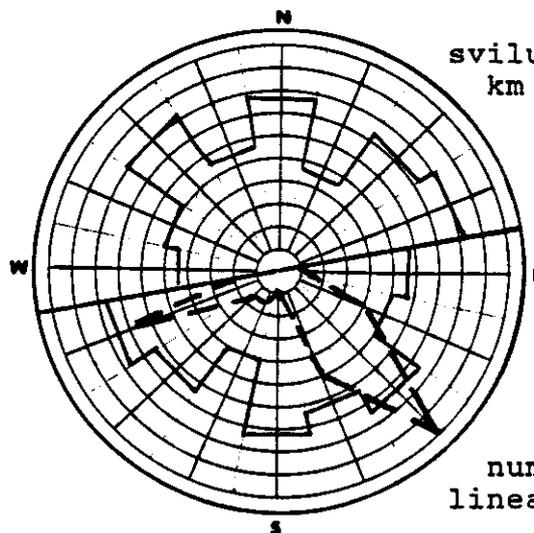


sviluppo totale
km 1.239

numero totale
lineazioni: 1.725

Piattaforma esterna
(successione pelitico
flisciode)

strati ---



sviluppo totale
km 277

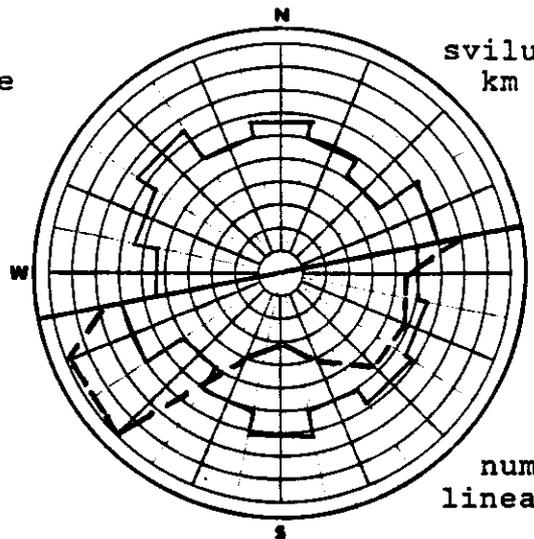
numero totale
lineazioni: 400

Fig. 3

Unità tardo e post-orogene

sviluppo totale
km 2.492

strati ---

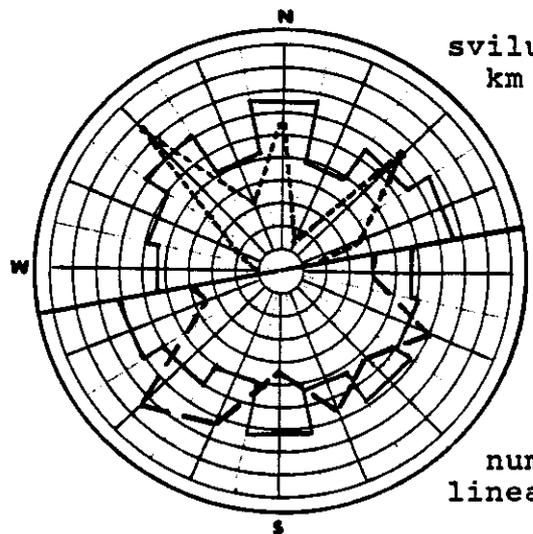


numero totale
lineazioni: 2.613

Campo totale

sviluppo totale
km 5.372

lineazioni Landsat ----
strati ---



numero totale
lineazioni: 6.694

aperto verso S; una prima secondaria con apice poco marcato ma ben definito sulla direzione SSE ed un'ultima secondaria leggermente più aperta ubicata su ESE.

Anche se sono evidenti piccole sfasature nei picchi di frequenza tra le fratture e le direzioni di strato lungo le direzioni centrate intorno a NO e a NE, il diagramma fa pensare ad una connessione abbastanza stretta tra la fratturazione ed i fenomeni di piegamento lungo le due sopraelencate direzioni. Tale concordanza al contrario è meno evidente lungo la direttrice NS dove le direzioni di strato accusano un minimo accentuato.

I vari diagrammi riferiti alle unità strutturali (figg. 1,2,3) non si differenziano molto nella struttura da quello dell'area totale sia nel settore delle fratture, sia in quello delle direzioni di strato.

Relativamente alla fratturazione è interessante notare che nel diagramma della piattaforma interna si ha, oltre ad una marcata distribuzione nel settore N-NO, una subordinata E-0 ed un minimo in corrispondenza dell'azimuth NNE. Nei diagrammi pertinenti alle altre unità strutturali si ha, passando dalla piattaforma esterna carbonatica fino alle unità tardo e post-orogene, un graduale impoverimento della frequenza lungo la direttrice E-0 con una collaterale crescita della direttrice NNE.

Lo sfasamento di distribuzione azimutale delle fratture nel diagramma relativo alla piattaforma interna, può essere interpretato non solo come derivante da cause locali (i sedimenti carbonatici di piattaforma interna sono poco estesi e tutti concentrati nell'angolo sud occidentale), ma anche come effetto derivante da un fenomeno a larga scala che di conseguenza giustificerebbe la presenza delle due piattaforme.

La sola analisi delle fratture, non può risolvere questo problema in quanto spesso piattaforme diverse sono state interessate nello spazio e nel tempo da medesime deformazioni. Nel nostro caso però all'anomalia derivante dall'analisi della fratturazione si aggiunge anche una variazione litologica.

Le direzioni strutturali predominanti, ENE, NO, N-S, sembrano strettamente associate fra loro e inseribili in un modello che si adatti alla spinta compressiva E-O verificatasi in tempi recenti (Mio-pliocene) e responsabile del sollevamento della catena appenninica.

Il risultato di uno sforzo compressivo si esplica mediante deformazioni che comportano fenomeni di taglio con sviluppo di sistemi di fratture preferenziali, cui si associano sistemi di ordine inferiore con precisi versi della direzione di movimento.

Nel nostro caso il modello è descritto da una direzione principale di taglio ENE di segno sinistro ben sottolineata dalle immagini da satellite, alla quale si associano elementi di taglio coniugati dei trend NE e N-S. I primi rappresentano le fratture sintetiche di Riedel, i secondi, quelle del quadrante N-S, le antitetiche di Riedel, entrambe, come evidenziano le immagini da satellite (fig. 4), di segno destro.

La direzione NO è costituita e da fratture più lunghe e quindi a carattere regionale prodottesi nella fase di rilassamento plio-pleistocenica, le quali hanno disegnato le numerose depressioni intrappenniniche tra cui la Valle Latina, e dalla fratturazione minuta coincidente con parte dei fronti di sovrascorrimento delle varie unità e del complesso sicilide.

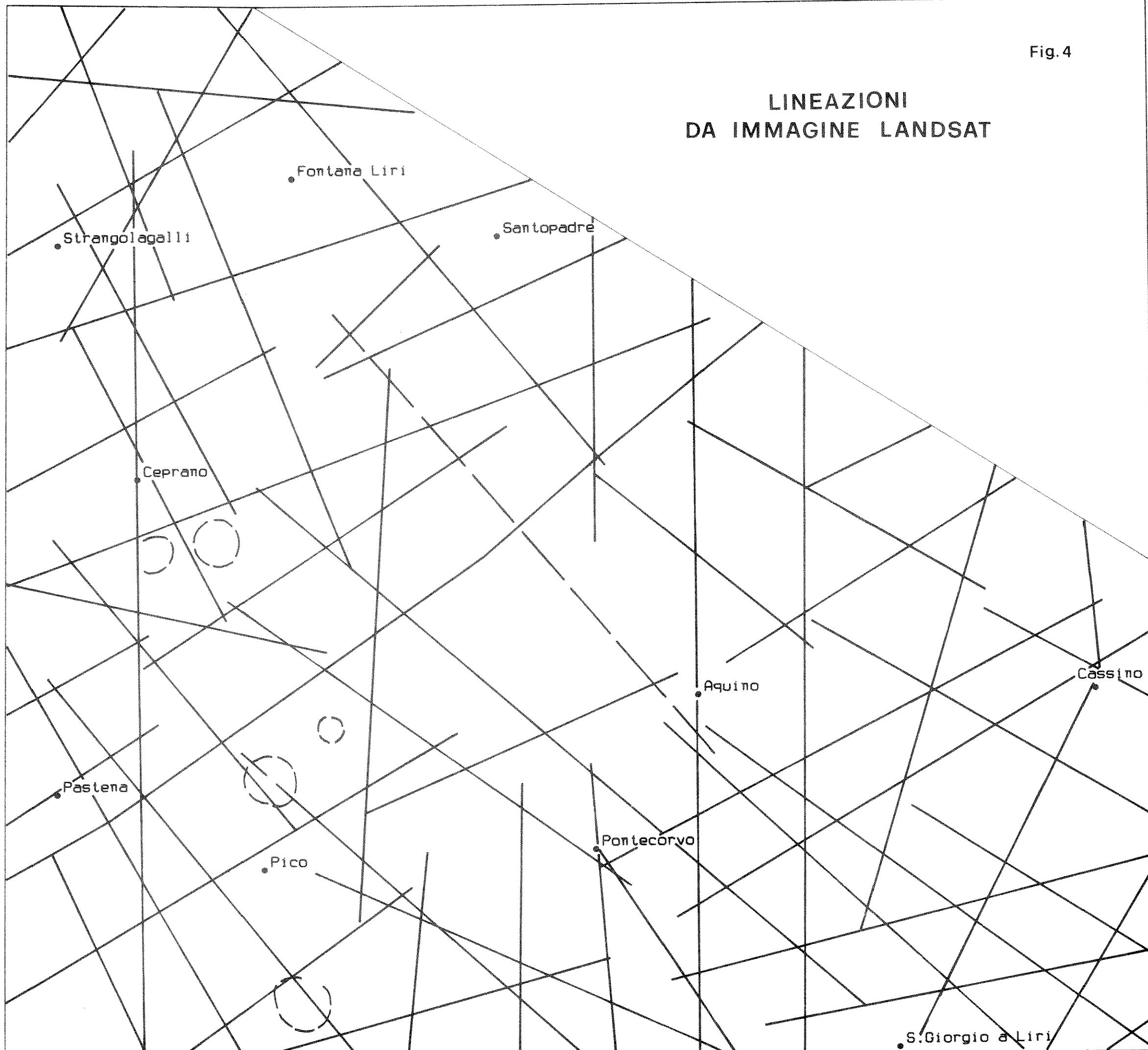
6.2. DENSITA' DEL CAMPO TOTALE DELLE FRATTURE (Tav. 7)

L'osservazione della densità di fratturazione trova la sua migliore applicazione nelle aree con depositi plio-cenico-quadernari dove possono esistere strutture, anche importanti, sepolte o mal individuabili attraverso lo studio convenzionale della geologia di superficie.

Ricordiamo che nell'esame della densità di fratturazione conviene limitarsi a prendere in considerazione le grandi linee della distribuzione, tenendo conto anche che aree intensamente coltivate o di alluvionamento quaternario e recente mostrano densità basse dovute a copertu-

Fig. 4

LINEAZIONI DA IMMAGINE LANDSAT



na.

I forti aumenti di densità, oltre ad essere concentrati come d'altronde ovvio nelle aree interessate dai sedimenti delle due piattaforme, sono presenti anche nelle aree pianeggianti della Valle Latina.

La presenza di tali anomalie è molto interessante perchè offre un valido elemento aggiuntivo a quanto già emerso dalle Tav. 2, 3 e 4.

Sovrapponendo alla densità la carta delle direzioni di strato è possibile notare che nell'area pianeggiante posta in sinistra del fiume Liri, ai massimi di densità di fratturazione corrispondono gli assi delle strutture espresse dalle direzioni di strato.

Il confronto nella stessa area sopra indicata della tavola 7 con la 3 e la 4 mostra come ad un massimo di densità di fratturazione corrispondano un massimo di densità di drenaggio e valori massimi di energia del rilievo mentre ai minimi di densità di fratturazione corrispondano una totale assenza di drenaggio e valori minimi di energia del rilievo.

La presenza di un preciso fenomeno è così confermata dai dati omogenei scaturiti dalle tre diverse vie di approccio, geologico, morfologico e dall'analisi delle fratture su cui si impernia l'intero studio.

Questo fenomeno, come già ipotizzato nel paragrafo 5.1. consisterebbe in un continuo ed attuale movimento differenziato dell'area pianeggiante della Valle Latina di tipo positivo a SO in prossimità del fiume Liri, negativo a NE in prossimità del massiccio "Monte Cairo".

Gli effetti del fenomeno descritto si esplicano:

- nella tav. 3, in un dolce movimento delle misure di strato dedotte da morfologia, che di conseguenza suggeriscono la presenza di strutture plicative positive e negative;
- nella tav. 4, con un reticolo idrografico in spiccata fase giovanile e quindi in forte erosione nella parte più meridionale e con assenza di drenaggio nella parte più settentrionale soggetta ad una continua subsidenza negativa;
- nella tav. 5 con una distribuzione qualitativa e quantitativa delle isodenze che disegnano un allineamento di anomalie negative parallelamente ed al piede del massiccio di "Monte Cairo" ed una serie di anomalie positive immediatamente a sud e sud-est del sopra indicato allineamento.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE (Tav. 8)

Il confronto dei documenti ottenuti dallo studio geologico, morfologico e dell'analisi delle fratture sia da foto aeree che da immagini Landsat, ha permesso la costruzione della tavola n. 8 la quale fornisce una rapida visualizzazione dello schema strutturale dell'area.

Nell'elaborato sono stati indicati sovrascorrimenti, faglie con movimento orizzontale e verticale, immersione approssimata dei blocchi del substrato calcareo e gli assi delle principali strutture plicative positive.

L'intera area è interessata da allineamenti prevalentemente concentrati nelle direzioni: NO-SE appenninica, NE-SO antiappenninica e N-S meridiana.

- La direzione NO-SE appenninica, corrisponde nel diagramma delle lineazioni da satellite ad un massimo assoluto ed in quello della fratturazione minuta ad un massimo relativo.

Tale situazione suggerisce la presenza lungo questa direzione di una serie di fratture subverticali e con forte angolazione sia di tipo inverso (margine orientale dei rilievi calcarei), sia di tipo diretto (versante occidentale degli stessi), in cui il movimento predominante od esclusivo è quello verticale.

Prevalentemente a questo tipo di fratture è da imputarsi la formazione della valle Latina.

- La direzione NE-SO antiappenninica è indicata da un forte massimo relativo che si apre verso ENE, sia nel diagramma delle lineazioni da satellite, sia in quello della fratturazione minuta; quest'ultima presenta un massimo assoluto sfalzato di circa 20° rispetto alla direzione NE-SO che sembra particolarmente accentuato nei diagrammi parziali relativi alle unità mioplioceniche e recenti.

Tale sfasamento, evidenziato anche dalle lineazioni da satellite e dagli allineamenti di equidensità di fratturazione, può essere conseguenza del fatto che la coltre superiore sedimentaria ha reagito in maniera diversa da quella calcarea e rigida più profonda.

Infatti, mentre la reazione agli sforzi nel substrato rigido ha prodotto come conseguenza lunghe fratture (visibili nelle immagini Landsat) con direzione NE-SO, nella coltre plastica superiore ha generato una fratturazione minuta (rilevabile sulle foto stereoscopiche) leggermente angolata rispetto alla precedente.

Le grosse lineazioni con direzione NE-SO, risultano intersecate da un elevato numero di fratture minori di cui la maggior parte associata alla direzione N-S; tale direzione presenta quindi un'angolazione di circa 40° con le lineazioni lunghe ad andamento antiappenni-

nico.

Facendo riferimento agli esperimenti di Riedel ed in conformità con precedenti studi eseguiti da Geomap nell'Appennino centro meridionale, quanto sopra esposto suggerisce, lungo le lineazioni NE-SO, movimenti con prevalente componente orizzontale sinistra.

- Il trend N-S meridiano, ben evidenziato nel diagramma dalle lineazioni lunghe e dalla fratturazione minuta, sembra legato sia ad una fratturazione dei terreni carbonatici come mostrano i diagrammi parziali delle piattaforme, sia come sopra ipotizzato, alla fratturazione NE-SO.

Gli effetti più appariscenti di questo trend di fratturazione sono sottolineati nella tavola (8).

Le linee situate nella parte occidentale definiscono una banda di blocchi rialzati che coincidono con forme circolari individuate nelle immagini Landsat.

Queste forme, legate probabilmente al fenomeno vulcanico presente più a NO nei colli Albani, hanno rallentato in parte (zona di Pico) il sovrascorrimento verso NE della piattaforma interna.

In quest'area è presente l'anticlinale di Colle Tronco, ben definita sui fianchi e nella sua chiusura; perforazioni poco profonde (circa 400-700 metri) eseguite sul fianco settentrionale (S. Giovanni Incarico)

sono state in produzione durante gli anni quaranta. Il pozzo Pico 1, eseguito nel 1986 e profondo circa 600 metri, è stato caratterizzato da manifestazioni di idrocarburi liquidi.

La linea più occidentale (quella di Cassino) delimita al contrario una fascia di sprofondamento coincidente con la valle del fiume Gari.

Nella porzione meridionale di questa fascia il substrato calcareo dovrebbe raggiungere quote negative maggiori e di conseguenza i sedimenti tardo e post-orogeni dovrebbero presentare una potenza massima.

Nella porzione nord-occidentale dell'area di studio è stata individuata l'anticlinale di Strangolagalli (1); nel fianco meridionale di questa struttura sono stati eseguiti dei pozzi alcuni dei quali produttivi, che hanno raggiunto una profondità compresa tra i 400 e i 700 metri.

Le anticlinali Tore (3), Ravano (4), Salvarocci (5) e Piumarola(6) sono impostate su un sistema di blocchi centrali rialzati, i quali assottigliano la coltre sedimentaria compresa tra l'Oligocene ed il recente.

Per quanto sopra esposto la zona dei "blocchi rialzati" segnalata nella porzione sud-orientale dell'area studiata ed in particolare modo quelle più prossime alle

strutture positive e sommerse individuate, dovrebbero rivelarsi, unitamente alle anticlinali di Strangolagalli (1) e colle Tronco (2), le più favorevoli ad un esito positivo dell'esplorazione.

Se dalle future indagini di sottosuolo scaturissero dati non collimanti perfettamente con il quadro geologico emerso dal nostro studio basato esclusivamente su dati di superficie, saremmo ben lieti di ridiscutere le nostre conclusioni alla luce delle nuove conoscenze.

8. BIBLIOGRAFIA

- Accordi B.: "La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino Laziale-Abruzzese".
Geologica Romana, vol. 5, 1966
- Agostini S., Forti P.: "Indagine sismotettonica dell'area carsica a sud est di Latina con metodi speleologici". CNR Pubbl. n. 513, 1982.
- Angelucci A.: "La serie Miocenica nella media valle Latina".
Geologica Romana, vol. 5, 1966.
- Angelucci A., Devoto G.: "Geologia del Monte Caccume".
(Frosinone)
Geologica Romana, vol. 5, 1966.
- Beneo E. : " Le zone strutturali e le possibilità petrolifere della valle Latina (Lazio)".
Boll.R.Uff.Geol. d'Italia, vol. 67, 1942.
- Castellarin A. et altri: "Fasi distensive, trascorrenze e sovrascorrimenti lungo la linea Ancona-Anzio dal Lias medio al Pliocene".
Geologica Romana, vol. 17, 1978.
- Cocco E. et alii: "Les faciès sedimentaries miocènes du Bassin Irpinien (Italie Meridionale)".
Atti Accademia Pontoniana, vol. 21, n. 281.
- Colacicchi R. : "Le caratteristiche della facies abruzzese alla luce delle moderne indagini

geologiche".

Mem.Soc.Geol.Ital., vol. 5, Fasc. 1, 1966.

Damiani A.V.: "Ipotesi di lavoro per l'inquadramento neotettonico dell'area Lepina-Simbruino-Ennico-Marsicana".

CNR Pubbl. n. 506, 1982.

Fancelli R. et alii: "Considerazioni sull'assetto tettonico dell'Appennino calcareo centro-meridionale".

Mem.Soc.Geol.Ital., vol.5, 1966.

Funicello R. - Parotto M.: "Il substrato sedimentario nell'area dei colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine Tirrenico dell'Appennino centrale".

Geologica Romana, vol. 17, 1978.

Funicello et alii: "Domini di lineamenti e di fratture in Italia".

Ist.Geol.Paleont.Univ. Roma, n. 42, 1979.

Funicello R. et alii: "Lineamenti geologici dell'area Sabina orientale".

Boll.Soc.Geol.Ital., vol. 95, 1976.

Ippolito F. et alii: "Unità stratigrafico-strutturali e schema tettonico dell'Appennino meridionale".

Ist.Geol.Pal.Univ.Napoli, n. 15, 1973.

Manfra L., Masi U., Turi B.: "La composizione isotopica dei Travertini del Lazio".

Geologica Romana XV, 1976.

Mostardini F. - Merlini S.: "Appennino Centro Meridionale sezioni geologiche e proposte di modello strutturale".

Mem.Soc.Geol.Ital. XXXV, 1986.

Ogniben L. et alii: "Structural Model of Italy" e Carta a scala 1.000.000.

C.N.R. Quaderni della Ricerca Scientifica, 1975.

Pescatore T. - Ortolani F.: "Schema tettonico dell'Appennino Campano-Lucano".

Boll.Soc.Geol.Ital., vol. 92, 1973.

Pescatore T.: "Evoluzione Tettonica del bacino irpino durante il Miocene". Boll.Soc.Geol.Ital. XCVII, 1978.

Praturlon A. - Sirna G.: "Ulteriori dati sul margine cenomaniano della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese".

Geologica Romana, vol. 15, 1976.

Sabella A.: "Origine, andamento e stato attuale delle ricerche di idrocarburi nel territorio della provincia di Frosinone".

Cam.Comm.Ind.Agric.Frosinone, Collana Monografie Economiche, 3, 1953.

Scioli A.: "Le ricerche di idrocarburi nella regione laziale".

L'industria mineraria, Anno 23, 1972.

Selli R.: "Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia meridionale".

Mem.Soc.Geol.Ital., vol. 3, 1962.

Sgrosso I.: "Sottoscorrimenti o sovrascorrimenti nell'orogene appenninica?"

Rend.Soc.Geol.Ital. 6, 1983.

Sgrosso I.: "Alcuni dati sulla possibile presenza di una quarta piattaforma carbonatica nell'Appennino centro-meridionale".

Rend.Soc.Geol.Ital. 6, 1983.

Sgrosso I.: "Criteri ed elementi per una ricostruzione paleografica delle zone esterne dell'appennino centro-meridionale".

Mem.Soc.Geol.Ital. XXXV, 1986.

Servizio Geologico d'Italia: "Note illustrative dei fogli n. 160 Cassino a scala 1:100.000 e n. 389 Anagni a scala 1:50.000.