

CARLO BARTOLINI (*)

SU ALCUNE SUPERFICI SOMMITALI DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE (prov. di Lucca e di Pistoia) (**)

ABSTRACT: BARTOLINI C., *Summit areas in Northern Apennines (Lucca and Pistoia provinces)* (IT ISSN 0084-8948, 1980). A few summit areas of low relief lying between the Serchio river and Pistoia have been investigated in order to understand their origin. The description of such areas has been carried out by means of: a) profiles of divides drawn from topographic maps at scale 1:25 000; b) photogrammetric profiles of rivers draining the low relief areas; c) frequency distributions of contour lines in the studied area; d) an hypsographic curve obtained from a digital model of the studied area. From the analysis of such points the anomalous character of the low-relief areas within the Apennines relief has been pointed out.

A few additional analyses were then carried out in order to obtain a close-up image of the low relief morphologies; they include: e) frequency distributions of the contour lines lying within the seventeen low-relief areas identified on aerial photographs; f) an hypsographic curve of the former, drawn from the digital model; g) a photogrammetric study of a sample area. The purpose of the photogrammetric mapping was primarily to give a better description of the low relief morphology as compared with that available through ordinary maps; moreover it allowed to test the accuracy of the digital model obtained from such maps.

On the basis of their morphological features and of their geological setting, the low-relief summit areas are interpreted as uplifted palaeomorphologies. The age of the latter will be dealt of elsewhere when both geologic as well as pedologic elements will be fully worked out.

RIASSUNTO: BARTOLINI C., *Su alcune superfici sommitali dell'Appennino settentrionale (prov. di Lucca e Pistoia)* (IT ISSN 0084-8948, 1980). Lo studio riguarda alcune superfici sommitali a moderata energia del rilievo. Si tratta principalmente dell'Altopiano delle Pizzorne e della zona Macchia Antonini-Margine di Momigno; lembi sparsi di minori dimensioni si trovano però in tutta la parte centrale, più elevata, dell'area compresa fra il Serchio a valle di Bagni di Lucca e la città di Pistoia. Assai più problematiche sono le possibili vestigia presenti in Garfagnana.

La descrizione è stata condotta utilizzando in maniera articolata e diversificata la cartografia e le riprese aeree disponibili. Dalla cartografia IGM è stato ottenuto un modello digitale del terreno relativo ad un'area di 636 km² situata ad WNW di Pistoia. L'elaborazione dei dati forniti dal modello ha consentito di evidenziare il carattere anomalo della morfologia delle superfici sommitali nel contesto del rilievo appenninico.

Una successiva fase di indagine è costituita dalla analisi delle sole superfici sommitali, identificate e delimitate con la fotointerpretazione; la descrizione è stata condotta sia utilizzando lo stesso modello digitale che (limitatamente all'area campione dell'Alto-

piano delle Pizzorne) un rilievo fotogrammetrico appositamente eseguito con criteri tali da consentire anche il confronto metodologico fra modello digitale diretto (da riprese aeree) e indiretto (da cartografia).

La caratterizzazione morfologica ha costituito la base della successiva discussione sull'origine delle superfici sommitali interpretate, in assenza di cause di carattere strutturale passivo, come residui di una antica superficie d'erosione meno incisa di quella attuale.

Il problema dell'età, così importante per quanto riguarda l'evoluzione neotettonica della regione, viene affrontato in questa sede in maniera preliminare, in attesa di ottenere un quadro più esauriente e completo combinando gli indizi indiretti morfologici con quelli diretti pedologici.

TERMINI CHIAVE: dinamica morfologica; superficie d'erosione; cartografia automatizzata; Appennino settentrionale.

PREMESSA

Quando all'inizio del secolo cominciarono a diffondersi le teorie di DAVIS sul ciclo d'erosione, alcuni studiosi (BRAUN, 1907; STEFANINI, 1908; SAWICKI, 1909 b) intrapresero sulla scorta di queste idee lo studio morfologico dell'Appennino Settentrionale.

« Pianalti » e terrazzi vennero riconosciuti e talora datati con l'accuratezza che le modeste conoscenze sulla Geologia e la Stratigrafia allora consentivano. È assai probabile che all'interpretazione dei cosiddetti « pianalti » come residui di una morfologia non in equilibrio con l'attuale, abbia contribuito direttamente il DAVIS nel corso del « viaggio di studio » da lui effettuato insieme ad altri studiosi (SAWICKI, 1909 a) attraverso l'Appennino Centro-Settentrionale nell'estate del 1908.

(*) Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Firenze.

(**) Pubblicazione n. 91 del Centro di Studio CNR per la Geologia dell'Appennino in rapporto alle Geosinclinali Mediterranee, eseguita con il parziale contributo del P.F. Geodinamica, Sottoprogetto Carta Neotettonica, contratti nn. 77.008000.89 e 78.00867.89. La presente Memoria costituisce il terzo contributo della Serie « STUDI DI GEOMORFOLOGIA E NEOTETTONICA »: i precedenti sono stati pubblicati nelle « Memorie della Società Geologica Italiana, voll. 10 (1971) e 13 (1974) ».

In seguito numerosi autori (LIPPARINI, 1933; SESTINI A., 1939, 1950; CAMERINI, 1942; GHELARDONI, 1958; SAGGINI, 1963; BORTOLOTTI, 1964; CANUTI & *alii*, 1966; PANIZZA, 1968; SESTINI G., 1970; TREVISAN & *alii*, 1971) hanno riferito sulla presenza di « superfici sommitali » spianate e più esplicitamente di una morfologia da tali autori definita « matura », sia sul versante tirrenico che su quello adriatico dell'Appennino Tosco-Emiliano.

Recentemente BERNINI & *alii* (1977) si sono interessati in maniera approfondita alle paleosuperfici del versante emiliano dell'Appennino (nella zona compresa fra il T. Nure e il T. Secchia) analizzandone la distribuzione areale ed altimetrica. Per quanto riguarda l'età, quelle presenti nella zona di Castelnuovo ne' Monti vengono attribuite da questi AA. al Würm. Tenuto conto anche del fatto che esse si estendono dallo spartiacque appenninico fino al limite della pianura, gli autori ritengono probabile che si tratti di « superfici residue » eterogenee per età ed evoluzione.

In generale le paleosuperfici dell'Appennino sono state considerate dai più (CASTIGLIONI B., 1934; CANUTI & *alii*, 1966) come probabilmente appartenenti ad un ciclo di erosione pliocenico.

Per quanto riguarda in particolare l'area cui si riferisce questo studio, e che risulta limitata a N dal T. Limestre e dal F. Lima fino alla confluenza con il F. Serchio, ad E dall'Ombrore Pistoiese, a S dalla pianura di Lucca-Montecatini e ad W dal Serchio, SESTINI (1939), SAGGINI (1963) e TREVISAN & *alii* (1971) vi fanno un fugace accenno che prescinde comunque da valutazioni cronologiche. Detta area, rappresentata in tav. 1, sarà indicata nel testo come area SOLL dalle iniziali dei quattro corsi d'acqua che la delimitano.

Subordinatamente, dato il minore interesse ai fini dello studio, viene preso in esame anche il versante occidentale della Garfagnana.

Il presente lavoro, che riporta i principali risultati delle elaborazioni cartografiche e fotogrammetriche e delle osservazioni di campagna effettuate fra il 1974 e il 1979, si propone di fornire soprattutto una descrizione delle superfici d'erosione sommitali nel quadro dell'orografia appenninica e di discuterne l'origine. Il problema dell'età sarà affrontato in maniera del tutto preliminare in questa sede e formerà invece l'oggetto di una successiva nota relativa anche ai risultati delle indagini pedologiche, tuttora in corso.

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

La ricorrente presenza di crinali a bassa energia del rilievo domina il paesaggio della parte marginale dell'Appennino pistoiese e lucchese e caratterizza anche, in parte, il margine orientale delle Alpi Apuane ⁽¹⁾. Si tratta di aree più o meno estese (tav. 1) che, se analizzate a

piccola scala, possono essere descritte come crinali suborizzontali (figg. 1-2, 5, 27) ma che nei dettagli presentano un rilievo tale da giustificare il termine di « pianalti » solo in senso relativo all'area appenninica, mediamente assai più accidentata, ma non assoluto. Sono infatti semplicemente zone sommitali a morfologia meno contrastata di quella che si riscontra nelle aree limitrofe.



FIG. 1 - La dorsale Panicagliora - Poggio Treserre, da Serra Pistoiese.



FIG. 2 - L'Altopiano delle Pizzorne, da Serra Pistoiese. Si noti la leggera inclinazione verso sinistra del profilo montuoso.

La particolarità morfologica risiede, infatti, non tanto nella scarsità di « rilievo » quanto nel fatto che i numerosi spartiacque sono assai poco elevati sui loro fondivalle abbondantemente alluvionati e a debole pendenza (fig. 26). L'impressione che in definitiva se ne trae è che tali aree, attualmente situate in prevalenza intorno agli 800 ÷ 900 m di quota, fossero, in passato, assai prossime al loro livello di base.

PROFILI ALTIMETRICI DEI CRINALI

L'analisi delle distribuzioni geografica ed altimetrica di queste forme è stata affrontata con una graduata pluralità di indagini riguardanti nell'ordine:

a) i profili altimetrici di crinali tratti dalla cartografia a scala 1:25 000;

⁽¹⁾ Altri profili suborizzontali sono presenti, a SE dell'area studiata, lungo il margine orientale del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia.

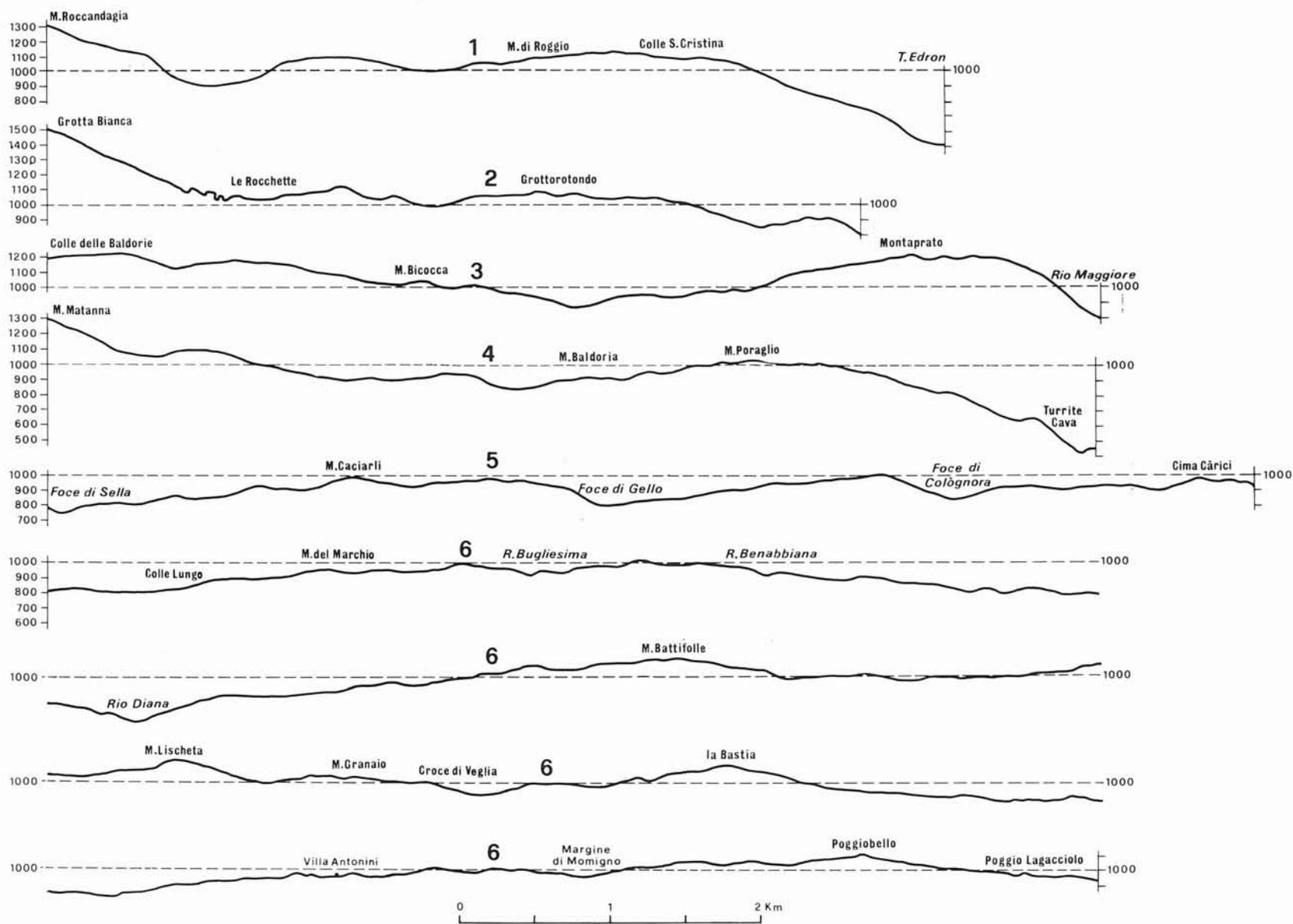


FIG. 4 - Profili topografici, ricavati dalle tavolette IGM, relativi alla Garfagnana (1 - 5) e all'Appennino pistoiese e lucchese (6). Quest'ultimo, sebbene continuo, è stato suddiviso in quattro settori per opportunità di rappresentazione.

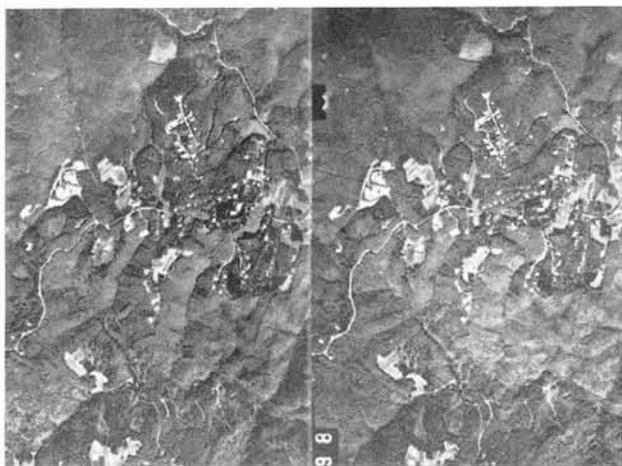


FIG. 5 - Coppia stereoscopica a scala 1:30 000 circa, relativa alla zona denominata *Il Bimbo*, fra Serra e Momigno (cf. tav. 1). È evidente il contrasto morfologico fra aree sommitali e versante. (Concessione S.M.A. n. 0418 del 14 agosto 1980).

b) i profili longitudinali di alcuni corsi d'acqua attestati sulle superfici sommitali, ottenuti fotogrammetricamente;

c) la distribuzione di frequenza delle isoipse nell'area compresa fra Serchio, Ombrone, Limestone e Lima (area SOLL) tratta dalla cartografia a scala 1:100 000;

d) la distribuzione altimetrica dell'area SOLL ottenuta attraverso un modello digitale della cartografia citata;

e) la distribuzione di frequenza delle isoipse comprese entro le 17 superfici sommitali individuate nell'area SOLL con la fotointerpretazione;

f) la distribuzione altimetrica complessiva delle stesse superfici ottenuta attraverso lo stesso modello digitale;

g) il rilievo fotogrammetrico di un'area campione, l'Altopiano delle Pizzorne.

Lo studio morfologico si muove, come si può vedere dall'elenco, dal generale al particolare. Esso tende infatti anzitutto ad oggettivare l'esistenza delle superfici sommitali e solo in un secondo tempo a descriverne le caratteristiche.

La fig. 4 mostra alcuni profili di crinali relativi sia a questa parte dell'Appennino che alla Garfagnana, ricavati dalle tavolette IGM. I crinali della Garfagnana risultano (cf. in particolare i profili 1 e 4) da un lato sospesi rispetto al Graben del Serchio ed ai fondivalle dei suoi tributari di destra, e dall'altro dominati dai rilievi del nucleo metamorfico apuano. I crinali suborizzontali dell'area SOLL (cf. profilo 6) costituiscono invece, entro quest'area, le sommità in senso assoluto. Per tale motivo vengono designati col termine puramente descrittivo di superfici sommitali. Il fatto che essi possano costituire, come vedremo più avanti, delle paleosuperfici (*sensu* ADAMS, 1975) è ovviamente una inter-

pretazione e si colloca come tale in una successiva fase del lavoro ⁽²⁾.

Gli istogrammi di frequenza delle quote, per classi di 50 m di dislivello, sono riportati in fig. 6. Per quanto riguarda i profili da 1 a 5, sono stati esclusi dal computo i tratti di crinale più alti di 1 200 m e più bassi di 800 che per la loro forte pendenza risultano certamente estranei all'oggetto dell'indagine. Il profilo 6 è stato invece misurato interamente (fig. 3). L'istogramma relativo (fig. 6) si presenta caratterizzato da un'evidente asimmetria negativa e da un valore abbastanza elevato della frequenza relativa delle classi più diffuse: la curtosi è pari ad 1 e la classe modale comprende oltre il 30 % della distribuzione. Al contrario l'istogramma cumulativo per i profili da 1 a 5 ha una debole asimmetria positiva ed è platicurtico (scarsa frequenza relativa delle classi più diffuse).

Al fatto che la quota media sia leggermente maggiore per i profili della Garfagnana non si può attribuire alcun significato dal momento che per questo gruppo di profili, i limiti della distribuzione sono stati scelti arbitrariamente. La quota media del profilo 6 costituisce invece un dato obiettivo ma limitato rispetto all'insieme delle superfici sommitali la cui descrizione altimetrica richiede, per essere esauriente, un approccio di carattere areale.

PROFILI DEI CORSI D'ACQUA E PATTERN DEL DRENAGGIO

Lo studio morfologico areale è stato riservato esclusivamente all'area SOLL in quanto qui (e non in Garfagnana) sono presenti anche delle superfici sommitali e non solo dei crinali ad andamento suborizzontale.

Un primo approccio indiretto alla caratterizzazione areale di tali superfici è consistito nell'esecuzione dei profili longitudinali di alcuni corsi d'acqua (figg. 7 e 8) che presentano un profilo convesso assai caratteristico (fig. 9). Infatti mentre il tratto prossimale di tali aste fluviali si inserisce perfettamente, con un fondovalle abbondantemente alluvionato, entro il rilievo attenuato delle superfici in oggetto, il tratto distale è caratterizzato da una pronunciata erosione lineare che ha prodotto anche profonde forre. Tale andamento costituisce una prima testimonianza dell'esistenza di aree sommitali a morfologia meno acclive di quella attuale, aggredite dall'erosione regressiva di corsi d'acqua che su di esse hanno origine. Gli esempi più caratteristici fra i quali sono stati scelti quelli presentati in fig. 8 sono relativi alla zona a Sud della Macchia Antonini (profili a-e) e all'Altopiano delle Pizzorne (profilo f). I profili sono stati ottenuti ⁽³⁾ per fotorestituzione del Volo « Regione Toscana » (1976; scala 1:15 000 circa).

⁽²⁾ La separazione dei fatti (superfici sommitali) dalle interpretazioni (paleosuperfici), che nel testo appare un po' artificiosa e ingenua riflette però l'effettivo approccio metodologico.

⁽³⁾ Restituzione fotogrammetrica eseguita dall'EIRA nel gennaio 1977.

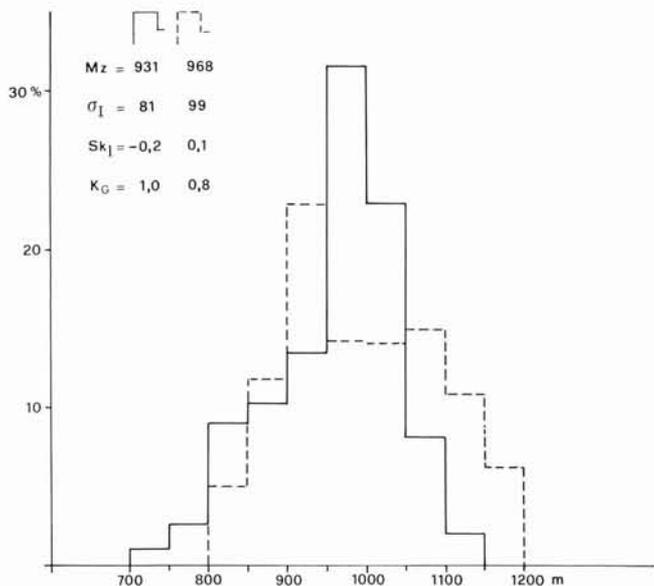


Fig. 6 - Istogramma di frequenza delle quote dei profili 1 - 5 (a tratteggio) e 6 (a tratto continuo) riportati in fig. 4, raggruppate in classi di 50 metri. Momenti grafici delle distribuzioni.

Anche il reticolo idrografico, restituito dalle foto aeree IGM (volo « GAI » 1954, scala 1:33 000 circa (fig. 10) presenta alcune anomalie costituite da gomiti più o meno accentuati presenti in corrispondenza dei limiti esterni delle due superfici sommitali di maggiori dimensioni, riportate in figura. Potrebbe essere, questa, una testimonianza dell'avvenuta riorganizzazione del reticolo in seguito al sollevamento (vedi avanti).

ANALISI AUTOMATICA DEI DATI NELL'AREA « SOLL » AL CONTINUO E MEDIANTE MODELLO DIGITALE

I risultati fin qui descritti hanno stimolato un ampliamento dell'indagine topografica al fine di caratterizzare in modo più esauriente le superfici sommitali nell'ambito del rilievo appenninico. È stata quindi eseguita la digitalizzazione al continuo delle isoipse della cartografia IGM a scala 1:100 000 relative all'area oggetto di studio (tav. 1) mediante un campionamento automatico che consente di adeguare la frequenza dei punti campionati alla tortuosità della curva ⁽⁴⁾.

La fig. 11 mostra un esempio di digitalizzazione ingrandito di quattro volte e relativo alla finestra riportata a tratteggio in tav. 1, dal quale risulta, anche per confronto con la cartografia originale, l'entità dell'approssimazione inerente al metodo. I punti che costituiscono l'archivio magnetico al continuo sono in totale 30 899.

Successivamente è stata eseguita la normalizzazione dei dati per il trattamento sul continuo. Questo è consistito nel calcolo del numero e dello sviluppo lineare

⁽⁴⁾ L'esecuzione dei programmi di calcolo è stata curata dal dr. A. Trojani, Geosystem, Firenze, presso il Centro di Calcolo dell'Università di Firenze.

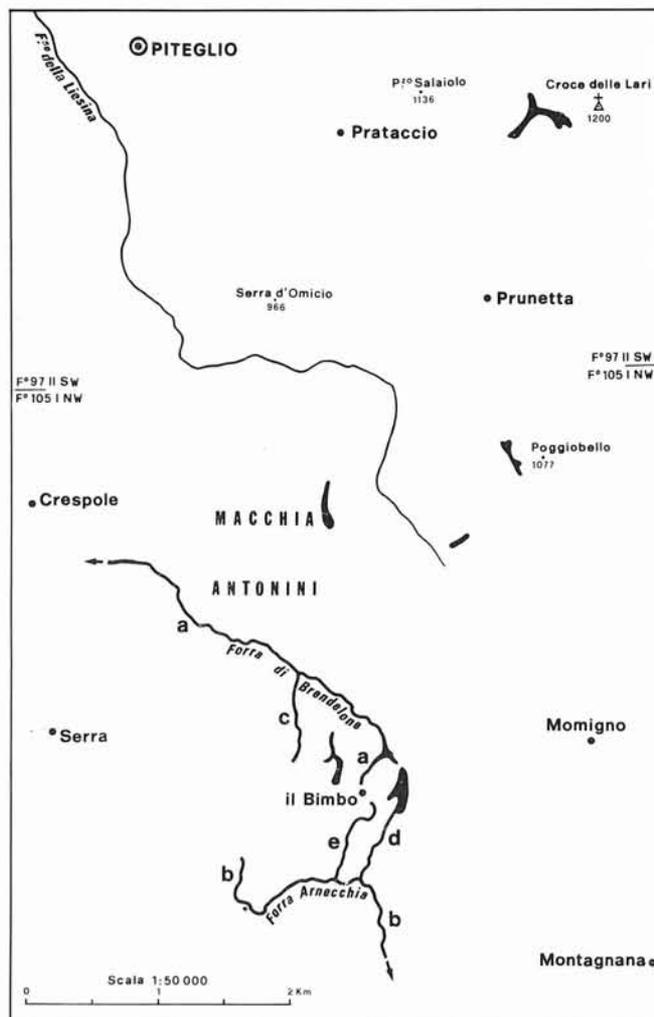


Fig. 7 - Tratti di aste fluviali della zona della Macchia Antonini per i quali sono stati restituiti i profili longitudinali riportati in fig. 9 (profili a, b, c, d, e). Fondivalle alluvionati delle superfici sommitali della zona Macchia Antonini - Margine di Momigno.

delle isoipse comprese tra i 50 e i 1 200 m. I risultati sono rappresentati in forma di istogramma nella fig. 12.

Per poter eseguire anche un'analisi areale della zona oggetto di studio si è proceduto alla discretizzazione dell'insieme continuo dei dati contenuti nell'archivio magnetico creato nella fase iniziale. A tal fine è stata generata automaticamente una maglia di densità 200 x 200 metri pari a 2 x 2 millimetri sul supporto cartografico di acquisizione (scala 1:100 000). I punti nodali del reticolo così creato sono 18 096.

La quota di ciascun punto nodale è la media delle quote di tutti i punti al continuo presenti entro il quadrato di 200 metri di lato di cui il punto nodale costituisce il centro. Per interpolazione ed estrapolazione lineare rispetto ai punti nodali così quotati vengono invece determinate le quote dei punti nodali che distano più di 200 metri da punti dell'insieme continuo.

Le terne di coordinate dei punti nodali (nonché le pendenze, determinate automaticamente in relazione alle

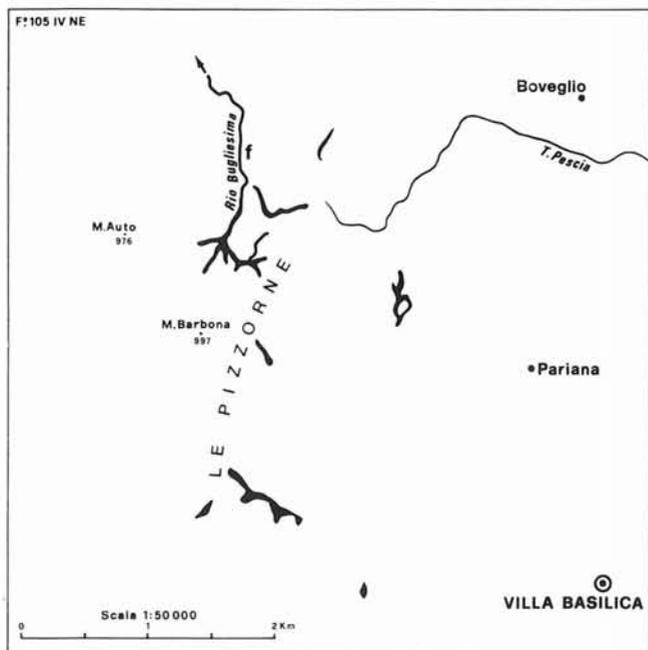


FIG. 8 - Tratto del Rio Bugliesima per il quale è stato restituito il profilo longitudinale riportato in fig. 9 (profilo *f*). Fondivalle alluvionati delle superfici sommitali dell'Altopiano delle Pizzorne.

quote degli altri tre vertici di ogni maglia) costituiscono il *modello digitale del rilievo*. È evidente che l'attendibilità del modello, rispetto alla rappresentazione cartografica di base, dipende dalle dimensioni della maglia, che d'altra parte devono essere determinate anche tenendo conto della densità delle isoipse nell'archivio al continuo. Nel nostro caso una maglia di 200 x 200 m costituisce un compromesso fra le esigenze imposte dalle zone di versante dove una maglia più fitta avrebbe consentito un maggior dettaglio e da quelle delle aree sommitali dove viceversa la quota di molti punti nodali risulta, con tale maglia, determinata sulla base di punti giacenti tutti sulla stessa isoipsa; per l'assenza, che in alcuni casi si verifica, di punti al continuo entro le quattro maglie circostanti, essa viene addirittura ricavata per estrapolazione dalle quote dei punti nodali limitrofi.

I limiti inerenti alla rappresentazione del rilievo mediante questo modello digitale risultano dalle figg. 13 e 14, che rappresentano il disegno automatico di 26 profili meridiani intervallati di 200 m e relativi rispettivamente alla finestra occidentale (fig. 13) che comprende l'Altopiano delle Pizzorne e alla finestra orientale (fig. 14) che comprende l'area della Macchia Antonini e del Margine di Momigno. L'ubicazione delle finestre è riportata a tratto continuo in tav. 1. Come si vede, le super-

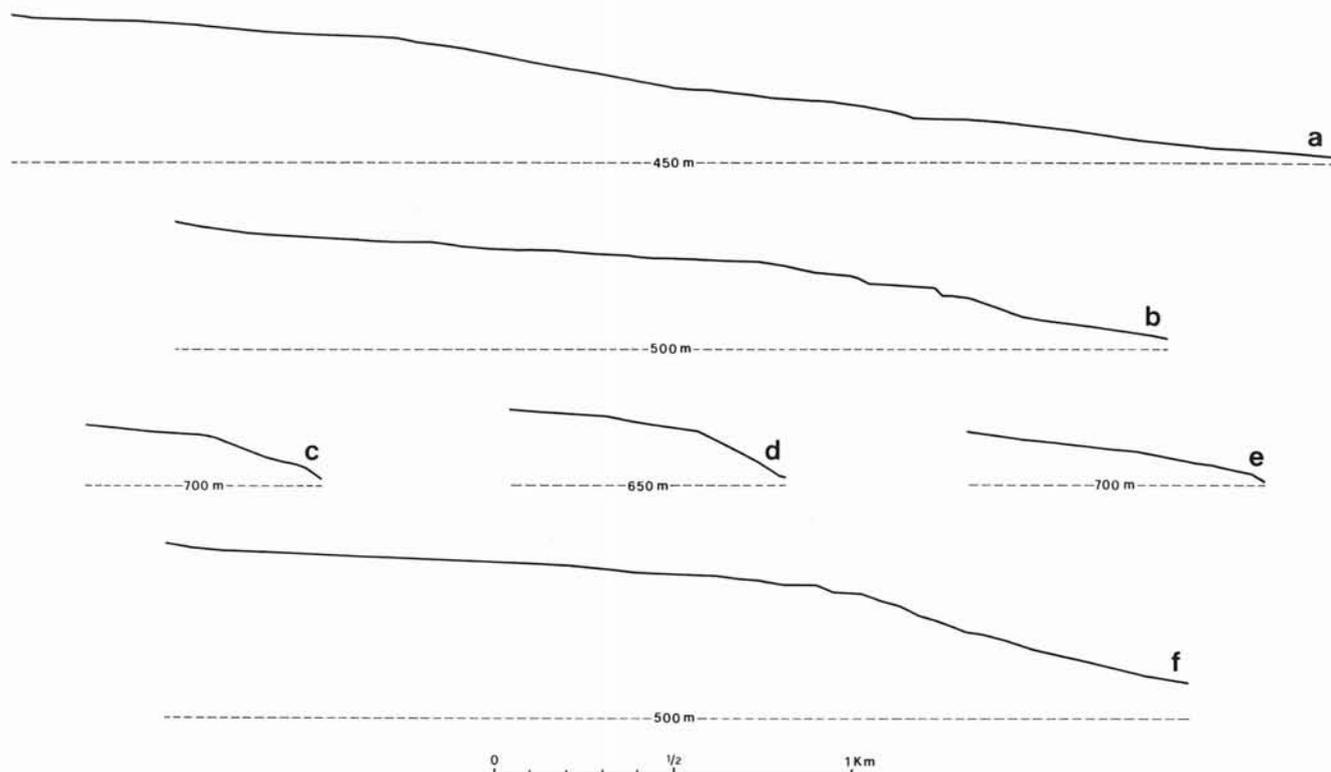


FIG. 9 - Profili delle aste fluviali riportate nelle figg. 7 e 8. Il rapporto di scala altezze/lunghezze è pari ad 1. Il tratto prossimale dei profili, situato sulle superfici sommitali è caratterizzato da una pendenza inferiore rispetto a quella del tratto distale, sottoposto ad attiva erosione.

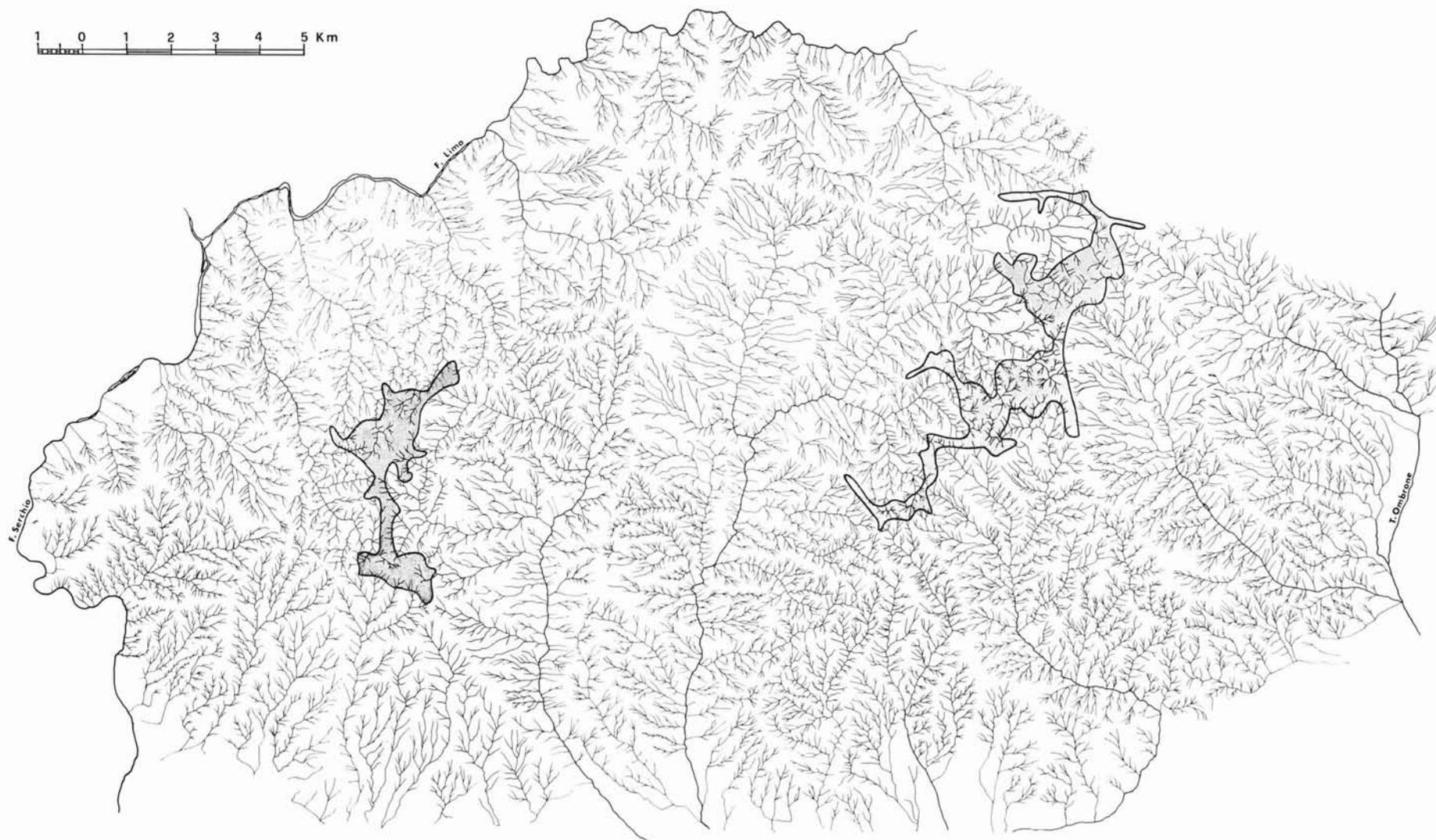


FIG. 10 - Reticolo idrografico dell'area SOLL ottenuto dalla fotorestituzione del volo GAI a scala 1:33 000~. In retino le due superfici sommitali principali (Altopiano delle Pizzorne ad Ovest e Macchia Antonini - Margine di Momigno ad Est).

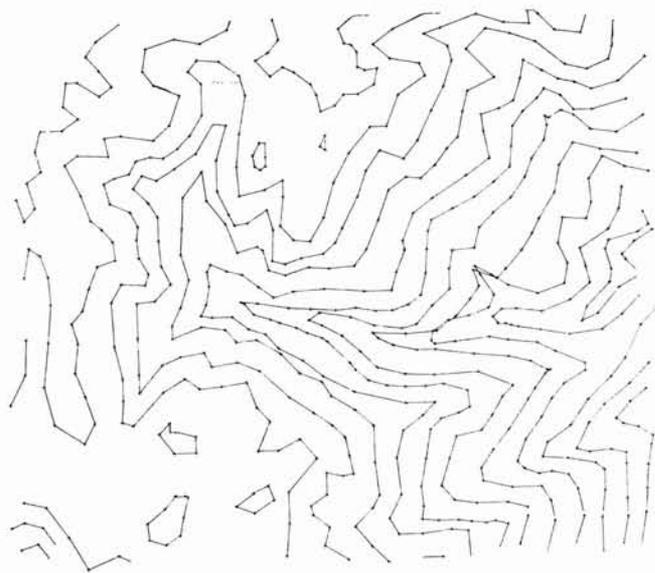


FIG. 11 - Dettaglio dell'archivio, al continuo, delle isoipse digitalizzate. La zona riportata è quella della finestra a linea tratteggiata in tav. 1. La figura, a scala $\sim 1:40\ 000$, consente di apprezzare l'approssimazione con la quale, mediante la digitalizzazione di 30 899 punti, sono state memorizzate (tav. 2) le isoipse dell'area SOLL (tav. 1, scala 1:100 000).

fici sommitali non solo sono spesso perfettamente pianeggianti ma sono anche rigidamente confinate sulle quote di 850, 900 e 950 m e sporadicamente minori, ma sempre corrispondenti alle quote delle isoipse della cartografia di base e del modello al continuo. Ciò deriva dal fatto che, come si è accennato, molti punti nodali com-

presi entro i pianalti sono stati quotati in base ad uno o più punti giacenti tutti sulla stessa isoipsa al continuo, in relazione alla scarsità di isoipse rispetto alle dimensioni della maglia.

I due fasci di profili, pur fornendo una rappresentazione solo schematica della morfologia, mettono tuttavia in risalto la presenza di superfici sommitali a debole rilievo comprese fra gli 850 e i 950 m sull'Altopiano delle Pizzorne e fra i 700 e i 1 050 m nella zona più vasta e più complessa della Macchia Antonini-Margine di Mominigo. Nella fig. 13 è visibile a sinistra la scarpata di linea di faglia (tav. 1) che, con una pendenza di oltre il 40 %, delimita a Sud l'Altopiano delle Pizzorne.

Poiché è evidente che anche una maggiore dimensione della maglia (che consenta a punto nodale di appoggiarsi su un maggior numero di punti al continuo) ed eventualmente un più sofisticato algoritmo d'interpolazione, non avrebbero consentito una adeguata rappresentazione della morfologia delle superfici sommitali, si è fatto ricorso, per una di esse, alla fotorestituzione. I risultati di tale indagine, che costituisce anche un risultato di riferimento rispetto all'analisi eseguita tramite il modello digitale, verranno esposti più avanti dato che riguardano soltanto una piccola porzione dell'area studiata.

L'istogramma del numero di tratti di isoipse presenti nell'area SOLL (fig. 12) ha un andamento fortemente asimmetrico, con classi modali comprese fra gli 800 e i 1 000 m in relazione al fatto che entro questa fascia altimetrica sono localizzate in maggioranza le aree sommitali dell'area studiata. L'isoipsa di quota massima è quella dei 1 200 m (Croce delle Lari).

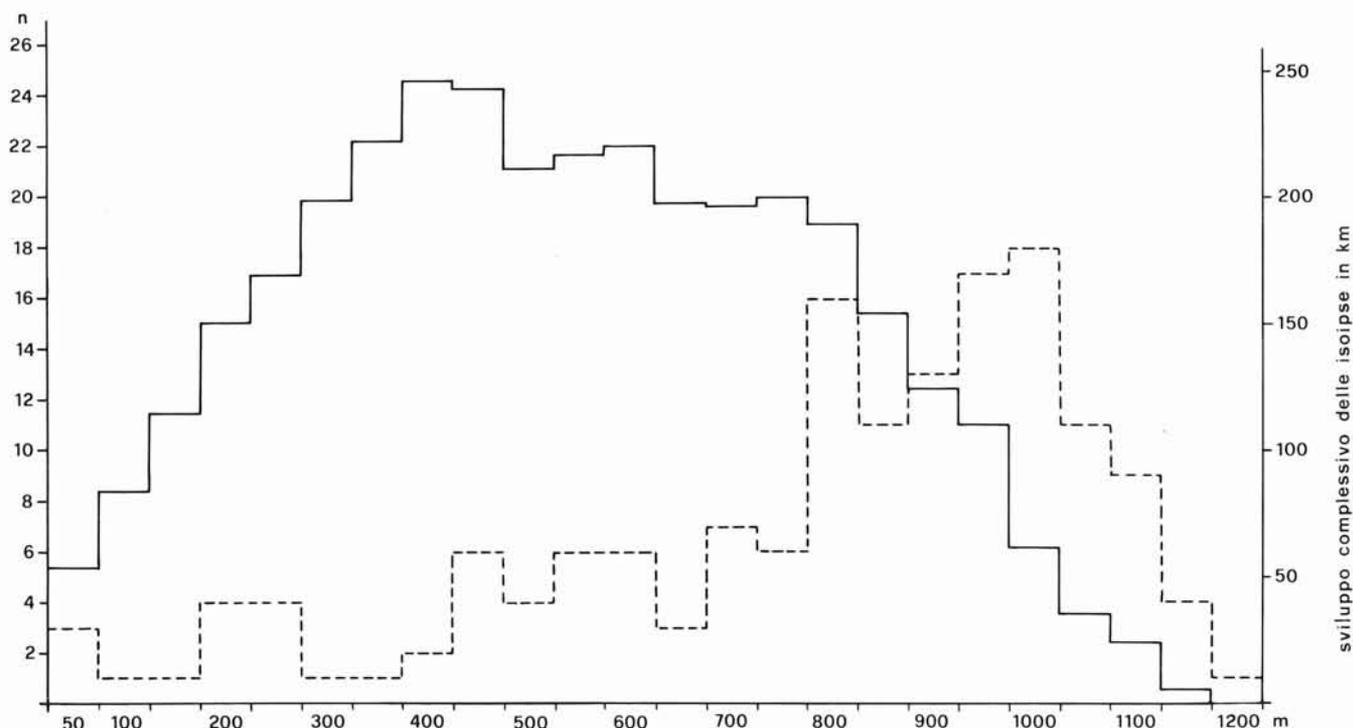


FIG. 12 - Istogramma del numero di tratti (linea tratteggiata) e dello sviluppo complessivo (linea continua) di ciascuna isoipsa nell'area SOLL. Dati ricavati dall'archivio magnetico al continuo.

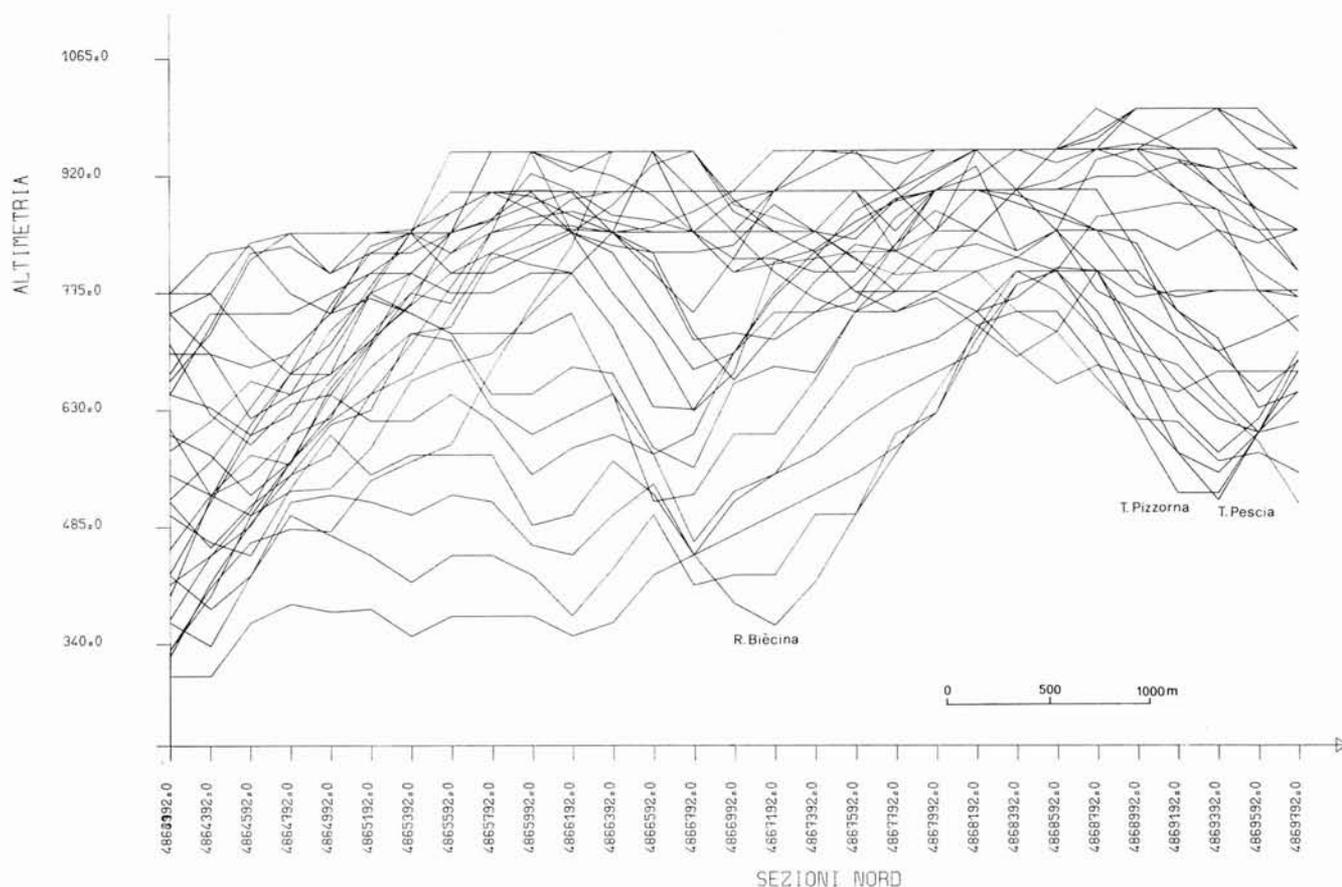


Fig. 13 - Disegno automatico di 26 profili meridiani, intervallati di 200 metri, relativi alla finestra occidentale (che comprende l'Altopiano delle Pizzorne) riportata a tratto continuo in tav. 1.

L'istogramma dello sviluppo complessivo delle stesse isoipse, riportato nella medesima figura, si presenta solo debolmente asimmetrico; la classe modale è quella relativa all'isoipsa dei 400 m. La distribuzione altimetrica delle superfici sommitali è messa in luce dall'elevato sviluppo, relativamente alle isoipse adiacenti, della curva dei 950 m.

La stessa caratteristica si ritrova anche nell'istogramma delle aree suddivise per classi altimetriche (fig. 15) che è servito di base per la costruzione della curva ipsografica (fig. 16) e che, rispetto a questa, consente una migliore analisi delle variazioni areali relative.

Nella fig. 15 appare relativamente estesa anche l'area delle superfici comprese fra i 700 e gli 800 m. Poiché tale caratteristica non si riscontra nell'istogramma degli sviluppi delle isoipse, se ne deduce che si tratta di aree poco acclivi, quali sono soprattutto l'alta Valle del Reno e la zona compresa fra San Marcello Pistoiese e Pontepetri e in assai minor misura alcuni « pianalti » a Sud di Borgo a Mozzano (M. Bocco-M. Gallione) e fra Serra e Montagnana Pistoiese (tav. 1).

Al fine di mettere a confronto, in una prospettiva metodologica, le informazioni ottenibili dall'analisi, da un lato, dello sviluppo complessivo delle isoipse e, dall'altro, della distribuzione altimetrica delle superfici (che richiede la creazione di un modello digitale), i rispettivi

dati sono stati correlati nella fig. 17. Ciascun punto rappresenta lo sviluppo complessivo di una determinata isoipsa in funzione dell'area occupata dall'intervallo altimetrico immediatamente superiore.

La distribuzione dei punti può essere suddivisa in quattro sottoinsiemi.

Nel primo, comprendente i punti da 1 a 3, si osserva, fra i due parametri, una proporzionalità inversa; questo deriva dal fatto che alle quote minori, con l'aumentare della pendenza, alla progressiva diminuzione delle aree fa riscontro l'aumento dello sviluppo delle isoipse dovuto al fatto che quote inferiori ai 200 m sono presenti, nella zona analizzata, solo sul versante meridionale dell'area SOLL.

Lo stesso effetto si risente anche nel secondo sottoinsieme che si estende fra i 200 e i 500 m circa; esso è tuttavia caratterizzato da una sostanziale costanza dei valori areali cui fa riscontro un progressivo aumento degli sviluppi delle isoipse in quanto l'inclusione nel computo di fondivalle a quote crescenti risulta compensata, in termini di superficie totale, dall'incremento delle pendenze.

Il terzo sottoinsieme, relativo alle quote 500-700 m (punti da 10 a 13), costituisce una zona di transizione caratterizzata da una sostanziale costanza dei rapporti fra i due parametri.

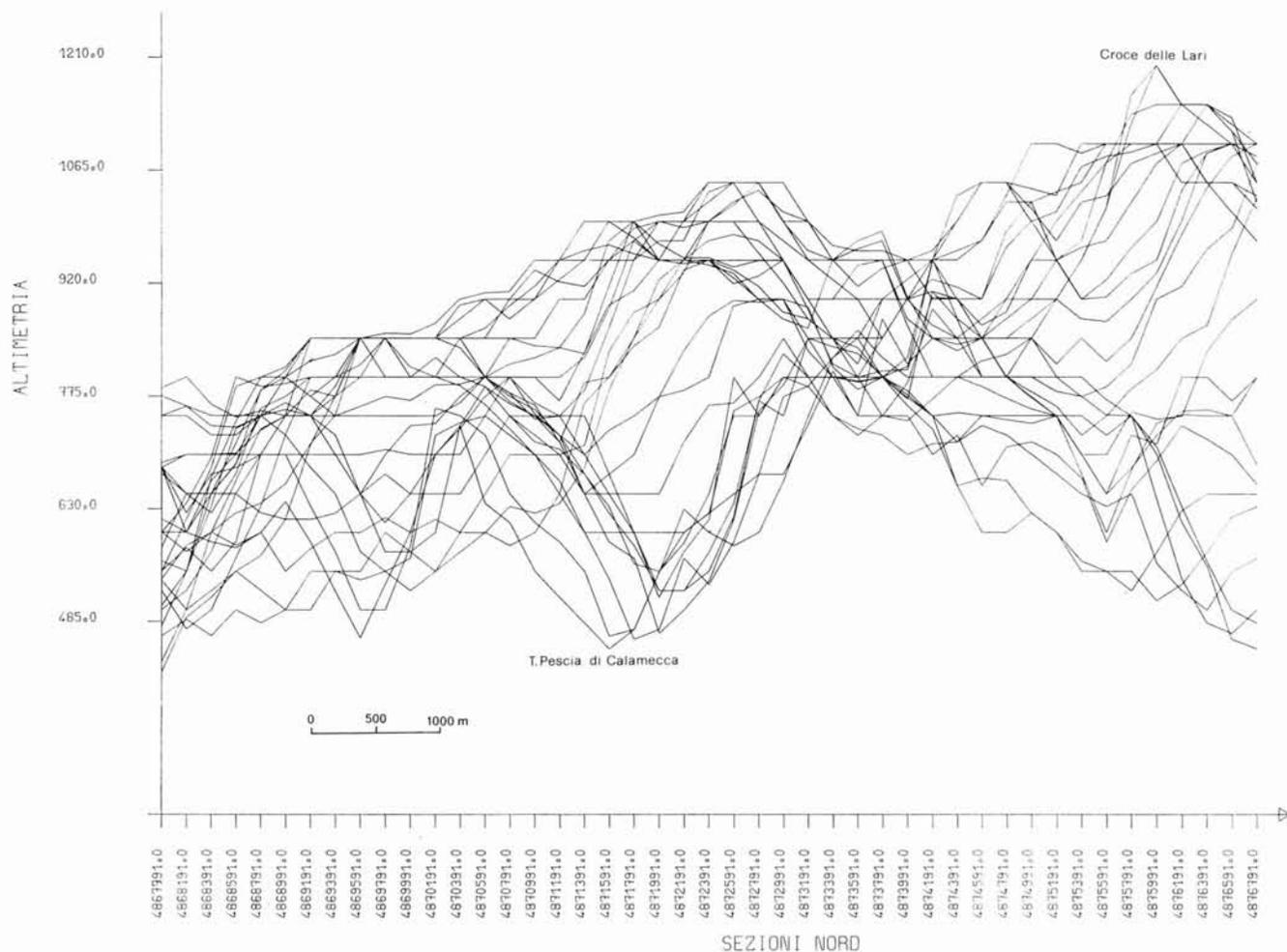


FIG. 14 - Disegno automatico di 26 profili meridiani, intervallati di 200 metri, relativi alla finestra orientale (che comprende la zona Macchia Antonini - Margine di Momigno), riportata a tratto continuo in tav. 1.

Il quarto sottoinsieme (quote 700-1 500 m, punti da 14 a 24) mostra una proporzionalità diretta descrivibile come una regressione debolmente curvilinea: la diminuzione delle aree con l'altezza procede dapprima più rapidamente e poi via via più lentamente in relazione al fatto che, per la progressiva minore estensione di aree sommitali, le superfici diminuiscono più rapidamente degli sviluppi delle isoipse. La proporzionalità diretta fra i due parametri prova ad ogni modo che le informazioni che dai due parametri si ricavano sono sostanzialmente analoghe. Ciò risulta del resto dal confronto delle metà destre dei due grafici di figg. 12 e 15.

Si può in conclusione affermare che l'analisi dello sviluppo lineare delle isoipse può surrogare la più complessa (ma anche meno accurata) analisi areale, limitatamente alle aree situate a quote più alte dei fondivalle principali.

ANALISI AUTOMATICA RELATIVA ALLE SOLE SUPERFICI SOMMITALI

L'analisi automatica dei dati della quale sono stati fin qui esposti i risultati riguarda l'intera zona compresa

fra Limestre, Lima e Serchio da un lato e Ombrone Pi-stoiese dall'altro (area SOLL). Lo studio ha avuto come obiettivo quello di mettere in evidenza, attraverso un indagine arealmente non selettiva, la presenza di superfici sommitali con caratteristiche singolari rispetto all'orografia dell'area nel suo insieme.

Successivamente è stata analizzata la morfologia di tali superfici (tav. 1) come entità a sé stanti e prescindendo dal contesto dell'orografia in generale; dall'archivio magnetico al continuo e dal modello digitale relativi all'intera area SOLL sono stati pertanto estratti i dati compresi entro il perimetro dei 17 « pianalti » identificati sulle foto aeree (fig. 18).

Per tali aree è stato ripetuto il trattamento statistico già eseguito per l'intera area SOLL, cioè il calcolo del numero di tratti di isoipse e dello sviluppo di tali tratti entro ciascuna fascia altimetrica (fig. 19). Le scale verticali sia del numero che dello sviluppo di isoipse, per esigenze di rappresentazione, sono quattro volte maggiori che nella fig. 12. Resta di conseguenza inalterato il rapporto fra le due scale verticali che è di 5 (sviluppo) ad 1 (numero).



FIG. 15 - Istogramma delle superfici areali comprese nell'area SOLL, suddivise per classi altimetriche di 50 metri di ampiezza. Dati ricavati dal modello digitale.

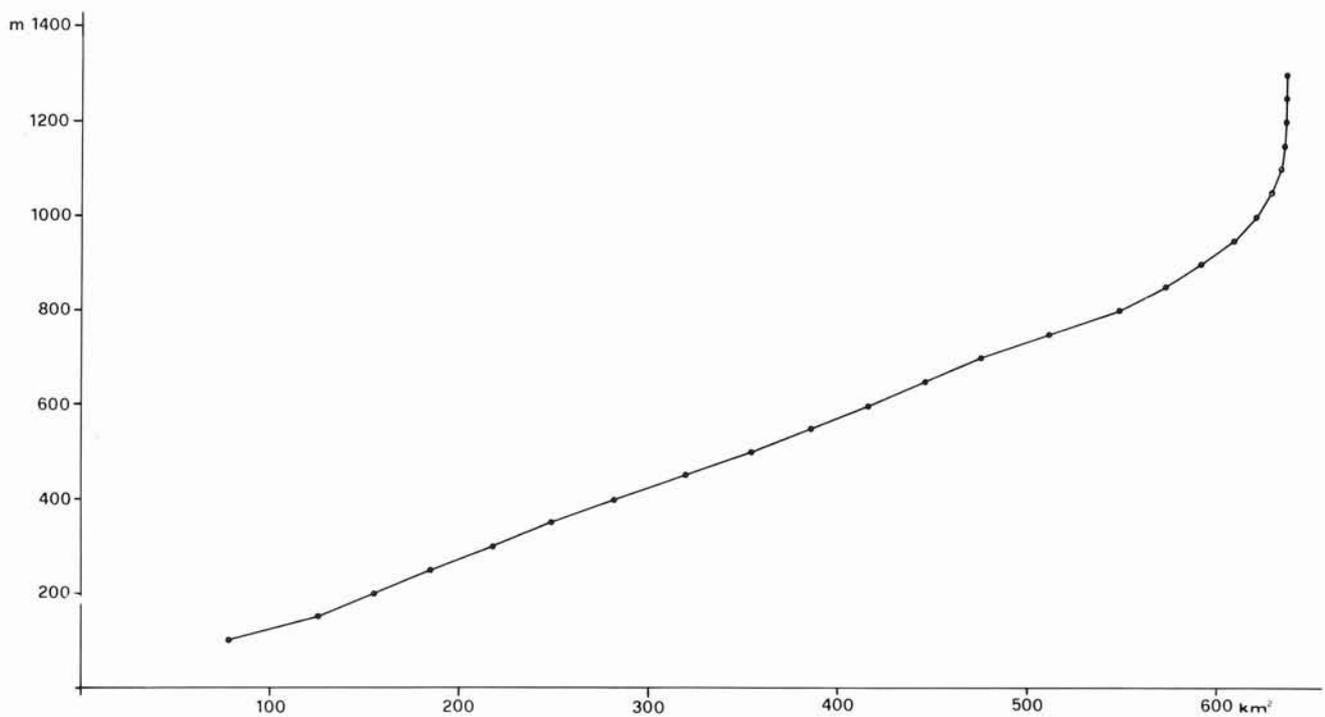


FIG. 16 - Curva ipsografica relativa all'area SOLL. Dati ricavati dal modello digitale.

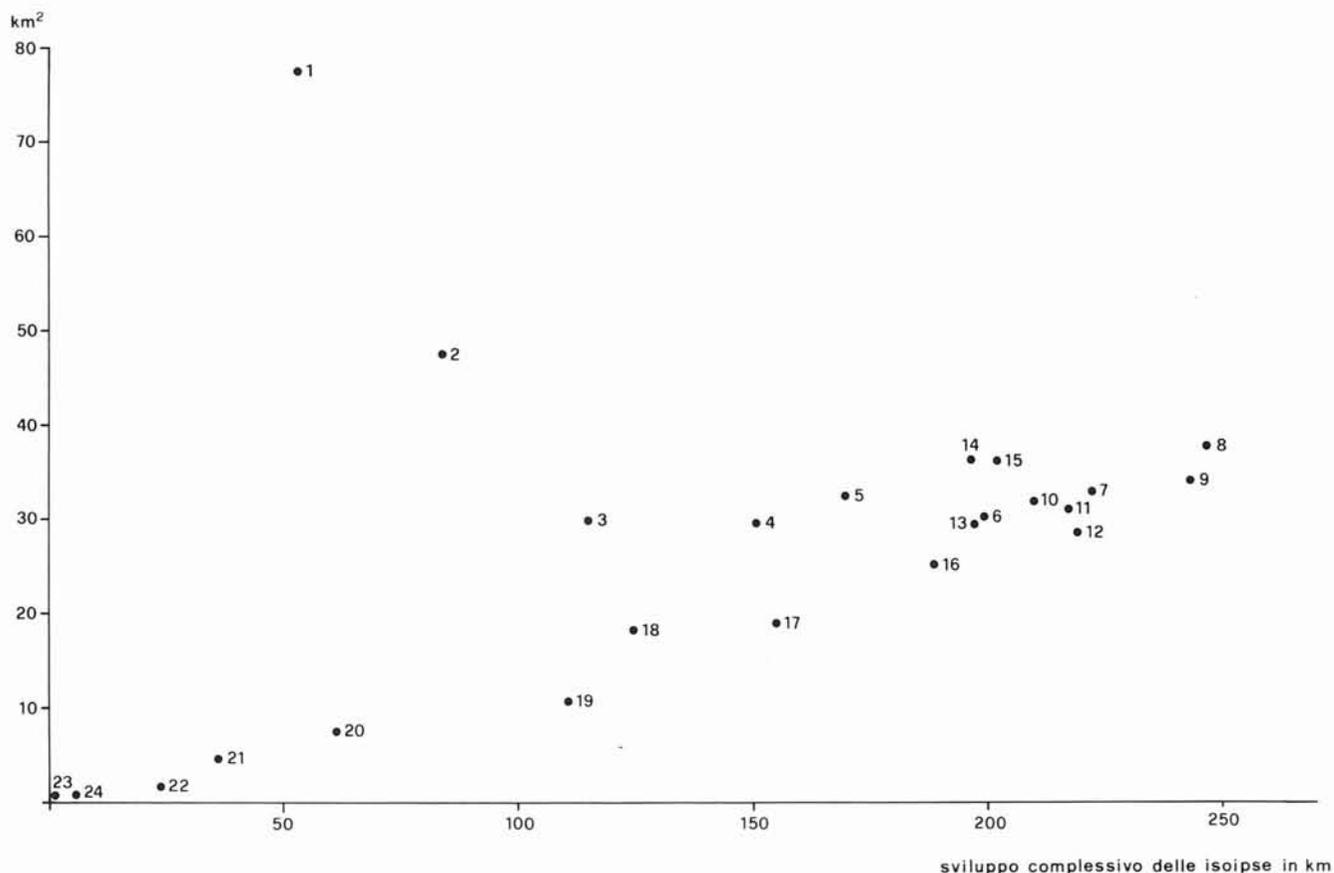


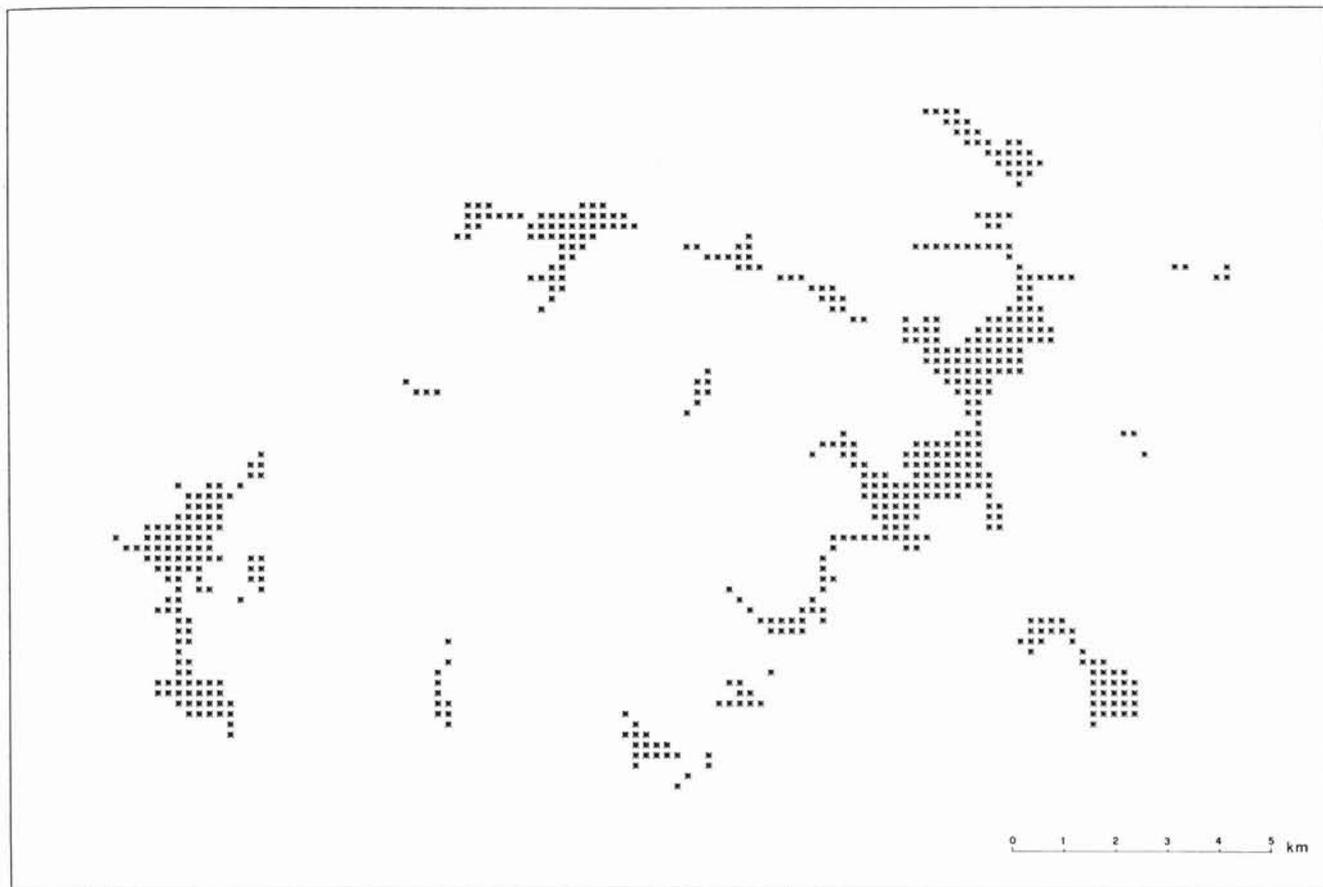
FIG. 17 - Correlazione, relativa all'area SOLL, fra sviluppo complessivo di ciascuna isoipsa ed area occupata dall'intervallo altimetrico immediatamente superiore. Il punto 1 corrisponde all'isoipsa 50 e all'intervallo altimetrico 50-100 m, il punto 2 all'isoipsa 100 e all'intervallo altimetrico 100-150 m e così di seguito.

Come si vede l'uno e l'altro parametro danno informazioni sostanzialmente analoghe, a differenza di quanto si verificava nel caso generale (fig. 12), in relazione alla grande omogeneità delle aree qui considerate. Trattandosi infatti solo di zone di crinale è evidente che debba esistere in generale una proporzionalità diretta fra le due grandezze misurate, come del resto si verifica anche nell'estrema parte destra del grafico di fig. 12, che riguarda le parti più elevate dell'area SOLL e quindi appunto i crinali e le cime.

Il diagramma mostra l'esistenza di due gruppi di superfici di assai diversa estensione complessiva: quelli situati a quote comprese fra i 450 e i 700 m e quelli situati fra i 750 e i 1 100 m. I primi sono diffusi nella zona meridionale compresa fra Villa Basilica e i Monti di Càsore. La scarsità relativa della frequenza (in numero e sviluppo) della isoipsa 850 appare legata alla cospicua attività erosiva della Pescia di Calamecca e dei suoi affluenti che hanno profondamente inciso l'area dove, come risulta da alcuni lembi residui, le superfici situate a questa quota dovevano essere in origine assai più diffuse di oggi. Le massime quote si registrano proprio all'estremità settentrionale dell'area studiata, sul M. Foggetta, a la Bastia e alla Croce delle Lari. La distribuzione areale delle quote delle superfici già in quanto tale sug-

gerisce che essi possano costituire i lembi di una unica superficie di erosione via via più sollevata man mano che ci si sposta verso la dorsale appenninica e per questo conservata soltanto nella parte più meridionale della catena. Tale interpretazione appare confermata dal disegno automatico dei profili meridiani dei pianalti riportati in fig. 21 (con forte esagerazione verticale); i profili suggeriscono che un'unica superficie originaria sia stata sottoposta ad una serie di dislocazioni riconducibili a due dinamiche principali: *a*) un sollevamento differenziale, maggiore verso Nord; *b*) uno smembramento delle aree più meridionali provocato da fenomeni disgiuntivi.

Dall'elaborazione dei dati del modello digitale relativi a tutte le superfici riportate in fig. 18 è stata ottenuta una curva ipsografica (fig. 20) parziale rispetto a quella complessiva dell'intera area SOLL (fig. 16). Soltanto il 15 % della superficie complessiva è situato a quote comprese fra i 400 e i 700 m. Il 69 % si trova fra 700 e 1 000 m e il rimanente 16 % oltre i 1 000 m. L'andamento della curva si presenta inoltre piuttosto irregolare al di sotto dei 700 m in relazione al fatto che i « pianalti » bassi sono fortemente disarticolati e frammentari.



WINDOWS TOTALI

FIG. 18 - Plot delle superfici sommitali dell'area SOLL, ottenuto memorizzando i contorni riportati nella tav. 1. Sono riportati i 566 punti del modello digitale situati all'interno delle superfici sommitali e dalla elaborazione statistica dei quali deriva la curva ipsografica di fig. 20.

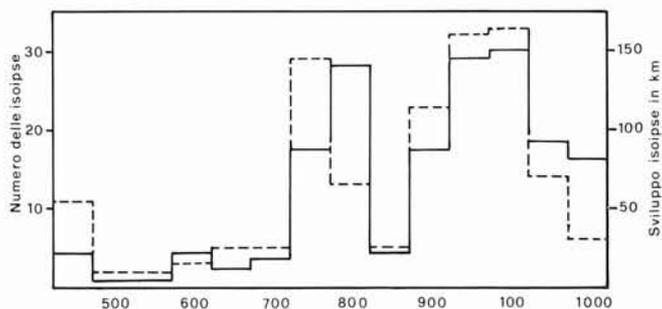


FIG. 19 - Istogramma del numero di tratti (linea tratteggiata) e dello sviluppo complessivo (linea continua) di ciascuna isoipsa relativo a tutte le superfici sommitali (cfr. fig. 18).

MODELLO DIGITALE DELL'AREA CAMPIONE (ALTOPIANO DELLE PIZZORNE) OTTENUTO PER FOTORESTITUZIONE

Per l'opportunità da un lato di fornire una immagine relativamente dettagliata del rilievo che caratterizza le superfici sommitali e dall'altro di verificare l'accuratezza del modello digitale ottenuto dalla cartografia a scala 1:100 000, è stata eseguita la fotorestituzione del-

l'Altopiano delle Pizzorne utilizzando quattro stereofotografie del Volo Regione Toscana (1976) a scala 1:15 000 circa ⁽⁵⁾.

La duplice finalità di detto rilievo ha comportato un compromesso per quanto attiene al criterio di realizzazione. Una ottimale rappresentazione del terreno sarebbe scaturita infatti dall'esecuzione di effettivi « profili » paralleli fra loro e opportunamente distanziati in relazione alla energia del rilievo. La necessità d'altra parte di battere anche quei punti nodali del modello digitale dell'area SOLL che rientrano nell'area dell'Altopiano delle Pizzorne (fig. 18), imponeva la realizzazione di una rete a maglia costante di 200 m di lato, coincidente con quella del modello. Oltre a questa è stata realizzata però anche una « sottorete » con maglia di 40 m (fig. 22) destinata a fornire una rappresentazione del rilievo adeguata, anche se non ottimale (perché basata su una rete a maglia fissa). Il confronto fra i risultati ottenuti rispettivamente

⁽⁵⁾ Restituzione eseguita dalla IRTEF di Firenze. L'errore presunto nella determinazione delle quote, laddove non esiste copertura boschiva, è dell'ordine del metro.

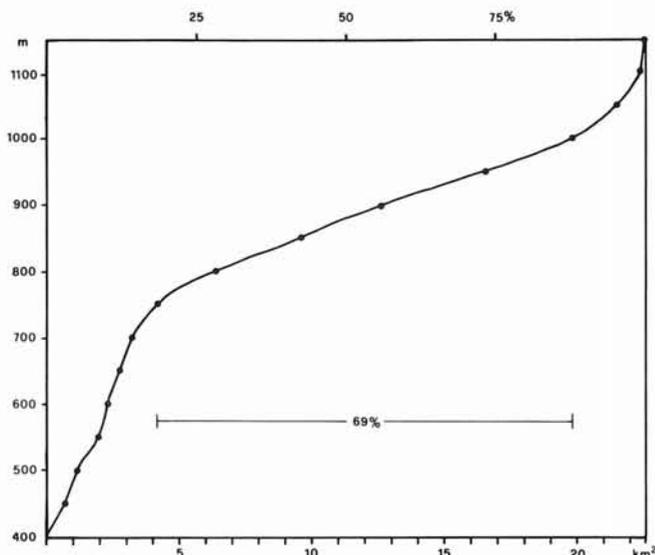


FIG. 20 - Curva ipsografica relativa complessivamente a tutte le superfici sommitali. Il 69 % della loro superficie è compreso fra i 700 e i 1000 m di quota.

dalla rappresentazione mediante modello digitale e mediante fotorestituzione si può osservare nelle figg. 23 e 24 che mostrano i profili meridiani ricavati con disegno automatico dai due reticoli e quindi intervallati rispettivamente di 200 (fig. 23) e di 40 m (fig. 24). A causa della natura estremamente irregolare del contorno di questo « pianalto » (fig. 22) i profili sono in gran parte

discontinui. L'andamento generale dell'Altopiano, lievemente inclinato verso Sud, risulta evidente anche dal profilo ottenuto dal modello. Questo non mostra però né la caratteristica gibbosità né il contrasto di forme tra l'area sommitale e le profonde forre che la circondano. La statistica sul continuo relativa all'area campione è riportata in fig. 25, nella quale compaiono gli stessi parametri rappresentati in fig. 19 e cioè il numero di tratti di isoipse ed il loro sviluppo entro ciascuna fascia altimetrica. Anche in questa figura si può vedere che, per i motivi già esposti, gli istogrammi relativi ai due parametri sono fra loro assai simili. La classe modale è quella dei 950 m e rientra quindi nella moda principale dell'istogramma della fig. 19. Anche l'istogramma relativo all'area campione (fig. 24) presenta, come quello della fig. 19 (relativo a tutte le superfici sommitali), una caratteristica asimmetria negativa che, come mostrano i profili di figg. 23 e 24, deriva dal tilt che ha caratterizzato il sollevamento di tutta la zona studiata in generale e dell'area campione in particolare.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA NATURA, L'ORIGINE E L'ETÀ DELLE SUPERFICI SOMMITALI

Trattandosi di superfici di erosione, due possono essere le alternative in sede di interpretazione: o si tratta di superfici condizionate dalla struttura geologica con ruolo passivo (rilievo conforme) oppure di residui di una antica morfologia modellata da processi non più attivi e in forme meno acclivi di quelle attuali. Esamineremo

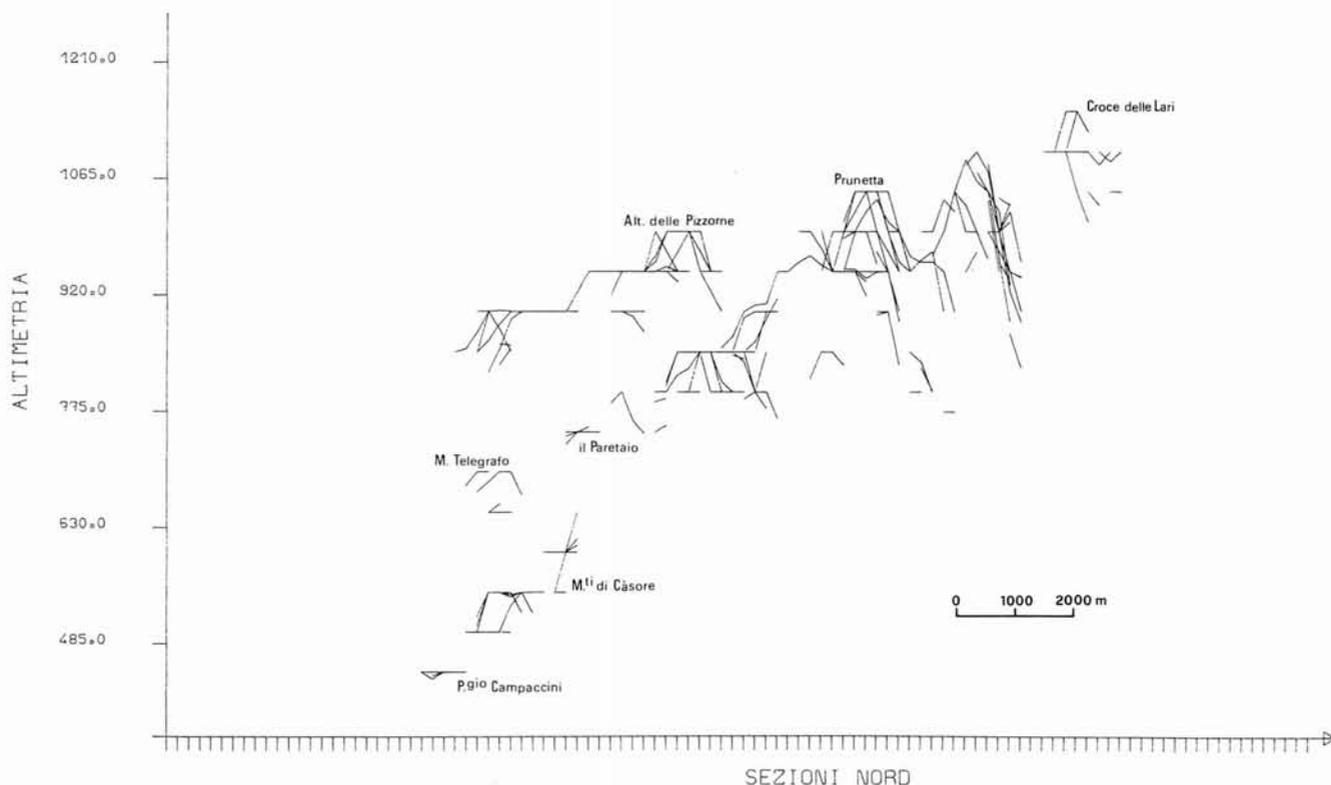


FIG. 21 - Disegno automatico di 85 profili meridiani intervallati di 200 m, relativi ai pianalti dell'area SOLL (cf. fig. 18).

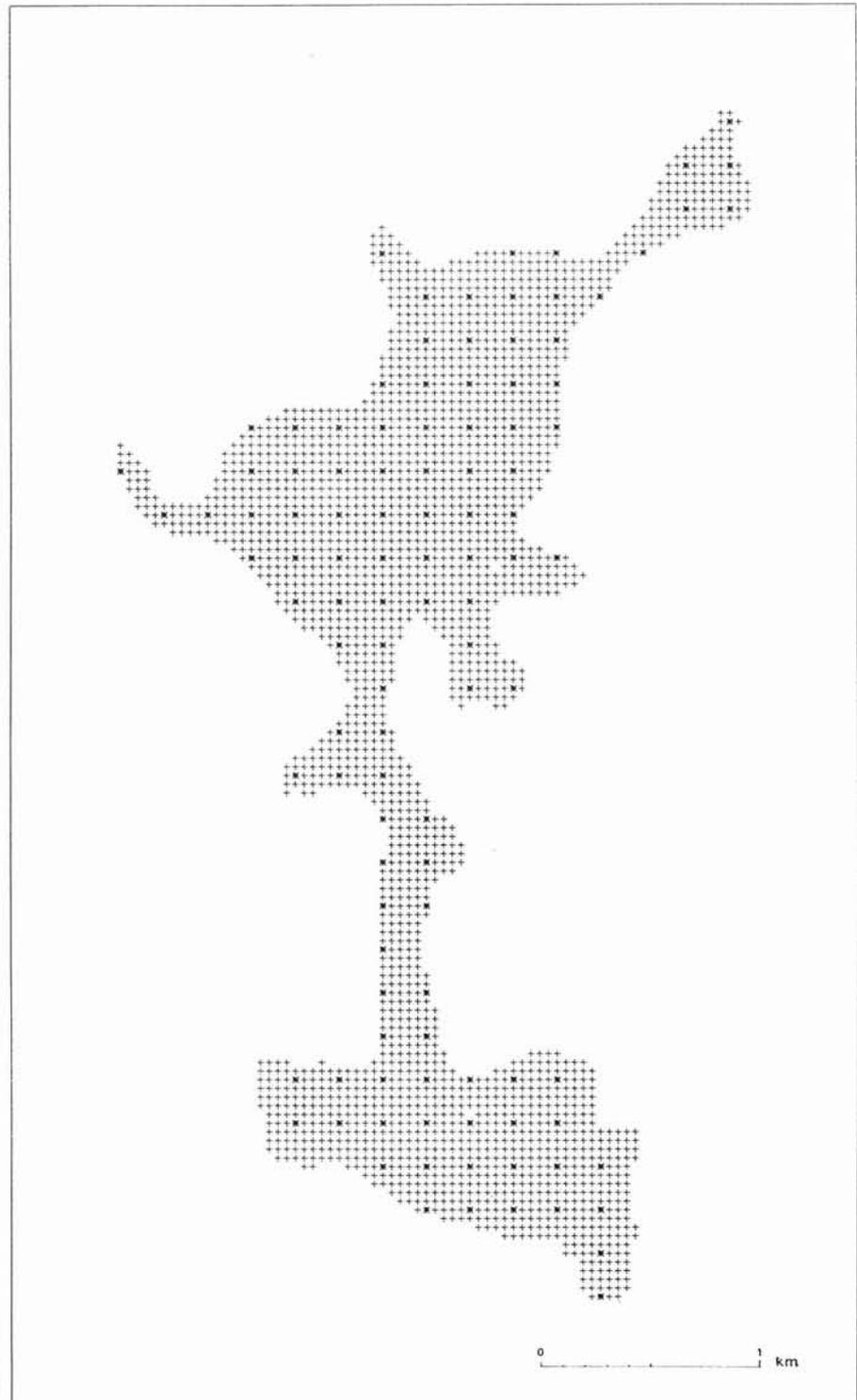


FIG. 22 - Plot dell'area campione (Altopiano delle Pizzorne) con i punti nodali appartenenti al modello digitale (asterischi) e fotorestituiti (asterischi + crocette).

ZONA OCCIDENTALE

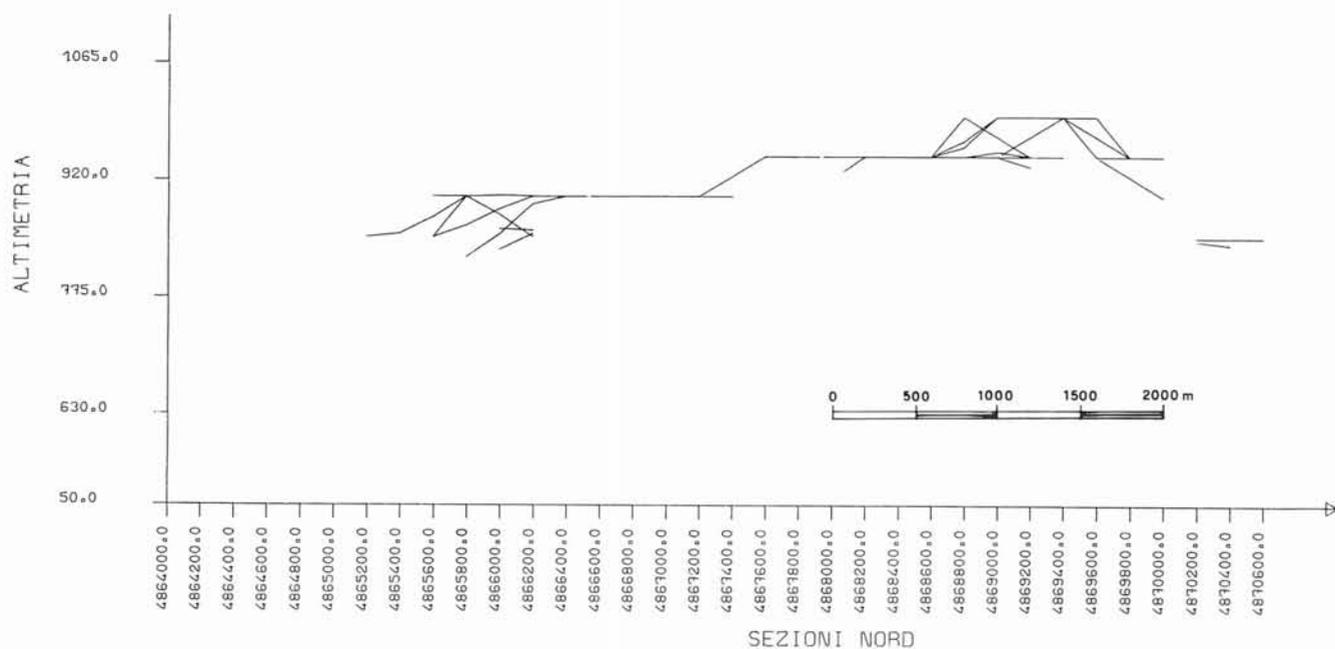


FIG. 23 - Disegno automatico di 15 profili meridiani, intervallati di 200 metri, relativi all'area campione. Dati ricavati dal modello digitale.

separatamente i crinali della Garfagnana e le superfici sommitali dell'area SOLL.

Per quanto riguarda i primi, essi sono di fatto in qualche punto condizionati dalla giacitura e dalla litologia. In particolare sul Monte di Roggio fino al Colle di S. Cristina e alla foce di Colognora (fig. 4) affiorano in assetto suborizzontale, sotto lembi residui di breccie nummulitiche, livelli di scisti policromi, che, per la fa-

cile erodibilità, si prestano a costituire superfici di erosione preferenziali.

Sulle superfici sommitali dell'area SOLL affiorano invece ovunque le arenarie della Formazione del Macigno il cui assetto, ovunque disturbato, non giustifica l'esistenza di superfici sommitali suborizzontali. Fa eccezione il pianoro, debolmente inclinato a NNW, che si trova fra Prataccio e Croce delle Lari. Benché esso sia, nell'in-

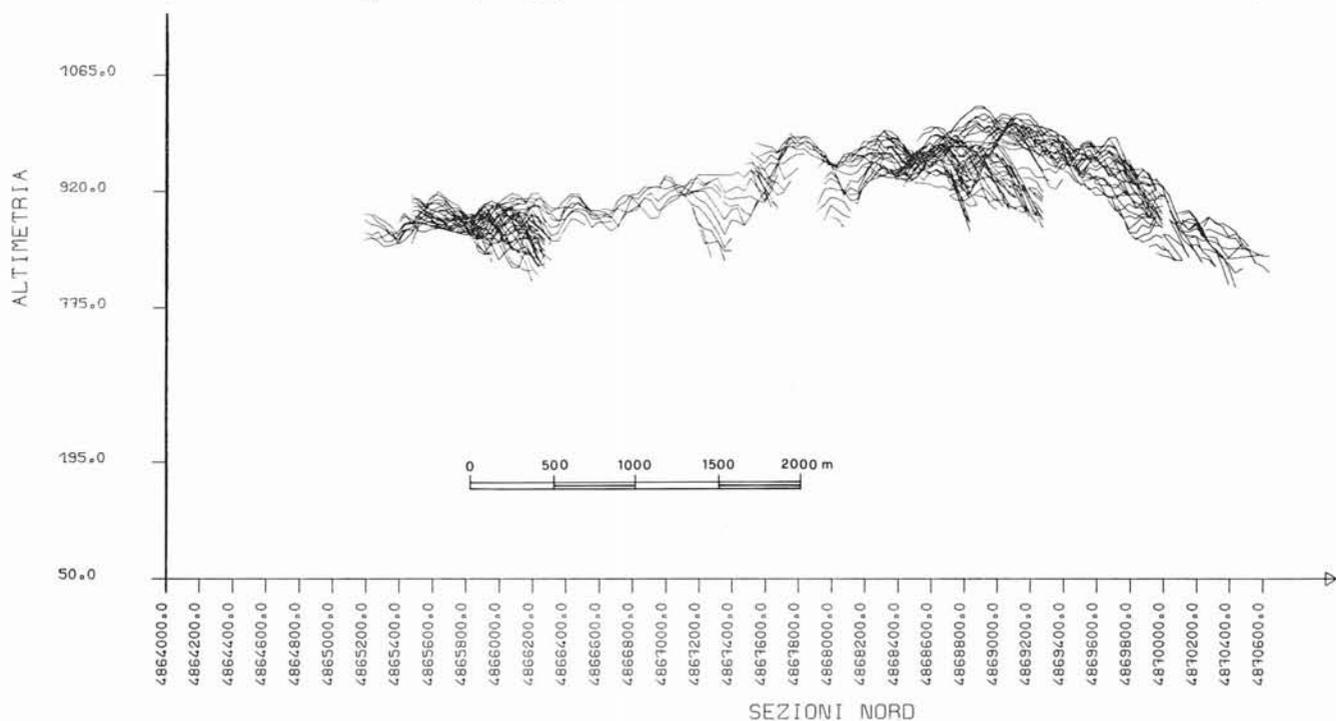
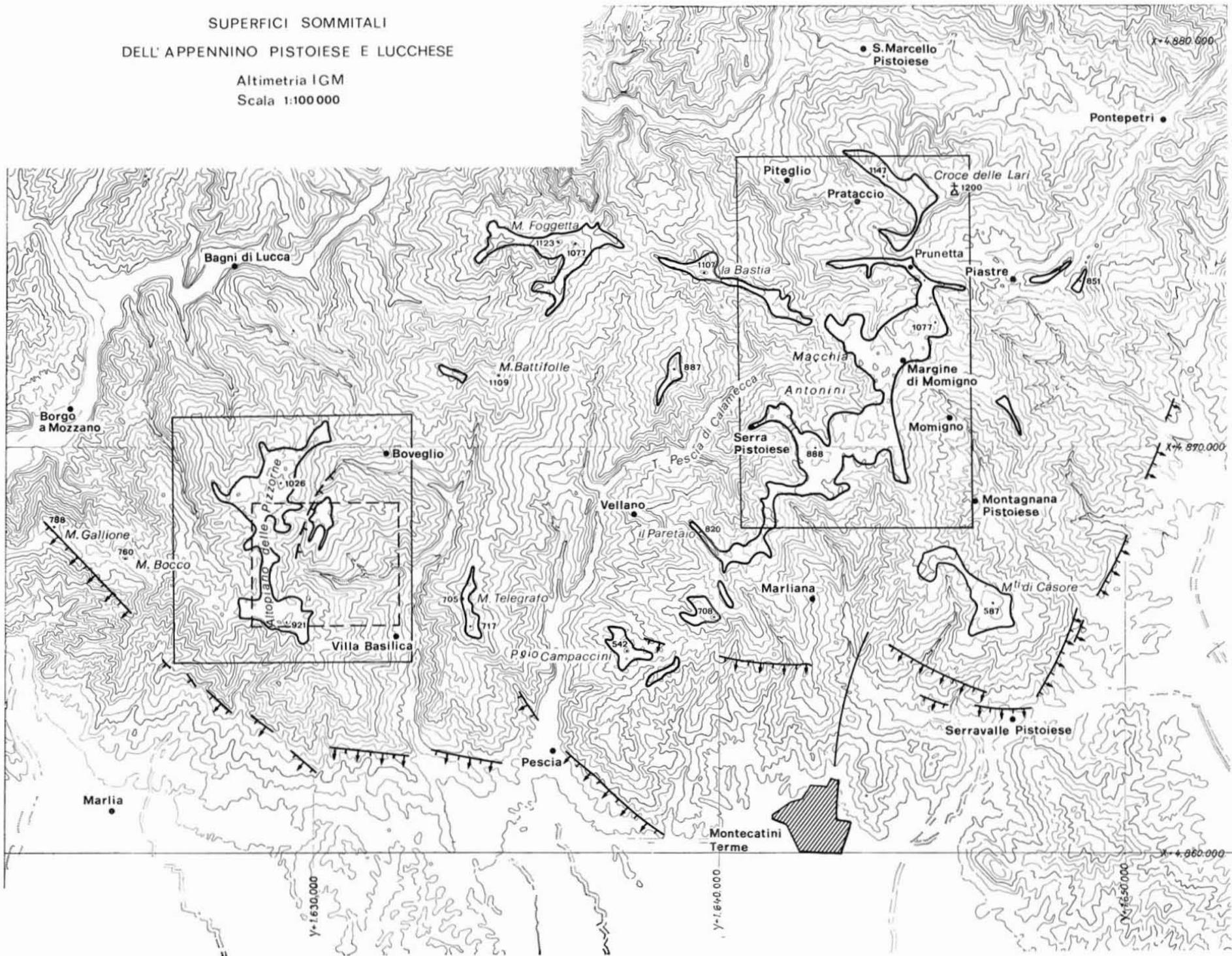


FIG. 24 - Disegno automatico di 73 profili meridiani, intervallati di 40 metri, relativi all'area campione. Dati ricavati da fotorestituzione. In relazione alla forma del contorno (cf. fig. 21) i profili sono in gran parte parziali e/o discontinui. Al fine di evidenziare il contrasto morfologico esistente fra il « pianalto » e le aree adiacenti, i profili sono stati in parte prolungati oltre il medesimo.

SUPERFICI SOMMITALI
DELL' APPENNINO PISTOIESE E LUCCHESE

Altimetria IGM
Scala 1:100 000



sieme, condizionato dalla struttura, si presenta tuttavia morfologicamente assai differenziato rispetto alle aree limitrofe che, sebbene condizionate dallo stesso assetto strutturale presentano tuttavia una elevata energia del rilievo; è stato pertanto incluso fra le superfici sommitali. Si tratta, a quanto pare, di una situazione analoga a quella prospettata da BERNINI & alii (1977) che includono fra le « morfologie residue » anche alcune aree che, sebbene condizionate dalla struttura, appaiono tut-

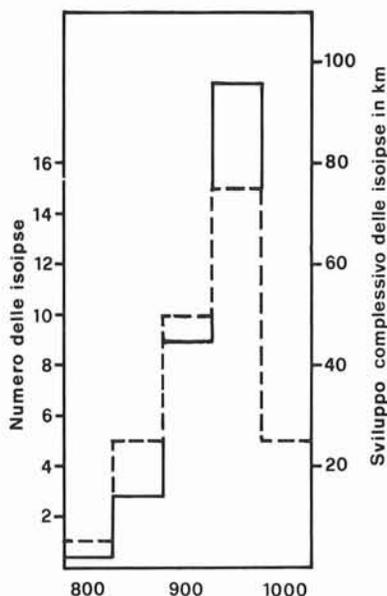


FIG. 25 - Istogramma del numero di tratti (linea tratteggiata) e dello sviluppo complessivo (linea continua) di ciascuna isoipsa, relativo all'area campione.

tavia « chiaramente correlabili con paleosuperfici circostanti o non ancora modificate da un'evidente ripresa dell'attività erosiva ».

Escluso quindi in generale un determinante controllo strutturale passivo, resta l'ipotesi, già precedentemente avanzata, sulla base dell'analisi altimetrica e planimetrica del reticolo e delle superfici sommitali nel loro insieme, che si tratti appunto di una « morfologia residua » in via di progressivo smantellamento. Mentre è molto probabile che questa sia l'origine delle superfici dell'area SOLL, assai maggior cautela richiede l'estensione di tale interpretazione ai crinali della Garfagnana. Per i primi è infatti verificata almeno una delle due condizioni che BAULIG (1952, p. 176) ritiene, anche in alternativa, necessarie e sufficienti per poter riconoscere addirittura un avvenuto « penepianamento ». Gli interfluvii, afferma questo Autore, debbono presentare degli spianamenti sommitali nettamente distinti dai versanti. Benché nel nostro caso non si tratti certo di penepianamento, ciò risulta dalla fig. 5 e, sommariamente a causa delle limitazioni intrinseche inerenti la costruzione dei profili, dalla fig. 13, ed è anche indirettamente suggerito dai profili delle aste fluviali (fig. 9).

L'uniformità litologica dell'area oggetto di studio non ci consente invece di verificare appieno l'altra condizione, che è quella di una ricorrente presenza di spianate

o di superfici « mature » alla stessa quota, anche su terreni di diversa erodibilità.

RICH (1938), nel suo importante contributo al problema del riconoscimento delle vecchie superfici di erosione, mette viceversa bene in guardia dall'interpretare delle semplici culminazioni ricorrenti ad una determinata quota come vestigia di un'antica superficie di erosione. Qualsiasi tipo di culminazione, crinali inclusi, afferma RICH, è una forma determinata dall'intersezione di superfici sottoposte ad un'attiva erosione che interessa, a maggior ragione, anche la stessa culminazione; è assai improbabile quindi che essa possa costituire il residuo di un'antica superficie di erosione. Considerazioni in parte analoghe erano state espresse già da TARR (1898). Inoltre, quando come nel caso della Garfagnana, sulle culminazioni (crinali) affiorano rocce di differente erodibilità, se esse fossero state parte di un'antica superficie di erosione suborizzontale, si dovrebbero trovare ora ad altezze diverse in relazione proprio alla loro diversa litologia. La distribuzione altimetrica di questi crinali è di fatto abbastanza estesa (figg. 4 e 6), ma non in relazione alla litologia.



FIG. 26 - Un aspetto caratteristico della morfologia di dettaglio dell'Altopiano delle Pizzorne, nella zona di Falciprado.



FIG. 27 - Il Monte della Cupola dall'Altopiano delle Pizzorne. E anche qui visibile, come in fig. 2, la leggera inclinazione del profilo verso S.

L'esistenza di lembi di un'antica superficie di erosione quanto meno nell'area compresa fra Serchio, Ombrone Pistoiese, Limestre e Lima (area SOLL), rappresenta un elemento di notevole importanza ai fini dello studio della Tettonica quaternaria. Come recentemente sottolineato da BOSI (1978), le antiche superfici di erosione costituiscono infatti da un lato un momento dell'evoluzione tettonica regionale (perché è presumibile che il loro modellamento coincida con un periodo di relativa stabilità tettonica, anche se non si può escludere, e forse è proprio il nostro caso, che esso sia determinato essenzialmente da fattori climatici), e dall'altro degli importanti elementi cronologici di riferimento delle deformazioni tettoniche soprattutto successive. Il problema della loro età si pone quindi a questo punto come premessa a qualsiasi ulteriore elaborazione. Questo aspetto, come si è detto nell'introduzione, sarà più approfonditamente sviluppato in altra sede alla luce anche degli elementi di giudizio che potranno scaturire dallo studio pedologico. Per il momento si può solo anticipare qualche osservazione di carattere indiretto.

Le paleosuperfici sono state sollevate grazie ad un sistema di faglie (tav. 1) che presentano una morfologia assai fresca e che tagliano, nelle zone di Ponte all'Abate e S. Lucia Uzzanese, anche i depositi lacustri post-villafranchiani (BARTOLINI & PRANZINI, 1979). Resti di *Elephas trogontheri* POHLIG riferibili anch'essi al post-Villafranchiano, furono segnalati da RICCI (1901) nei travertini associati alle manifestazioni termominerali di Montecatini e di Monsummano legate, come è noto, allo stesso sistema di faglie di distensione. La fine del Villafranchiano (*sensu* AMBROSETTI & *alii*, 1972) dovrebbe pertanto costituire, stando a questi elementi, un termine *ante-quem* rispetto al momento in cui lo sviluppo di quelle che sono oggi le paleosuperfici è stato interrotto dal processo di sollevamento che le ha portate alle quote attuali. Manca per il momento la possibilità di individuare un correlativo termine *post-quem*.

RINGRAZIAMENTI: Sono grato a V. BORTOLOTTI per le discussioni relative alle morfologie residue dell'Appennino e per la lettura critica del manoscritto alla cui stesura finale hanno contribuito, con osservazioni e suggerimenti, anche F. CARRARO e M. PANNIZZA.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS G. (ed.) (1975) - *Planation surfaces*. Benchmark Papers Geology, 22, Dowden, Hutchinson & Ross Inc., 476 pp.
- AMBROSETTI P., AZZAROLI A., BONADONNA F. P. e FOLLIERI M., 1972, *A scheme of Pleistocene chronology for the Tyrrhenian side of Central Italy*. Boll. Soc. Geol. It., 91, 169-184.
- BARTOLINI C. & PRANZINI G. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 97 (S. Marcello Pistoiese), 105 (Lucca) e 106 (Firenze)*. Contrib. prelim. Carta Neotettonica It., Pubbl. n. 251 del P. F. Geodinamica, 481-523.
- BAULIG H. (1952) - *Surfaces d'aplanissement*. Ann. Géographie, 325, 161-183; 326, 245-262.
- BERNINI M., CLERICI A., PAPANI G. & SGAVETTI M. (1977) - *Analisi della distribuzione plano-altimetrica delle paleosuperfici dell'Appennino emiliano occidentale*. L'Ateneo Parmense, Acta Nat. 13, 645-656.
- BORTOLOTTI V. (1964) - *Geologia dell'alta Garfagnana tra Poggio, Dalli e Gramolazzo*. Boll. Soc. Geol. It., 83, 25-154.
- BOSI C. (1978) - *Relazione introduttiva al tema «Neotettonica»*. Atti 69° Congr. Soc. Geol. It., Perugia 2-4 ottobre 1978.
- BRAUN G. (1907) - *Beiträge zur Morphologie des Nördlichen Apennin*. Zeitsch. Gesell. Erdk. Berlin, 7-8, 62 pp.
- CAMERINI C. (1942) - *Probabile fenomeno di cattura dell'alto Reno nell'Appennino pistoiese*. Riv. Geogr. Ital., 49, 126-137.
- CANUTI P., PRANZINI G. & SESTINI G. (1966) - *Provenienza ed ambiente di sedimentazione dei ciottolami del Pliocene di S. Casciano (Firenze)*. Mem. Soc. Geol. It., 5, 340-364.
- CAPECCHI F., GUAZZONE G. & PRANZINI G. (1975) - *Il bacino lacustre di Firenze-Prato-Pistoia. Geologia del sottosuolo e ricostruzione evolutiva*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 637-660.
- CASTIGLIONI B. (1934) - *Studi morfologici nell'Italia Centrale (A proposito di un recente lavoro)*. Boll. R. Soc. Geogr. It., ser. 6, 11, 22-30.
- GHELARDONI R. (1958) - *Spostamento dello spartiacque dell'Appennino Settentrionale in corrispondenza di catture idrografiche*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. A, 65, 25-38.
- LIPPARINI T. (1933) - *Terrazzi dei fiumi Reno e Panaro*. Congr. Int. Géogr. 1931, 2, 121-125.
- MARCHETTI G. & PAPANI G. (1978) - *Dati preliminari sulla neotettonica di un settore dell'Appennino nord-occidentale e dell'antistante Pianura Padana. Premessa*. Contrib. prelim. Carta Neotettonica It., Pubbl. n. 155 del P. F. Geodinamica, 261-262.
- PANIZZA M. (1968) - *L'evoluzione geomorfologica e idrografica del territorio di Pavullo nel Frignano*. Atti Soc. Nat. Mat. Modena, 99, 14 pp.
- PÈCSI M. (ed.) (1970) - *Problems of relief planation*. Proc. Int. Symp. «Geomorph. termin. probl. mount. their forelands, the pediments», 151 pp.
- RICCI A. (1901) - *L'Elephas trogontherii Pohligh di Montecatini in Val di Nievole*. Atti R. Acc. Lincei, Rend., ser. 5, Classe Sc. mat. fis. nat., 10, 93-98.
- RICH J. L. (1938) - *Recognition and significance of multiple erosion surfaces*. Bull. Geol. Soc. Am., 49, 1695-1722.
- SAWICKI L. (1909a) - *Un viaggio di studio morfologico attraverso l'Italia Settentrionale*. Riv. Geogr. It., 16, 1-26.
- SAWICKI L. (1909b) - *Un profilo morfologico attraverso l'Appennino*. Riv. Geogr. It., 16, 388-401.
- SAGGINI F. (1963) - *Evoluzione geomorfologica della Val di Pescia (Antiappennino Pistoiese)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 70, 24-39.
- SESTINI A. (1939) - *Osservazioni geomorfologiche sull'Appennino Tosco-emiliano tra il Reno e il Bisenzio*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 48, 1-20.
- SESTINI A. (1950) - *Sull'origine della rete idrografica e dei bacini intermontani nell'Appennino centro-settentrionale*. Riv. Geogr. It., 57, 249-256.
- SESTINI A. (1954) - *Problemi morfologici dell'Appennino Settentrionale*. Atti 16° Congr. Geogr. It., pp. 481-484.
- SESTINI G. (1970) - *Postgeosynclinal deposition*. In: «G. SESTINI (ed.): *Development of the Northern Apennines geosyncline*». Sed. Geol., 4, 481-520.
- STEFANINI G. (1908) - *Di un nuovo studio sulla morfologia dell'Appennino Settentrionale*. Riv. Geogr. It., 15, 495-502.
- TARR R. S. (1898) - *The peneplain*. Am. Geol. 21, 351-370.
- TREVISAN L., BRANDI G. P., DALLAN L., NARDI R., RAGGI G., RAU A., SQUARCI P., TAFFI L. & TONGIORGI M. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 105, Lucca*. Arti Graf. Di Mauro, Cava dei Tirreni, 52 pp.