

I fenomeni della erosione nelle sabbie gialle del pliocene nel bacino del Correcchio (Romagna).

Studio del socio, dott. GIROLAMO AZZI

(con 6 incisioni)

Scopo del lavoro. — Con il presente lavoro ci piace di portare un contributo alla conoscenza dei fenomeni della erosione nel dominio delle sabbie gialle compreso nella parte collinosa del bacino del Santerno tra il corso di questo fiume e la traccia della Sellustra da una parte; le argille turchine del pliocene e le formazioni recenti dall'altra. Poi che il termine « sabbie gialle » è della geologia e ripete sua ragione dallo studio di fenomeni i quali non hanno nulla a vedere con le forme del rilievo, discuteremo anzitutto la natura di queste rocce dal punto di vista geomorfologico, a seconda cioè delle forme che in esse scolpisce l'azione erosiva delle acque.

Le forme di rilievo caratteristiche di un dato terreno appaiono con maggiore evidenza nel primo stadio del ciclo di erosione fluviale, la giovinezza, e possono suddividersi in due gruppi distinti: i bacini collettori e le scarpate di erosione, le quali si incontrano, naturalmente, nei punti di incidenza, ove la traccia del corso di acqua tende con maggiore energia a svilupparsi a monte od a spostarsi lateralmente.

Dallo studio adunque delle condizioni idrografiche della regione considerata potremo sin dal principio con esattezza dedurre in che luogo del territorio preso in esame le suddette forme potranno raggiungere la loro maggiore estensione.

Con la evoluzione delle scarpate e dei bacini collettori a poco a poco si attenuano le scabrosità della superficie topografica, le linee del rilievo decorrono più molli ed uniformi, gradualmente si estende ed afferma lo stadio della maturità.

Seguiremo così la evoluzione del rilievo nelle sabbie gialle, sino alla comparsa dei colli bassi, in serie conseguente, caratteristici appunto nel secondo periodo del ciclo di erosione fluviale, ed il cui crinale raccordandosi con la pendice continua, che verso l'interno limita e circonda la porzione non ancor evoluta della regione, si svolgono verso la periferia della unità oro-idrografica come un grande fascio di raggi (v. fig. 1).

Accenneremo da ultimo alle particolarità locali più evidenti che valgano a dare alle singole geomorfe prese in considerazione un aspetto ed un carattere proprio che le distingue dalle altre forme analoghe ed omologhe: dimensione delle scarpate, forma delle nicchie, ecc. Ed infine, forse in parte esulando dall'argomento nostro, cercheremo di portare un contributo alla conoscenza della evoluzione del rilievo in terreno coperto da foreste, traendone argomento dallo studio delle frane che si forman frequenti in un bosco steso per breve tratto sul versante destro del rio.

Sul significato geomorfogenetico delle sabbie gialle. — Nel corso del Correcchio tra i monti si posson distinguere tre segmenti fluviali: I conseguente, II subseguente, III conseguente. Nel punto di passaggio dal II al III segmento tanto sull'una che sull'altra riva si riscontrano disposizioni e rilevan fatti dal cui studio potrebbero certo scaturire notizie molto interessanti sulla genesi delle argille azzurre e delle sabbie gialle del pliocene.

Ivi infatti il Correcchio approfondisce il suo *thalweg* fino ad interessare la massa sottostante delle argille e mette in buona evidenza i rapporti morfologici e genetici tra le due formazioni. Non vi è divisione ben netta: con le sabbie alternano fino ad una certa altezza strati, straterelli, lenti di argille: *a*) argille lapidee a frattura concoide, durissime se asciutte, notevolmente plastiche in presenza di acqua che assorbono rapidamente, aumentando di quasi $\frac{1}{3}$ il loro volume; *b*) argille azzurro-grigie interessate da una rete litoclasica così geometricamente esatta che per essiccamento o per azione meccanica, i blocchi argillosi si suddividono in porzioni che ripetono esattamente la figura di un parallelepipedo rettangolare, vere e proprie unità morfologiche distinte, le quali in grandi masse non possono a meno di esercitare una particolare azione sulla evoluzione del rilievo; *c*) le septarie, argille bianco-gialle in istraterelli sottili costituiti di una unica suola di elementi distinti, rotondeggianti. Nei casi *a*) e *b*) sulla faccia su-

periore dello strato argilloso si riscontra quasi sempre la presenza di uno straterello argillo-sabbioso, variamente colorato: dagli idrati di ferro, in rosso; dal cromo, in giallo; dal manganese, in nero. L'origine di queste formazioni si può forse spiegare così: le argille impermeabili assorbono e conservano l'acqua più a lungo che non le sabbie ove sono intercalate, ed asciugandosi lentamente si contraggono, generando così tra la loro faccia superiore e la massa sabbiosa uno spazio vuoto ove insieme agli elementi delle sabbie e delle argille si accumulano pure quantità notevoli di sali e di idrati solubili.

Questi strati alternanti di rocce diverse si sono essi formati separatamente ed in periodi distinti, oppure i loro elementi si sono scissi e differenziati dall'involuppo caotico di una massa alluvionale unica? Prima di rispondere a questo quesito esaminiamo, in breve, se il complesso geologicamente omogeneo delle sabbie gialle possa esser considerato tale anche dal punto di vista geomorfologico.

Nella uniforme tinta giallognola delle scarpate di erosione spiccano di frequente grandi fasce brune alte 2-3 metri e tra di loro distanti 5 o 6 metri, in corrispondenza alle quali, la pendice diviene quasi verticale, il suo profilo essendo quindi rappresentabile in una serie di segmenti quasi verticali tra di loro riuniti da segmenti più o meno inclinati. Altrove le striscie nere ridotte ad uno spessore di 8-10 cm. alternano di frequente con striscie gialle di egual spessore sulle quali spiccano rilevate in forma di cercini e creste trasversali, rendendo così manifesta la loro minore erodibilità. Una analisi sommaria del terreno in corrispondenza alle bande gialle e brune rivela come le prime siano costituite quasi esclusivamente di grani di sabbia silicea e colorate in giallo da sostanze ocracee, e le seconde da eguale materiale, cementato però con una certa quantità di argilla. La colorazione nerastra è del tutto superficiale e dovuta alla ossidazione dei sali di manganese a contatto dell'aria. Dal punto di vista geomorfologico possiamo adunque distinguere nella massa geologicamente unita delle sabbie gialle due sottotipi distinti *A* e *B*, caratterizzati da un maggiore o minore grado di permeabilità dovuto ad una maggiore o minore percentuale in argilla nelle masse sabbiose.

Possiamo ora di nuovo rivolgerci la domanda se questi strati *A* e *B* si siano formati separatamente in periodi distinti o se in-

vece i loro elementi si siano solo in seguito scissi dal complesso caotico di una massa alluvionale unica. Ove la traccia dei corsi d'acqua insiste con particolare intensità contro le falde dei talus formatesi ai piedi della scarpata per le frequenti frane, si vengono sviluppando delle rive concave, quasi a picco più o meno estese. Sulla parete di queste pendici è dato spesso osservare escavazioni in serie verticali, talora nettamente distinte le une dalle altre tal'altra riunite per il crollo dei sepimenti, in una sola grande cavità. La parete di dette cellule non è liscia, ma striata in senso trasversale per la presenza di numerosi cercini rilevati, indice di straterelli alternati e distinti per un diverso grado di permeabilità. Nei sepimenti che separano fra di loro le cellette si rileva all'analisi meccanica, una più elevata percentuale di argilla. L'origine stessa del materiale, cumulo di terreno franato, esclude, nel nostro caso, la presenza *ab initio* di strati a differente composizione e struttura. Si tratta adunque di un ulteriore processo chimico meccanico che, scindendo gli elementi delle sabbie da quelli delle argille, porta nella massa delle sabbie, alla differenziazione di due sottotipi *A* e *B*, più o meno permeabili, ed in casi estremi alla comparsa di straterelli intercalati di materiale argilloso quasi puro.

Quando le acque deposero caoticamente il materiale degradato e quasi polverulento degli schisti e delle arenarie nel seno del mare pliocenico, uniformemente distribuiti nella massa alluvionale si saranno potuti distinguere: grani silicei più o meno voluminosi (elementi delle sabbie) e particelle di silicati di alluminio e ferro sospese nell'acqua ed attenuate fino in una soluzione colloidale (elementi dell'argilla).

Immaginiamo ora che le correnti fluviali trasportino in un dato tempo, e relativamente breve, una massa *m* dello spessore di un metro di materiale argillo sabbioso, nei rapporti e con la struttura poc'anzi descritta: le particelle sabbiose come le più pesanti tenderanno a discendere verso il basso ove riunendosi alla massa sabbiosa già esistente ne eleveranno la percentuale in sabbia fino a creare al fondo, uno strato di 20 cm., ad es., di sabbie praticamente pure. Superiormente si verrà differenziando intanto uno strato costituito degli elementi più leggeri: particelle finissime di argilla (strato argilloso); in mezzo resta la massa argillo sabbiosa ove predomina il carattere di argilla o quello di sabbia a seconda

della percentuale dell'una o dell'altra sostanza nel complesso alluvionale. Supponiamo che una nuova alluvione venga ad accumularsi sulla prima: le sabbie più grossolane tendono al fondo a costituire uno strato perfettamente sabbioso sul piatto argilloso, mentre superiormente si va differenziando un secondo strato argilloso. Nella formazione che ne risulta abbiamo così tre differenti tipi di roccia: *A*, le sabbie rappresentano almeno il 90 %; *B*, argilloso, la percentuale in argilla è almeno del 50 %; *C*, argillo sabbioso, la percentuale in argilla oscilla tra il 10 ed il 50 %.

Nel nostro caso le bande nere che spiccano nella parete gialla delle scarpate corrisponderebbero agli strati *B*, e le bande gialle intermedie al complesso dei due sottotipi *A* e *C*.

Nel complesso dei detriti deposti dai fiumi sul litorale marino è dunque tutto un lavoro, uno scambio intenso in senso verticale delle particelle aventi diverse dimensioni e peso, lavoro che tende a scindere gli elementi confusi e commisti, in formazioni distinte a composizione e carattere diverso.

Questo nelle semplici linee generali. Si aggiunga ora che gli elementi della sabbia sono tutt'altro che uniformi e così pure quelli delle argille. Oltre al volume possono pure variare considerevolmente la composizione chimica e le proprietà fisiche. Ciò porta a complicare considerevolmente il quadro, rendendo svariati e mutevoli i rapporti stratigrafici. Questa concezione escluderebbe *a priori* una origine comune per le sabbie gialle e le argille azzurre del pliocene; in caso contrario queste ultime avrebbero dovuto sovrapporsi alle sabbie. Diversa deve adunque essere stata l'epoca di formazione e diverse le rocce madri per l'uno e l'altro complesso. D'altra parte le argille intercalate od immediatamente sottoposte alle sabbie hanno con le sabbie comune l'origine e non stanno quindi in alcun rapporto con la gran massa delle argille azzurre del pliocene. Ci occuperemo, a suo tempo, più diffusamente dell'interessante problema; per ora ci basti rilevare come le « sabbie gialle », rocce geologicamente unite, si possano dal punto di vista geomorfogenetico suddividere in due sottotipi distinti, per un diverso grado di erodibilità.

Distribuzione dei punti di incidenza. — Si suole, adottando la terminologia proposta dal Davis, contraddistinguere l'ultimo stadio del ciclo di erosione fluviale come quello della senilità caratterizzato dal peneplano ove le linee del paesaggio si ammor-

zano nelle lievi ondulazioni uniformi estese dall'una all'altra traccia idrologica in bassi crinali di displuvio.

Peneplano o piano terminale dall'una, piano generatore dall'altra parte (con il secondo termine intendendo qualunque porzione di superficie topografica, posta al disopra dei piani di terzo grado su cui giacciono le iperboli profilo dei corsi d'acqua e destinata a scomparire nel processo di evoluzione verso il peneplano) ci rappresentano i due termini estremi di un ciclo di erosione fluviale: la geomorfa di transizione è data dalla pendice sia isolata, sia composta con altra pendice (crepaccio: due pendici contrapposte a pendenza contraria) o con pendice e piano (valle: due pendici contrapposte a pendenza contraria riunite da un piano mediale), ad istituire serie di punti che segnano una via topografica ottima per il decorso delle acque e localizzano l'opera della erosione lungo tracce determinate.

Poi che per la maggior massa di acque correnti la evoluzione del rilievo si compie con maggiore rapidità a valle, così il peneplano si inizia con la formazione di una fascia pianeggiante costiera la quale sempre più si allarga estendendosi verso l'interno e penetrando nel dominio della zona montuosa, ancor poco evoluta, in forma di digitazioni secondo le valli dei fiumi conseguenti. Il fronte della pendice (tra il piano generatore e quello terminale) non costituisce dunque una fascia continua parallela (o concentrica) alla linea di costa, ma presenta numerose introflessioni (retrocessioni arcuate), le quali limitano tra di loro, in direzione radiale, altrettante strisce di superficie topografica primitiva. Dalla parte centrale del piano generatore si partono adunque dei prolungamenti compresi tra i versanti dei corsi d'acqua conseguenti. La breve distanza ed il forte dislivello tra le origini e la foce degli affluenti di 1° ordine rende assai rapido il processo di evoluzione dei versanti, le porzioni intercalari di superficie topografica in breve scompaiono ed il crinale di displuvio vieppiù si abbassa abbozzando le basse colline, a dorso di balena, carattere dello stadio della maturità. (v. Fig. 1)

In una unità oro-idrografica molto estesa e già notevolmente evoluta, possiamo dunque delimitare tre zone concentriche distinte: a) la pianura costiera; b) l'altopiano interno non ancora tocco dall'azione erosiva delle acque e compreso dalla linea chiusa che riunisce i vertici delle retrocessioni arcuate della pendice; c) la

zona compresa tra questa linea e la pianura costiera, regione delle colline. (v. Fig. 1) Avendo supposto una unità oro-idrografica rotondeggiante e molto estesa ne deriva che l'asse trasversale (larghezza) della superficie compresa tra due tracce conseguenti adiacenti é molto più breve dello spazio compreso tra i due estremi punti a monte di due corsi conseguenti analoghi (con le tracce secondo il diametro della unità oro-idrografica considerata). Nel

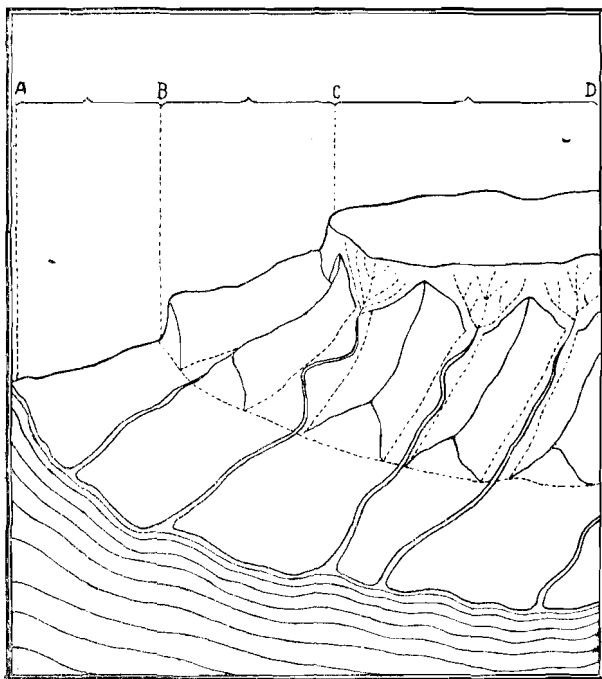


FIG. 1^a — *Rappresentazione schematica di unità oro-idrografica indipendente: AB = penepiano costiero, BC = zona dei colli, CD = piano generatore.*

processo di evoluzione del rilievo i bacini collettori finiranno con il fondersi nella loro porzione più elevata in una unica pendice continua che si restringe viepiù verso il centro, limitando gradualmente l'area del piano generatore; così che ad un dato momento lo stadio della giovinezza con le forme di rilievo che la caratterizzano si limita alla zona dei bacini collettori.

Il corso dei fiumi si può allora immaginare suddiviso in due parti: 1° la traccia in zona costiera poco, quasi nulla inclinata e

la traccia a monte, tra i colli, che è molto inclinata e fa con la prima un certo angolo. In questo caso l'azione di mv^2 è tanto più evidente quanto più si procede verso l'interno per il progressivo aumentare del dislivello tra il peneplano e la superficie avvolgente interna (superficie ove giacciono le tracce dei corsi d'acqua, e che si distingue dalla superficie avvolgente esterna la quale comprende i punti più elevati delle creste dei dossi e dei colli).

Immaginando una serie di tracce conseguenti parallele, in regione geologicamente unita con curve ipsometriche equidistanti anche in senso orizzontale e normali alla direzione dei corsi di acqua, vedremo come queste curve sono anche il luogo dei punti ove la erosione agisce con eguale intensità. Vi è dunque una perfetta coincidenza delle curve di livello e delle curve di iserosione; mv^2 è direttamente proporzionale al valore della quota topografica. Consideriamo la fig. 2. L'equidistanza delle curve è di 50 m.; tra esse intercede in senso orizzontale un intervallo costante di 500 m. Per quanto sopra dicemmo nei punti x , x' , x'' dei segmenti fluviali A , B , C , la incisione del *thalweg* procede con eguale rapidità.

Supponiamo ora che tra le curve 50 e 100 si sviluppi in direzione obliquo-trasversa un ostacolo per lo spazio di 1000 m.; ne viene che per passare dalla quota 100 alla quota 50 le acque debbono percorrere un cammino due volte superiore (formando un segmento subseguente) o viceversa, la inclinazione del *thalweg* viene ridotta della metà.

La forza di mv^2 in ogni punto del segmento subseguente è eguale alla metà di ciò che le competerebbe, dato il valore della quota.

Poi che l'acqua corrente tende a seguire la via più breve per giungere al mare, così essa in ogni punto del suddetto braccio fluviale insiste con maggiore energia contro la riva di destra, a valle, come contro un ostacolo cui vorrebbe attraversare sboccando direttamente nella pianura costiera.

Questo fenomeno è naturalmente tanto più intenso quanto maggiore è l'inclinazione generale della unità, da monte a mare, rispetto alla inclinazione della superficie su cui giace il tratto subseguente.

Secondo la risultante in ogni punto, la traccia decorrente ai piedi dell'ostacolo trasversale, si sposta gradualmente a valle generando dalla stessa parte una scarpata di erosione (riva concava).

Consideriamo i punti y e y' dei corsi C e D . Persistendo le acque nel loro lavoro di erosione in corrispondenza ad y la su-

perficie topografica si abbassa con rapidità doppia, così che mentre la traccia conseguente ha raggiunto il profilo di equilibrio ed il peneplano costiero ha sino a quel punto, risalendo la valle, spinto una delle sue digitazioni, la traccia subseguente *y* si trova ancora

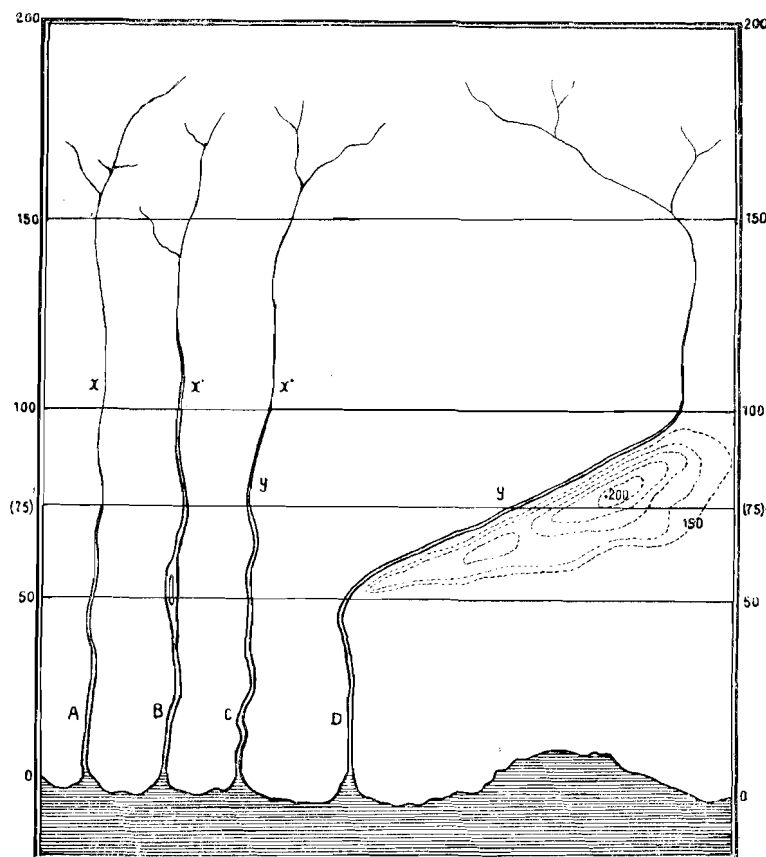


FIG. 2^a — Sistemi di corsi d'acqua conseguenti e paralleli A, B, C. Corso d'acqua, D, con tronco medio subseguente lungo le falde del poggio che culmina in 200 m.

ben lontana, e ad uno stadio più giovane della evoluzione del rilievo. E poi che questa nei diversi punti della unità oro-idrografia si è iniziata contemporaneamente, così bisogna ammettere che nel dominio subseguente le forme anche le più ardite e scabrose corrispondono non ad un fenomeno di erosione accelerata, bensì ad un fenomeno di evoluzione ritardata, ove le forme gio-

vani (lo stadio della giovinezza) indugiano più a lungo ad aumentare la durata complessiva del ciclo. Lungo i segmenti subseguenti restano isolate verso l'esterno delle serie di quote, molto elevate, le quali nel dominio conseguente si incontrano più a monte, e d'altra parte le curve di isoerosione che ne riuniscono i punti ad eguale valore idrodinamico corrispondono pure ad un nucleo isolato verso l'interno, i cui valori corrispondono a quelli di una curva isoerosiva spostata nel dominio conseguente molto più a mare.

Due sono adunque le principali geomorfe con caratteri giovani in zona già notevolmente progredita nella evoluzione del suo rilievo: *a)* il bacino collettore, dove la pendice si sviluppa a raccordare il piano terminale con il piano generatore, sede di attivi processi di erosione accelerata, fino a totale scomparsa del piano generatore stesso; *b)* la pendice scarpata in porzioni di unità oro-idrografica isolate verso l'esterno da fatti di subseguenza. In essa la evoluzione, perdurando più che nei punti omologhi del dominio conseguente, conserva per lungo tempo, diremo, quasi allo stato cronico, le forme della giovinezza. Se in una determinata regione misuriamo tutti i segmenti fluviali, conseguenti e subseguenti, e rappresentiamo il valore di questi ultimi in percentuale dello sviluppo idrografico totale avremo un indice o coefficiente di subseguenza, il quale ci dà in pari tempo il grado di probabilità di sviluppo delle scarpate di erosione.

Quando i valori conseguenti e subseguenti sono egualmente distribuiti per tutta la zona, il paesaggio è nella svariata alternanza di scarpate e bacini pur tuttavia sempre uniforme. Quando invece nelle singole parti predomina l'una o l'altra disposizione, i contrasti che ne risultano sono pittoreschi e belli. I corsi d'acqua di una regione si possono generalmente suddividere in tre gruppi: 1° traccia prevalentemente conseguente; 2° traccia prevalentemente subseguente; 3° traccia ove i due elementi sono in egual proporzione rappresentati. Scegliendo dal 1° e dal 2° gruppo i due corsi ove il carattere distintivo raggiunge la sua più elevata espressione, lungo le loro tracce potremo con maggiore opportunità rilevare e studiare gli elementi del paesaggio conseguente e subseguente. Nella sottostante tabella vengono raccolti i dati corrispondenti agli affluenti del fiume Santerno, tra i quali il Correcchio, compresi tra la Sierra dei Gessi e la distesa uniforme della pianura Padana.

NOME DEL RIO	Sviluppo totale delle origini fino al punto di uscita nel 1° terrazzo fluviale	Sviluppo della porzione subseguente	Sviluppo della porzione conseguente	Percentuale di subseguenza	Sviluppo reale della scarpata di erosione	Sviluppo della scarpata in percentuale del grado di subseguenza	Natura del terreno	Disposizione generale degli elementi conseguenti e subseguenti		
								Corso superiore	Corso medio	Corso inferiore
Rio di Mescola . .	metri 4000	metri 4000	metri —	100 %	metri 3000	75 %	Argilla	Subseguente	Subseguente	Subseguente
Rio di Casale . . .	3800	3800	—	100 %	3200	90 %	»	»	»	»
Rio Aquila	4500	4500	—	100 %	2800	50 %	»	»	»	»
Rio della Carlina . .	1000	100	900	10 %	—	—	Argille-sabbie	Conseguente	»	»
Rio dei Palazzi . .	3000	1000	2000	33 %	—	—	»	»	»	»
Rio Correcchio . .	5800	1800	4000	40 %	600	35 %	»	»	Subseguente	Conseguente
TOTALE . .	22100	15200	6900	Media 64 %	9600	Media 62 %	—	—	—	—

Nella zona montuosa del bacino medio del Santerno compresa fra il primo terrazzo fluviale il crinale di dispiuvio dal bacino del Sillaro, la pianura Padana e la Sierra dei Gessi; a cominciare da monte procedendo a valle si contano i seguenti principali affluenti: Rio di Mescola, Rio di Casale, Rio Aquila, Rio Carlina, Rio dei Palazzi, Rio del Correcchio, i quali ci danno uno sviluppo idrografico complessivo di oltre 22 chilometri, 15 dei quali a decorso subseguente e 7 a decorso conseguente. La percentuale di subseguenza oscilla quindi tra il 60 ed il 70 %, dando alle formazioni subseguenti uno sviluppo veramente notevole: l'insieme infatti delle pendici scarpate (nelle sabbie gialle), delle pendici cristate (argille) e dei bacini collettori seriatì (per evoluzione delle pendici cristate) ci dà uno sviluppo complessivo di quasi 10 chilometri.

Sono queste geomorfe egualmente ripartite nella regione presa in esame, oppure scarse in taluni punti, si raggruppano altrove prevalendo su qualsiasi altra formazione? Noi possiamo distinguere i surriferiti rii in tre gruppi: 1° tutto il corso è subseguente: Rio di Mescola, Rio di Casale, Rio Aquila; 2° il corso superiore è conseguente, l'inferiore subseguente: Rio della Carlina, Rio dei Palazzi; 3° il corso superiore è conseguente, il medio subseguente e l'inferiore, infine, di nuovo, conseguente: Correcchio. Ora i corsi del primo gruppo occupano la metà superiore della regione (dominio delle argille azzurre) ed ivi il fenomeno della subseguenza raggiunge la sua più completa ed elevata espressione. Il versante a valle di questi rii è costituito da un'ampia pendice irta di creste, stesa in un grande anfiteatro azzurro, compatta ed ininterrotta, oppur suddivisa in molti bacini collettori seriatì che si spingono sempre più verso l'interno a scolpire ed evolvere la superficie topografica primitiva. La presenza delle argille ha un duplice effetto geomorfologico: 1° formazione della pendice cristata, dalla quale disposizione deriva, 2° la tendenza della pendice stessa a scomporsi in crateri di erosione distinti. Nel territorio invece compreso al Nord del bacino del Rio Aquila il grado di subseguenza scende da 100 a 30 % appena. Lo sviluppo massimo delle scarpate di erosione sarebbe di 1900 metri, ma in realtà esse non si formano nè in corrispondenza al Rio della Carlina, nè in corrispondenza a quello dei Palazzi, i quali limitano una zona di transizione sub-consequente, ove la evolu-

zione del rilievo è già entrata nello stadio della maturità. Scarpate di erosione si incontrano solo nel bacino del Correcchio. Il corso superiore di questo rio si svolge tra le argille, il corso medio per 1800 tra le sabbie, in senso subseguente; quivi dunque potremo con maggiore facilità procedere allo studio dei fenomeni della erosione nelle sabbie gialle del Pliocene.

Le forme giovani del rilievo nelle sabbie gialle. — Il corso superiore del Correcchio con uno sviluppo totale di quasi due chilometri presenta tra le sue due estremità un dislivello di poco oltre i 10 metri, oltre a ciò il tratto medio, subseguente, avente il significato di ostacolo obliquo trasversale, ha per effetto di attenuare il valore di $mv.^2$ in ogni punto del corso, portando ad una generale introflessione delle curve di isoerosione. È per questo che sui due versanti per quanto molto inclinati e nel dominio delle erodibili argille non s'incontrano forme giovani! In corrispondenza poi al bacino collettore l'opera dell'uomo, intensa coltivazione dei campi e sistemazione dei rigagnoli, ricuopre e protegge con uno strato profondo di suolo il sottostante terreno argilloso. L'evoluzione del rilievo è per tutto notevolmente ritardata, e se si eccettuano poche formazioni calancoidi al disotto della Tomba, il paesaggio riveste l'aspetto di una precoce maturità.

L'insieme delle tre colline in senso conseguente dirette verso la pianura del Po, e comprese fra il secondo terrazzo del Santerno ed i corsi superiori dei rii Carlina, dei Palazzi (in due rami), e del Correcchio ci rappresentano un lembo di territorio ove il ciclo di erosione fluviale è già entrato nel secondo stadio, omologo alla « zona dei colli » compresa tra la pianura costiera e l'altopiano centrale, di cui innanzi facemmo parola (v. Fig. 1). Giunti presso la vigna di Calamosca, la traccia del Correcchio piega improvvisamente a levante e l'aspetto del paesaggio varia e si abbella per la comparsa delle forme giovani. Sullo sfondo, di fronte è il bosco della Fratona, nel tono verde bronzo delle quercie e smeraldino dei castagni tra cui spicca pallido, come lembo di neve, l'argento delle betulle. Subito al di là, sulla riva destra, si alza ripida la scarpata di erosione. Possiamo comprendere i principali tipi di geomorfe iniziali in tre gruppi; nel primo prevale la scarpata di erosione, nel secondo il bacino collettore con le marmitte e le scarpate concave, in un terzo gruppo infine possiamo comprendere le frane in zona boschiva le quali ci possono dare tanto

scarpate quanto bacini, ma il cui significato nella evoluzione del rilievo esula dalla cerchia ristretta degli accenni erosivi e ci permette di dare un contributo alla conoscenza della evoluzione della superficie topografica in territorio ricoperto da foreste.

Scarpata di erosione. — Come per le sabbie gialle in genere, possiamo anche in questo caso distinguere due sottotipi, *A* e *B*, i quali si distinguono per un grado diverso di permeabilità de-

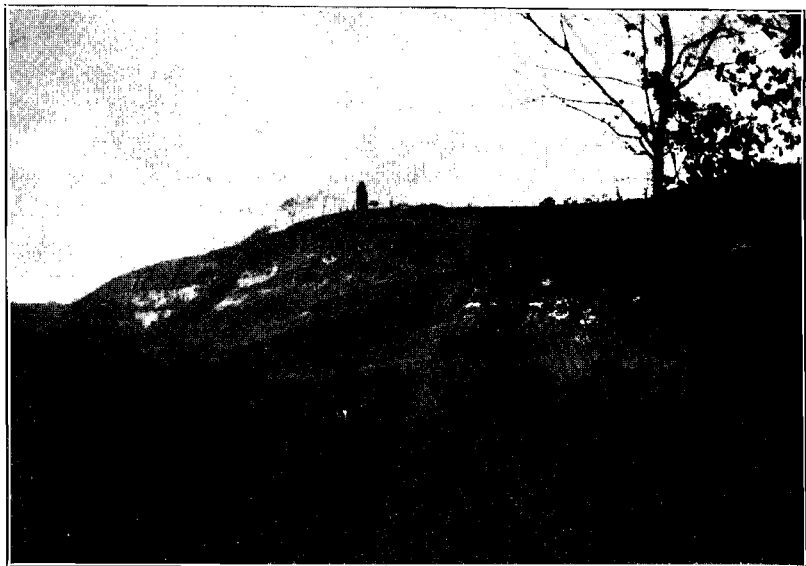


FIG. 3ª — *Scarpata di erosione sulla riva sinistra del tratto subseguente del Correcchio. In alto sul bordo spiccano un cipresso ed alcune querciz: Cà Riva.*

terminato a sua volta dal tenore più o meno elevato in materiale argilloso cementante. Dobbiamo tuttavia notare come nel profilo della scarpata, a differenza di quanto si verifica nelle argillo-sabbie, i segmenti più inclinati si sviluppano in corrispondenza allo stato più impermeabile, ciò che si spiega con la grande erodibilità degli strati *B* (con argilla) e con la assoluta incoerenza della massa sabbiosa degli strati *A*, incapaci di qualunque forma, e che tendono sempre, anche per semplice effetto della forza di gravità, a disporsi in ammassi con superficie più o meno inclinata (v. Fig. 3).

Gli strati semi-permeabili *B*, i quali spiccano per una diversa tonalità del giallo, non sono egualmente sviluppati per tutto l'am-

bito della scarpata, varia la potenza della formazione e variano i rapporti stratigrafici, con frequenti fatti di discontinuità; condizioni queste che si spiegano affermando come generalmente in natura sia molto difficile ritrovare, in un rapporto ottimo e costante degli elementi costitutivi, la possibilità di geomorfe molto estese e geometricamente perfette.

Passeremo ora a ricordare alcune particolarità che pur rispondendo per la loro genesi a funzioni e leggi tutto affatto generali, valgano tuttavia, in ogni caso, a dare una speciale impronta ad una forma, distinguendola dalle altre omologhe ed analoghe. Nella primavera del 1904 il ciglio superiore della scarpata franò per largo tratto determinando ai piedi della pendice stessa la formazione di un vasto accumulo di detriti il quale in parte sbarrò il corso del rio, provocando a monte la comparsa di un piccolo lago lungo 100, largo da 10 a 20 e profondo 10 metri all'incirca. Attualmente esso è scomparso: abbiamo un indice della sua preesistenza in una breve rottura di pendenza del *thalweg*, sul luogo dell'antico sbarramento.

A mezza costa, salendo uno stretto sentiero tra una macchia di acacie, si incontra una piccola grotta rotondeggiante alta metri 2.50, larga 2 e profonda altrettanto; la volta ed il fondo sono costituite da sabbie fortemente cementate (strati *B*), mentre le pareti si sviluppano in una massa di rocce più erodibile e meno compatte (strato intercalare *A*). Si tratta molto probabilmente di una nicchia di erosione la quale in antico avrà servito di sbocco ad un canale sotterraneo di effluvio, deviato attualmente, per ordinario fatto di cattura, verso un altro piano di infiltrazione, la cui traccia superficiale è rappresentata da una forra che passa lateralmente, a pochi metri dalla nicchia da noi descritta. (v. Fig. 4 e cfr. anche foglio 88 della Carta d'Italia III S E).

Sul bordo della scarpata (Fig. 6), non lungi da Ca Riva, presso un gruppo di cipressi e roveri abbiamo la quota di elevazione 162. Riunendo questa con la quota 150 (sul ciglio della scarpata, alla sua estremità a valle); 124 (sulla strada delle Suore, in corrispondenza all'orlo del bacino collettore del piccolo rio che sbocca all'apice del meandro, nel punto ove il tratto subseguente del Correcchio si continua nel II tratto conseguente); 112 (sempre sulla via delle Suore, un quattrocento metri più in basso); 74 (sul secondo terrazzo fluviale del Santerno, e nel punto ove la strada

delle Suore si ricollega con quella del Campaccio) da una parte, e dall'altra con le quote: 165 (sul ciglio della scarpata, alla sua estremità a monte); 104 (a Quattracque, sul versante destro della Sellustra) ed infine con la quota 87 (presso Ca' Carseggio sulla riva della Sellustra), si ottiene una linea sensibilmente parallela alla via Emilia (che segue le ultime propaggini montuose dell'Appen-

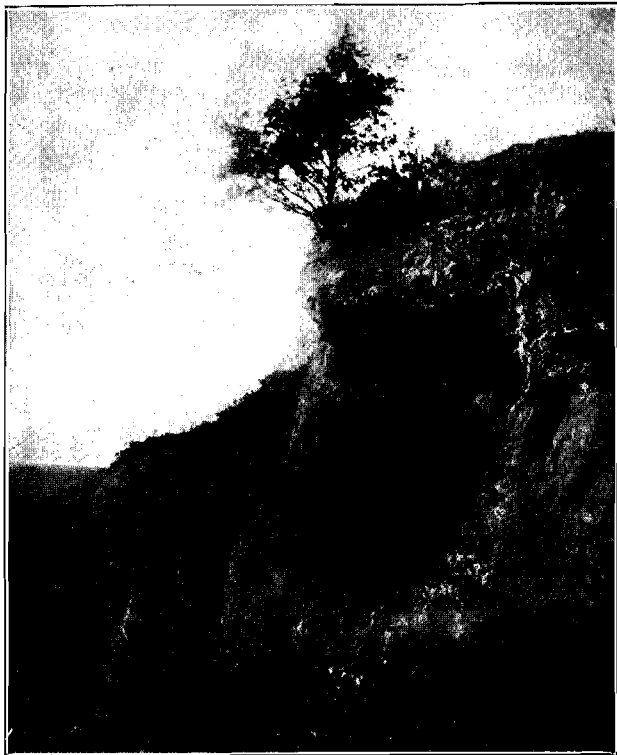


FIG. 4^a — *Nicchia di erosione nelle sabbie gialle.*

nino), e che corrisponde ad un arco di cerchio inscritto alla traccia costiera di una unità oro-idrografica indipendente. (vedi Fig. 5 e foglio 88 della Carta d'Italia III S. E.)

Tre corsi di acqua interessano questa linea: il Santerno, la Sellustra ed il Correcchio; in corrispondenza a quest'ultimo abbiamo una elevazione media di 160, in corrispondenza alle altre tracce fluviali ed in punti perfettamente omologhi, la quota media è invece di 90 metri all'incirca.

Questa irregolare distribuzione delle altitudini lungo una linea perfettamente o quasi parallela alla linea di costa (nel nostro caso al margine della pianura padana) è precisamente dovuta alla presenza di un segmento idrografico subseguente, che isola verso

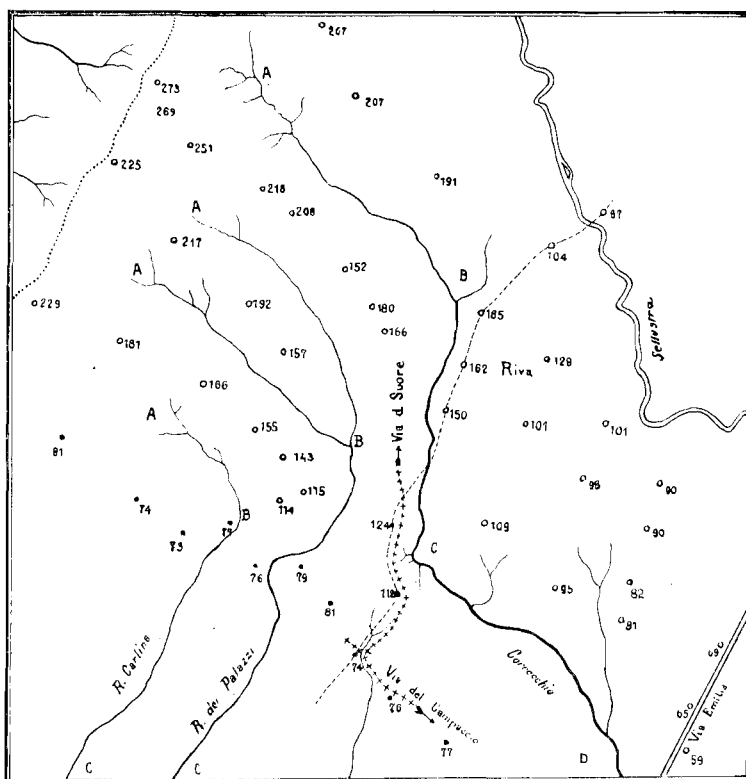


FIG. 5^a — Regione considerata, con indicazione delle principali quote: 162 = Cà Riva. 104 = Quattracque. 87 = Cà Carseggio. (Cfr. Tavoleta 88 della Carta d'Italia III S. E.).

l'esterno un nucleo di quote elevate (162, 150, 165 metri), e ritarda, lungo la sua traccia, la evoluzione del rilievo.

Alle due estremità del corso medio (subseguente) del Correcchio, sviluppato per 1800 metri abbiamo le quote 81 e 112, le quali in senso radiale distano tra di loro appena 300 metri.

La subseguenza diminuisce adunque di sei volte la inclinazione del piano di scorrimento delle acque, attenuando proporzionalmente il valore di $mv.^2$, secondo le modalità e con gli effetti di cui innanzi facemmo parola.

Bacini collettori. — Come innanzi abbiamo veduto, la leggiera inclinazione del piano su cui giace la traccia conseguente a monte ed il piccolo valore di $mv.^2$ rendono l'azione erosiva nel punto idrologico poco intensa, ciò che insieme alla lavorazione cui è soggetta la superficie del bacino collettore nasconde od elimina la comparsa di forme giovani. Il passaggio dal segmento subseguente al secondo segmento conseguente è contraddistinto da un meandro molto ristretto, alto 25 e largo alla base una trentina di metri, in corrispondenza del quale a destra si sviluppa una riva concava in forma di gigantesca pendice scarpata alta 20 metri in media dal letto del rio. In un meandro i valori più elevati di $mv.^2$ si riscontrano nella serie dei punti (tangenti) ove la corrente insiste contro la riva concava facendola continuamente retrocedere. La velocità minima delle acque si rileva invece secondo la serie dei punti che segnano l'estremo lembo della riva convessa, la quale tende così ad aumentare progressivamente per il depositarsi del materiale di alluvione.

I punti idrologici terminali degli affluenti di primo ordine possono essere considerati come un'ansa strettissima (meandro) del rio in cui i due rami si sono fusi in uno solo e quest'ultimo ramo sposta ed isola alla sua estremità un punto di incidenza. Come si svolge questo processo? Nel punto d'intersezione della branca ascendente e della branca discendente del meandro, $mv.^2$ raggiunge il suo massimo valore, ed abbozza una nicchia che corrosa e minata alla sua base continuamente si allarga generando per una serie di franamenti arcuati, tanto più ampi quanto più si procede verso l'alto, un minuscolo bacino collettore nel corpo della scarpata. La superficie di quest'ultima si sviluppa così notevolmente in senso verticale per un valore che aumenta dal basso verso l'alto: i rigagnoli, in numero necessariamente maggiore ad uno, che scendono dal bordo superiore del bacino, devono quindi convergere in una unica traccia in corrispondenza al punto idrologico.

Quale è il numero massimo dei tramiti (solchi di erosione) che possono formarsi nell'abbozzo di un bacino collettore? Quanto più sviluppata, naturalmente, è la superficie topografica in senso verticale; così nelle argille ove i crateri di erosione sono irti di creste taglienti che ne quadruplicano l'area assoluta, rilevantissimo è il numero dei tramiti. Nel caso nostro invece la maggiore franabilità del-

la roccia non permette la formazione delle creste ed il numero delle traccie stabili di erosione sarà quindi più limitato. Fino a qual punto è ciò che non si può stabilire *a priori*, dato che le sabbie gialle non costituiscono un complesso omogeneo, ma sono formate da un insieme di elementi diversi le cui proprietà e proporzioni variano da luogo a luogo. Ma le ricerche direttamente condotte sul terreno nella zona presa in esame ci mostrano come la dicotomia nella ramificazione degli affluenti di primo grado costituisca una regola quasi costante.

La scarpata semicircolare poc'anzi descritta non è continua ma si mostra, e proprio sul prolungamento della bisettrice dell'angolo formato dalle due branche del meandro, incisa da una vallecchia estesa per pochi metri e nel cui fondo scorre un breve ruscello il quale incide rapidamente il suo *thalweg* nella massa del materiale detritico. All'estremo di questo rigagnolo ed in corrispondenza al punto idrologico abbiamo due belle marmitte di erosione: la parete posteriore della seconda si continua in una scanalatura alta tre o quattro metri a formare una rottura di pendenza che separa la traccia del canale di effluvio dalla traccia del principale solco di erosione esteso dal bordo superiore della scanalatura su verso destra sino al lembo superiore del bacino. Verso le marmitte di erosione converge pure un secondo tramite deviato a sinistra; esso limita con il primo una superficie triangolare inclinata in basso, con vertice nel punto idrologico.

Fino a quando la quota di quest'ultimo, come nel presente caso, è molto superiore alla quota della foce, l'estremità del rigagnolo tende ad approfondirsi e spostarsi a monte, retrocede così pure la pendice triangolare (p. terminale) generando per traslazione i versanti fortemente inclinati della valle dell'affluente di prim'ordine che si viene così abbozzando.

Quando poi il canale di effluvio ha raggiunto o si è avvicinato in modo notevole al profilo di equilibrio, il punto idrologico divenuto quasi stabile, funziona da livello di base per i due tramite collettori che tendono a lor volta al profilo di equilibrio ed incidono energicamente il terreno.

Sulla riva destra del Correcchio, proprio all'estremità del secondo ramo conseguente sbocca una di queste valli nella quale il canale di effluvio ha già raggiunto la lunghezza di circa 40 metri, ma dove il notevole dislivello tra il punto idro-

logico e la foce (15 metri) conserva ancora inclinata e precipite la pendice terminale. Nel punto ove la strada delle Suore si stacca da quella del Campaccio, la traccia di un rio attraversa quest'ultima e scorre in vallecola profondamente incisa nel terrazzo, lunga un centinaio di metri: il punto idrologico giace quasi sul peneplano, debole è quindi la sua tendenza a spostarsi. I due rami collettori tendono allora ad incidere rapidamente il loro *thalweg*, risultandone nel territorio interessato frequenti i fatti di dilavamento e frana, una di queste interessa per breve tratto la strada delle Suore rovinandola in parte. Allo sviluppo soprattutto del tramite destro contrasta efficacemente l'opera dell'uomo con la cultura dei campi e con costruzioni idrauliche. Sulla riva sinistra del corso medio del rio Correcchio sboccano pure numerosi affluenti di prim'ordine i quali hanno tutto l'aspetto di quelli ora descritti, solo in essi è maggiore lo sviluppo del canale di effluvio e minore il dislivello tra il punto idrologico e la foce.

Sulla distesa ondulata del territorio che si estende al nord della zona dei colli conseguenti (compresi tra le tracce superiori del Correcchio, del Rio della Carlina e del Rio dei Palazzi), degradando lentamente verso la pianura, queste piccole valli ad Y danno un'impronta caratteristica al paesaggio: sono come dei viadotti a sezione trapezoidale regolarissima che verdi di quercie e di acacie solcano in tutte le direzioni la superficie del primo terrazzo fluviale; per ramificare regolarmente alla loro estremità nei due tramiti collettori, che limitano da prima una superficie posteriore terminale convessa a sprone lungo il suo dorso, e poi si allungano in due vallecole a sezione trapezoidale, e convergenti verso la valle principale, la gamba dell'Y. Le ondulazioni (gibbosità) del terreno sono appunto il risultato di questo sviluppo vallivo che intacca ed evolve la massa del primo terrazzo fluviale. Quando il profilo della regione compresa tra due vallecole adiacenti corrisponde ad un trapezio e le scarpate di erosione sui lati di quest'ultimo sono ancora possibili, abbiamo lo stadio della giovinezza, quando invece il profilo è regolarmente convesso siamo già entrati nello stadio della maturità.

Le frane nel bosco ed il loro significato. — Nel bosco della Fratona, cui innanzi accennammo, per quanto le piante vi sian molto dense il fenomeno della frana si ripete frequente e rovinoso. Una frana in un bosco? Innanzi a noi è l'immagine di un

ammasso caotico di zolle, di blocchi rocciosi, di piante divelte con la radice in alto e la corona sepolta nella massa dei detriti!... Uno spettacolo di rovina sul quale a poco a poco i muschi ed i licheni stendono un pietoso manto verdognolo! Nulla invece di tutto ciò! Guardate la figura 6. Sul primo piano è un lembo di



FIG. 6^a — Frana nel bosco della Fratona. Sul davanti il lembo del terreno spostato insieme alle due piante; dietro biancheggia la radice della frana; tutt'all'intorno è la boscaglia di felci e quercioli.

suolo completamente isolato e sul quale crescono fraternamente uniti un castagno ed una betulla; dietro, sullo sfondo, è una nuda pendice giallognola ove l'assoluta mancanza della zolla ricopritrice mette in evidenza la natura geologica del terreno costituito da sabbie gialle del pliocene! Dove è andata la zolla ricopritrice? Essa è data appunto dal lembo di suolo, su cui crescono le due

piante, e che di là è disceso in basso senza che per questo nessun albero sia stato divelto, ed i muschi ed i licheni siano stati invitati a compiere l'opera loro pietosamente estetica!

In breve le macchie di felci che assedian di verde il bordo giallastro della frana, stenderanno propaggini e stoloni nell'area della pendice a rallegrarla di nuove fronde!

Dappertutto sono visibili nel bosco le tracce di frane antiche: un ridosso rotondeggiante su cui crescono castagni e roveri (lembo isolato di terreno) con il tronco più o meno spostato dalla verticale; dietro una pendice a superficie concava (radice della frana) ricoperta di macchia recente di felci, di equiseti, di polloni di rovere. Lungo il corso dei brevi rii (a vallecola con sezione trapezoidale, affluenti di prim'ordine del Correcchio) che profondamente incidono il loro *thalweg* nella massa delle sabbie, il fenomeno di questo assestamento con frana, è quanto mai evidente ed esteso. Guardate la figura: il fondo della valle è riempito alla rinfusa da piante discese così con lembi di terreno dalle due pendici versanti e che continuano a vivere ed egualmente vegetare come se nulla fosse accaduto; qua e là crepacci profondi sempre più si allargano a rivelare lo sfondo giallo-rosso del sottosuolo, indici della *marcia* continua degli alberi dalle parti più alte verso le località più basse del bosco ove tendono a concentrarsi in boscaglia arruffata e densa! Come si originano queste frane? La massa delle sabbie, è, come qualsiasi altra formazione, interessata da un complesso sistema litoclasico originatosi, sia per i grandi movimenti di assestamento della crosta terrestre, sia, più in superficie, per le alternative di gelo e disgelo e per i fatti di erosione nel sottosuolo.

A traverso questa rete di crepacci gran parte dell'acqua caduta penetra in profondità per effluire ai piedi della pendice, oppure lungo le sue falde ove gli strati della sottostante formazione argillosa si innalzano sopra il livello del corso del rio del Correcchio. In una massa scoperta di sabbie possiamo immaginare che la rete litoclasica sia uniformemente distribuita avendosi, a qualunque profondità, un eguale sviluppo di crepaccio (espresso in percentuale di spazio vuoto sullo spazio occupato da rocce massicce, per metro cubo), ciò che assicura alla massa delle acque libero e presto effluvio attraverso i piani di infiltrazione verso il livello di base. Supponiamo ora di avere invece di una super-

ficie nuda una superficie ricoperta da bosco. Lungo le radici tanto vive che morte, si istituiscono come è noto, altrettante vie dell'acqua, risultandone così nella massa considerata la formazione di due strati distinti. Lo strato profondo, sabbioso uniforme, ed uno strato più superficiale ove si sviluppa l'apparato radicale degli alberi ed in corrispondenza al quale lo sviluppo delle vie dell'acqua per metro cubo viene quintu-sestuplicato.

Il rapporto che ne risulta con l'orizzonte profondo può essere rappresentato schematicamente con due tubi saldati, il superiore dei quali ha un diametro 5 o 6 volte superiore a quello del tubo sottostante. Se ora facciamo passare attraverso il primo un getto di acqua, continuo, a velocità costante, e con un diametro eguale a quello della cavità del tubo stesso, è evidente che una grande parte di quest'acqua, non potendo trovare sfogo adeguato, lungo il secondo tubo, dovrà tracimare.

Qualche cosa di simile si verifica pure nel passaggio delle acque dallo strato *A* allo strato *B*: in corrispondenza al piano limite la massa delle acque trova nel sistema litoclasico delle sabbie unite spazio insufficiente per penetrare in profondità, ed in gran parte rifluisce lavorando contro le pareti dei crepacci e generando in corrispondenza ai medesimi ed intorno alle radici delle caveole che tendono a riunirsi progressivamente in uno strato alveolare (cavernoso) continuo, tra i due orizzonti *A* e *B*. Sul piano di queste cavernette si depositano inoltre particelle di argilla e sali insolubili (trasportati in sospensione dall'acqua) a costituire un piatto impermeabile *D* tra *C* e *B*.

Si delinea così una superficie di scivolamento (slittamento) sulla quale il lembo boscoso si troverà in equilibrio tanto più instabile quanto maggiore è l'inclinazione della pendice, quanto più evolvibile cioè la superficie topografica attuale. E basta ora una scossa di terremoto, ad esempio, un disgelo rapido, un forte acquazzone per turbare questo equilibrio ed originare la frana, che sposta in basso il lembo boschivo.

Le montagne del centro dell'Africa e dell'America del sud, che si ha buona ragione di credere coperte di bosco sin da quando la degradazione meteorica delle rocce in un con l'azione preparatoria dei muschi e dei licheni, permise agli alberi di fissar durvolmente nel terreno le loro radici, e, senza andar tanto lontano, in molte località del nostro Appennino, coperte *ab illo tem-*

pore dalla foresta, le forme del rilievo sono, non ostante la presenza del bosco, così scabrose ed accidentate come in territorio scoperto e liberamente esposto all'azione scultrice delle acque correnti. Generalizzare è sempre pericoloso, soprattutto quando scarsi e di carattere molto locale siano gli elementi di giudizio; non crediamo tuttavia inopportuno accennare all'ipotesi che nelle montagne dell'Africa e sulle giogaie del nostro Appennino, si siano venuti ripetendo su grande scala fatti simili a quelli da noi studiati nel bosco della Fratona.

Anche in zona boschiva adunque il rilievo regolarmente evolve, ma, mentre in terreno scoperto la evoluzione procede contemporaneamente in tutti i punti del territorio esposti all'azione scultrice delle acque, nella zona boschiva ciò si verifica con effetto discontinuo per parziali assestamenti, che permettono così anche nella regione delle foreste la comparsa delle più ardite geomorfe caratteristiche nel primo stadio della giovinezza.
