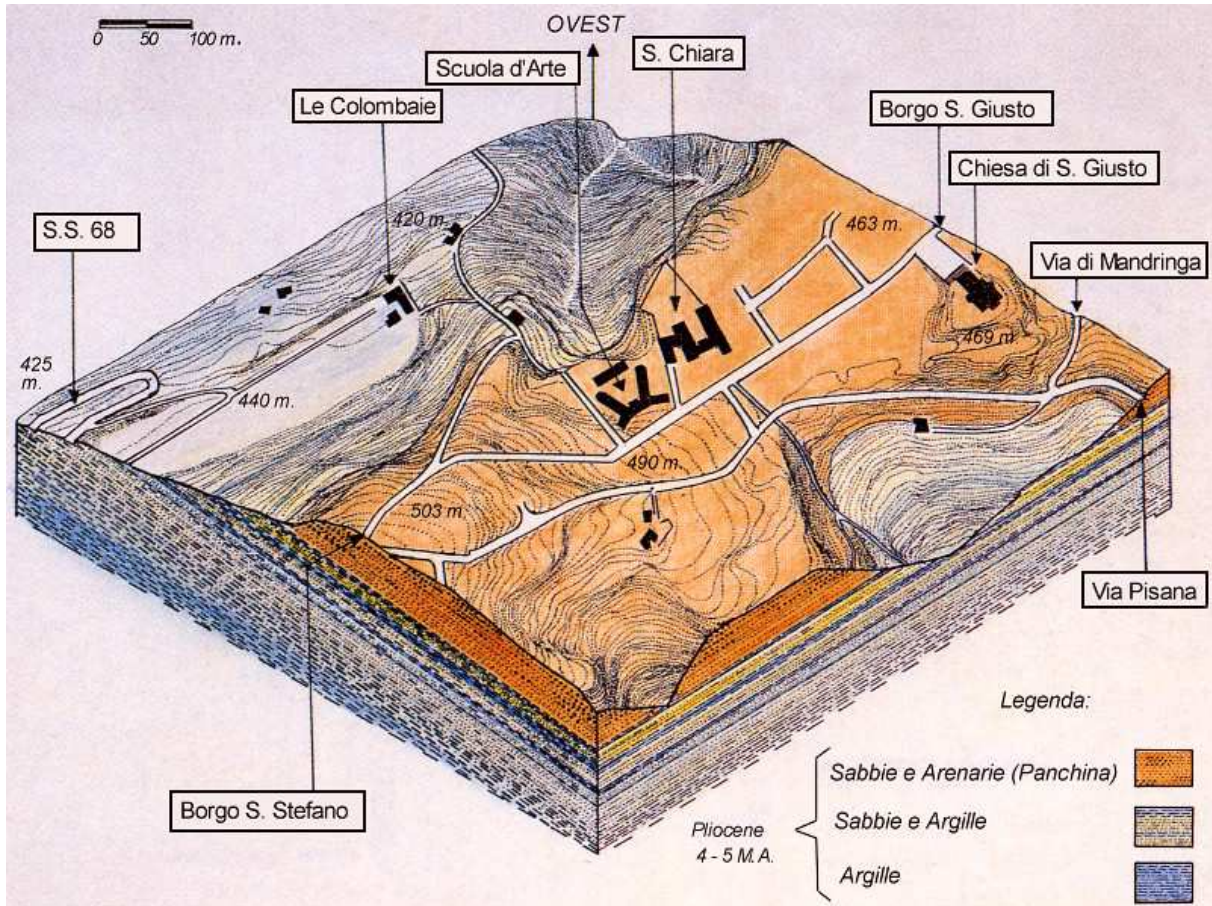


## CONSIDERAZIONI SULLA GEOMORFOLOGIA E SULL'IDROGEOLOGIA DEL COLLE DI VOLTERRA

Per poter meglio comprendere il comportamento geomeccanico del colle di Volterra occorre descrivere dettagliatamente la struttura stratigrafica del rilievo partendo dall'alto.



1) **Piattaforma sabbioso-arenacea.** La sommità del colle volterrano è coronata da una piattaforma di sabbie e calcari arenacei dello spessore massimo di circa 40 metri. Sotto l'aspetto idrologico il deposito sabbioso risulta essere una formazione molto permeabile per la



*porosità* che la contraddistingue: le non ridottissime dimensioni dei granuli sabbiosi e la loro geometria rotondeggiante consentono infatti una facile percolazione delle acque attraverso tutto lo spessore del deposito.

I banchi di calcari arenacei risultano invece permeabili per *fessurazione*, grazie cioè alle numerose fratture che li attraversano e che permettono alle acque di penetrare facilmente nelle sabbie sottostanti.

2) *Sabbie moderatamente argillose con livelli di argilla compatta.* Al di sotto della piattaforma sabbioso-arenacea è presente un livello dello spessore di circa 30 metri costituito da sabbie a granulometria più fine e moderatamente argillose, al cui interno si trovano inclusi alcuni straterelli di argilla compatta e impermeabile dello spessore osservabile di 30-50 cm. Il confine fra questo livello e la formazione soprastante risulta ben visibile nelle pareti di frana, vere e proprie sezioni naturali che permettono di studiare direttamente la stratigrafia del rilievo e che consentono di osservare come questo deposito risulti permeabile in corrispondenza della sua frazione sabbiosa e non certo a livello dei suoi straterelli argillosi. È proprio a questo fenomeno che si deve attribuire la presenza di vene e di falde idriche con percorsi preferenziali per la fuoriuscita delle acque là dove il profilo morfologico mette a giorno i contatti sabbie-strati argillosi.

Questa situazione stratigrafica e la dinamica idrologica che ne consegue permettono così sia di spiegare l'origine che di render conto delle numerose sorgenti che a diverse quote altimetriche sgorgano lungo le pendici del colle volterrano (LOTTI *et alii*, 1877; PANICHI, 1973; TAMBURINI, 1984).



3) *Argille sabbiose.* La fascia delle sabbie a livelli argillosi sfuma senza soluzione di continuità, in modo estremamente graduale, in un livello di argille sabbiose il cui spessore si aggira intorno ai 50 metri. Si tratta di un deposito praticamente impermeabile, soprattutto nella parte più bassa, a più elevato contenuto argilloso.

4) *Argille.* Anche le argille sabbiose sfumano gradualmente, senza stacco netto, nelle sottostanti argille compatte. Si tratta di un deposito decisamente impermeabile di spessore consistente e difficilmente valutabile, ma sicuramente dell'ordine di alcune centinaia di metri (GIANNINI & TONGIORGI, 1958).

Dal punto di vista geomorfologico e idrogeologico il comportamento fisico delle argille varia nel corso delle stagioni: dalla superficie fino a 4-5 metri di profondità la forte evaporazione tipica della tarda primavera e dell'estate provoca forti contrazioni nella massa



argillosa determinando grosse spaccature (fratture di ritiro) che si estendono anche fino a 2 metri di profondità. Con l'arrivo delle piogge autunnali l'acqua penetra attraverso queste spaccature e plastifica così le argille anche in profondità. In questo modo «*piogge prolungate e di forte intensità determinano un notevole rammollimento del terreno e sono quindi la causa determinante delle vaste frane di colamento e di scoscendimento*» (RAGGI, 1981).

Il quadro così delineato consente pertanto di evidenziare, anche sulla base di quanto è possibile osservare direttamente, i meccanismi che condizionano i processi geomorfologici in atto sul colle volterrano.



Le Balze di Volterra (TARGIONI TOZZETTI, 1769; SOLDANI, 1780; AMIDEI, 1864; CINCI, 1885; ALMAGIÀ, 1907; MARTELLI, 1908; STEFANINI, 1921; PRINCIPI, 1941; LARI & TRINCIARELLI, 1980; GIANNELLI *et alii*, 1981*b*, RAGGI, 1982*b* MAZZANTI, 1988; MAZZANTI & RODOLFI, 1988) offrono a questo proposito un ottimo quanto macroscopico esempio delle dinamiche erosive in atto su questo versante del rilievo, consentendo inoltre di mettere in luce, seppur indirettamente, i fattori che contribuiscono a determinarle, sia che essi dipendano da oggettive cause naturali (situazione stratigrafica, sismica e tettonica, morfologia, precipitazioni, regime idrogeologico, copertura vegetale ecc.), sia che vi concorrano in ultimo gli effetti antropici del degrado ambientale connessi al succedersi delle varie attività umane esercitate nella zona nel corso della storia (disboscamento, agricoltura, pastorizia, pavimentazione ed impermeabilizzazione del suolo urbano, ubicazione degli scarichi fognari ecc.) ed esplicitanti, ad esempio, nella perturbazione dell'equilibrio idrico del sottosuolo e nelle conseguentemente possibili deviazioni delle vene sotterranee con esiti che risultano difficilmente prevedibili e, assai spesso, solo faticosamente controllabili (TAMBURINI, 1984).

L'aspetto più vistoso del fenomeno erosivo che caratterizza la dinamica morfologica delle Balze è rappresentato da frane per crollo a carico dei settori più avanzati della piattaforma sabbioso-arenacea e del sottostante livello di sabbie a straterelli argillosi. Tale fenomeno è dovuto allo scalzamento operato alla base delle sabbie a straterelli argillosi sia da parte della falda idrica sotterranea, sia, soprattutto, per tramite delle acque meteoriche che, percolate facilmente attraverso i depositi sabbiosi, vengono a giorno con numerosi gemiti e piccole scaturigini a livello degli straterelli impermeabili di argilla compatta.

L'acqua da qui fuoriuscita va così ad impolpare lo strato superficiale delle sottostanti argille sabbiose e raggiunge talora perfino il livello ancora più basso delle argille compatte con l'effetto di rendere più pesanti e plastici gli strati argillosi con cui viene a contatto, che tendono pertanto a scivolare gravitativamente lungo le superfici spesso molto inclinate del pendio mettendo così a nudo le retrostanti argille secche. A lungo andare questo fenomeno produce una mancanza di appoggio al fronte verticale dei depositi soprastanti che, trovandosi in tal modo privi di sostegno alla base, crollano progressivamente facendo così arretrare sempre più il fronte di erosione.

I materiali così franati si depositano sopra le argille del fondo valle rallentandone o impedendone momentaneamente l'erosione e l'asportazione accelerata da parte delle acque dilavanti.

A rendere più complesso il fenomeno erosivo appena descritto contribuisce inoltre la presenza delle vene idriche e delle falde acquifere che si trovano all'interno del deposito sabbioso a straterelli argillosi; esse provocano infatti la diminuzione dell'attrito interno di tale deposito pregiudicando così la stabilità complessiva dell'intera pila sedimentaria soprastante. Queste acque infatti *«determinano alterazioni delle caratteristiche fisiche e meccaniche delle sabbie a matrice limosa, dei limi e delle argille sabbiose, che al loro contatto subiscono una sensibile riduzione di coesione e di attrito interno. Avviene così che gli strati sabbioso limosi che sovrastano le argille basali instabili per l'azione dell'acqua di infiltrazione perdono l'originaria debole coesione e vengono più facilmente coinvolte in movimenti gravitativi»* (RAGGI, 1982*b*).

In altre parole la sabbia bagnata può essere asportata, ovviamente, con maggiore facilità, provocando così la caduta di lembi sabbiosi soprastanti soprattutto là dove le falde acquifere assumono maggiore consistenza e procurando in tal modo l'ulteriore aggravamento delle condizioni di stabilità del deposito sabbioso-arenaceo sommitale.

A questo stesso livello di sabbie a straterelli argillosi si può ragionevolmente attribuire gran parte dei fenomeni franosi (smottamenti) che interessano, talora con effetti abbastanza vistosi, *grosso modo* tutta la zona fra le Colombaie e il Botro Pagliaio, vale a dire tutta quella fascia esposta a S e SSW del colle di Volterra (RAGGI, 1981; RAGGI, 1982*c*, RAGGI & BJCCHI,

1985) e altimetricamente compresa fra quota 460 e quota 430 metri s.l.m.; in quest'area, infatti, i fenomeni di smottamento non avrebbero certo assunto le proporzioni attuali se non vi avesse contribuito in modo determinante il processo di disboscamento verificatosi in passato e aggravato ultimamente dall'intensa urbanizzazione (con varia dislocazione di scarichi fognari, impermeabilizzazione dei suoli, ecc.) in seguito alla quale il regime idrico sotterraneo, che aveva trovato il suo naturale equilibrio idrogeologico, ha subito improvvise e sostanziali modificazioni con ovvie ripercussioni sulla stabilità generale di tutta la zona e, in particolar modo, di taluni edifici incautamente realizzati in settori nel cui sottosuolo le falde acquifere assumono maggiore consistenza.

Per quanto riguarda la stabilità dei terreni e la sua evoluzione storica, basti dire che lungo tutto il versante del colle di Volterra i movimenti franosi *«hanno i caratteri di colamenti in basso, e di scoscendimenti multipli in alto, presso la testata: qui prevalgono i movimenti lungo superfici di taglio a sviluppo rotazionale, mentre nella parte mediana e inferiore prevale il movimento di traslazione sotto forma di colamento plastico. Questo schema è comune alle frane antiche come anche a quelle attuali»* (RAGGI, 1981).



I rimedi per ovviare a questi inconvenienti, imputabili soprattutto a fattori antropici (di più antica o recente data), consistono principalmente in un'indispensabile opera di rimboschimento dei versanti più interessati dai fenomeni erosivo-franosi, in modo da rallentare e auspicabilmente arrestare il processo di degrado, ancorando quanto più possibile il terreno superficiale al suo naturale substrato.

È noto che il paesaggio del colle volterrano *«prima dell'intervento umano si ammantava di foltissimi boschi nelle zone sabbiose e di macchie in quelle argillose, oggi ridotte completamente a pascoli e a colture ai quali in definitiva va attribuita la maggiore responsabilità dell'innesco dei processi di erosione accelerata»* (GIANNELLI et alii 1981b).

Infatti poiché nel Volterrano la deforestazione antropica risulta assai praticata fin dal periodo etrusco in tutti gli affioramenti argillosi, poi sottoposti per lo più a pascolo intensivo e, ove possibile, a sfruttamento agricolo (BANDINI, 1942; BIANCHI, 1983), *«è ragionevole ritenere per certo che l'asportazione del manto vegetale sui versanti argillosi abbia favorito l'erosione dei suoli e conseguentemente l'impostazione o il ravvivamento dell'erosione sia di massa (soliflussi, frane), sia incanalata (rivoli, calanchi)»* (MAZZANTI & RODOLFI, 1988).

Ne consegue che nelle aree esposte al fenomeno *«è quindi imprevidenza somma il permettere che si rompa colla coltivazione o in altra guisa il terreno (...), operazione che facilita l'assorbimento e trasmissione delle acque ai terreni lavinosi posti là di sotto»* (AMIDEI, 1864). Pertanto *«se è assolutamente impensabile di proibire le pratiche dell'allevamento e dell'agricoltura, non sarebbe altrettanto impossibile giungere alla creazione di aree di rispetto o di vincolo morfologico dove queste pratiche si svolgessero solo sotto controllo e nei limiti di attività sicuramente non innescanti processi degradativi dei versanti»* (GIANNELLI et alii 1981 b).

Da: *Le rocce del Volterrano*, di V. Trinciarelli e A. Marrucci, Volterra 1990

Foto di V. Trinciarelli