

ISABELLA ASSI*, ROBERTO COMOLLI*, FRANCO PREVITALI*

PRIME OSSERVAZIONI SUI SUOLI DELLA VAL GROSINA (Sondrio)**

RIASSUNTO - Vengono presentati i primi risultati della campagna di rilevamento pedologico in Val Grosina. L'area di studio (bacino del T. Roasco) viene descritta nei suoi essenziali aspetti geolitologici e geomorfologici, climatici, vegetazionali e antropici. Sono illustrate le tipologie di suoli più rappresentative rinvenute nel territorio (Leptosols, Cambisols, Podzols), con descrizione delle dinamiche pedologiche e del chimismo che le caratterizza. Vengono inoltre forniti alcuni cenni sulla distribuzione dei suoli in relazione ai fattori della pedogenesi (substrato, morfologia, clima, vegetazione, attività antropiche).

SUMMARY - *First observations about the soils of Grosina Valley (Sondrio, Northern Italy)*. The first results of a soil survey in the Grosina Valley are here presented. The studied area (the basin of the Roasco River) is described in its main geolithological, geomorphological, climatic, vegetational and anthropic aspects. The most representative soil types (Leptosols, Cambisols, Podzols) are illustrated, together with the soil formation processes and the chemical properties. Moreover, some relationships between soil distribution and soil genesis factors (substrata, relief, climate, vegetation, human activities) are outlined.

PREMESSA

Dal 1991 vengono condotte ricerche nella Val Grosina (figg. 1 e 2), scenario naturale assai rappresentativo di molti dei caratteri degli ambienti alpini. Tali studi sono rivolti ad accertare, in primo luogo, proprietà e distribuzione dei suoli e quindi, successivamente, a definire criteri di utilizzazione, di difesa e di tutela del territorio che ne rispettino gli equilibri ecosistemici. L'obbiettivo comporta che, allo studio dei suoli, si accompagnino indagini sulle formazioni rocciose, sulle forme e sull'evoluzione dei rilievi, sulla copertura vegetale, sulle caratteristiche climatiche, sui processi di degrado fisico e sulle influenze, su di essi esercitate, della presenza e dell'attività umana.

Il presente lavoro riferisce dei primi risultati di tali indagini, particolarmente focalizzate, a tale stadio, sulle tipologie e sui processi pedogenetici.

* Facoltà di Agraria, Università degli Studi, Milano.

** Ricerca svolta con un contributo del CNR, nell'ambito del P. F. Raisa, sottoprogetto 2; pubblicazione n. 1502. Gli Autori hanno partecipato in equal misura allo svolgimento della ricerca ed alla preparazione del presente testo.

MATERIALI E METODI

Le indagini sui suoli della Val Grosina sono state precedute dallo studio preliminare delle foto aeree (volo TEM1, 1981-83, Regione Lombardia), a cui ha fatto seguito il rilevamento diretto, con descrizione delle stazioni pedologiche (SANESI, 1977). I campioni prelevati dai singoli orizzonti e suborizzonti componenti i diversi profili sono stati analizzati in laboratorio (SISS, 1985).

Si sono determinati: pH, carbonio organico, composizione cationica del complesso di scambio, tessitura apparente (con sola dispersione in esametafosfato), tessitura reale (mediante preventiva distruzione della sostanza organica e dei cementi ferrici). Si sono inoltre identificate le seguenti forme di ferro e alluminio:

Fe_d, Al_d: frazione solubile in ditionito-citrato-bicarbonato;

Fe_o, Al_o: frazione solubile in ammonio ossalato acido;

Fe_p, Al_p: frazione solubile in sodio pirofosfato.

LINEAMENTI GEOLOGICI E STRUTTURALI

L'area di studio si colloca, dal punto di vista strutturale, all'interno dell'Unità definita come Austroalpino Superiore (BONSIGNORE *et al.*, 1969; BELTRAMI *et al.*, 1971; POZZI *et al.*, 1990), la quale, a propria volta, viene distinta — nel settore in esame — in:

Sistema di Scarl-Umbraile;

Sistema di Languard-Tonale.

Al sistema di Scarl-Umbraile appartiene il «Cristallino di Grosina», a sua volta racchiudente la «Formazione della Val Grosina». Questa comprende poi il «Membro delle Migmatiti di Vernuga» (gneiss occhiadini a due miche e gneiss granitoidi biotitici) e il «Membro degli Gneiss di Monte Storile» (paragneiss minuti granatiferi).

Il Sistema Languard-Tonale include il «Cristallino del Tonale», distinto in:

«Gneiss del Monte Tonale» (gneiss e micascisti a due miche sillimanitici; gneiss muscovitici, gneiss milonitici; intercalazioni lenticolari anfibolitiche e anfibolitico-gneissiche);

«Formazione della Punta di Pietra Rossa» (micascisti filladici muscovitici e cloritici; gneiss minuti biotitici; gneiss occhiadini a due miche; gneiss listati cloritici; filladi quarzifero-carboniose cataclastiche; quarziti);

«Micascisti della Cima Rovaia» (micascisti muscovitico-granatiferi nodulari).

Completamente distinto dalle precedenti Unità è il «Gabbro del Monte Masuccio» (gabbri anfibolici; gabbrodioriti; dioriti; granodioriti; graniti), in quanto parte di un plutone tardo-ercinico (GREGNANIN e MONTRASIO, 1990).

L'assetto tettonico regionale si è venuto progressivamente definendo attraverso numerose fasi di movimento da sud verso nord e di retroflessione da nord verso sud (POZZI *et al.*, 1990). In sintesi, le sopracitate unità risultano interessate da grandi linee di movimento tettonico, fra le quali le più significative risultano essere:

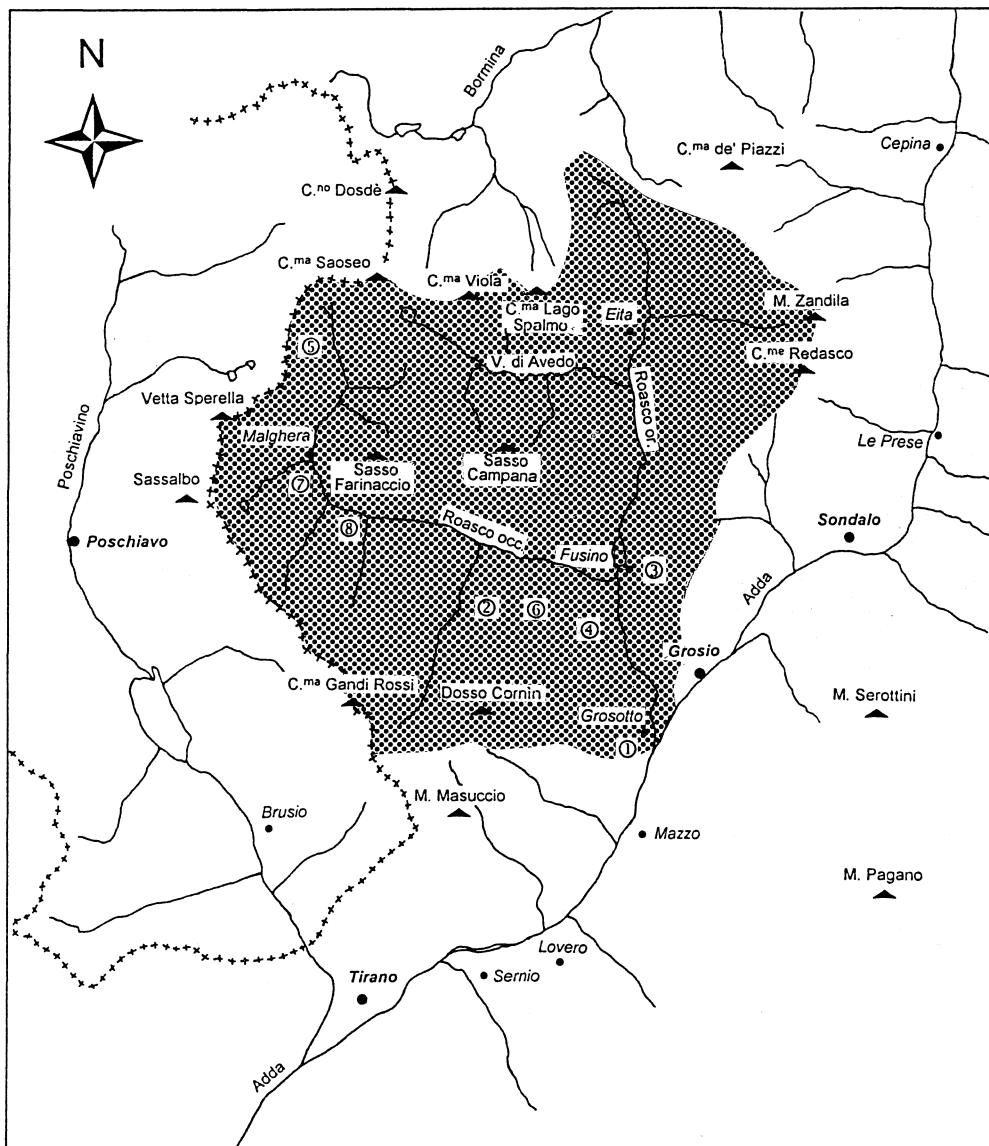


Fig. 1 - Area di rilevamento (scala approssimativa 1:200.000); i numeri indicano l'ubicazione dei profili pedologici descritti.

la «Linea Insubrica», che separa il distretto alpino da quello prealpino (Alpi Meridionali), correndo per un buon tratto in prossimità e parallelamente al decorso est-ovest del fiume Adda;

la «Linea del Mortirolo», subparallela e corrente a nord della precedente; sovrascorrimenti di unità nella porzione centrale e settentrionale della Val Grosina.



Fig. 2 - Testata della Val Guinzana (laterale alla Val Grosina occidentale). In primo piano: superficie a pascolo, piuttosto degradato, con presenza di nardo. Al centro: fascia della pecceta subalpina sormontata dal lariceto. In alto: prateria a carice curva; sullo sfondo i monti di spartiacque con la Val Poschiavo.

L'età dei complessi metamorfici sopraelencati — ritenuta in passato genericamente archeozoica — viene oggi problematicamente collocata (GREGNANIN e MONTRASIO, 1990) fra l'Ordoviciano superiore (435-450 Ma) e l'Algonkiano inferiore (1550-2000 Ma). Il metamorfismo principale viene ritenuto con sicurezza prealpino, essenzialmente ercinico.

Infine, per quanto concerne i depositi quaternari, questi possono essere fondamentalmente distinti in:

- depositi gravitativi ed idrometeorici, attivi ed inattivi (coni di deiezione; falde e coni di detrito; frane di scorrimento; depositi torbosi);

- depositi glaciali, olocenici e pleistocenici (morene e cordoni morenici; «rock glaciers» attivi ed inattivi).

ASPETTI CLIMATICI

Sono stati presi in esame dati termopluviometrici giornalieri provenienti da quattro stazioni di rilevamento, una delle quali all'interno dell'area (Fusino m 1212), le altre all'immediato contorno (Grosotto m 615, Le Prese m 950, Arnoga m 1870). La serie storica più lunga è quella di Fusino: 39 anni di precipitazioni (1951-89) e 11

di temperature (1978-88). Il clima della valle è tipicamente endoalpino, caratterizzato da precipitazioni piuttosto scarse, concentrate nei mesi centrali dell'anno (maggio-settembre). Le precipitazioni aumentano con la quota e il gradiente pluviometrico medio è di 26 mm/100 m. All'interno della valle, a quote fra 1000 e 2000 m, la media annuale si aggira sugli 800-1000 mm.

Il gradiente termico medio è di 0,52°C/100 m. L'escursione termica annua è di circa 18°C a Fusino, ma sale a 20°C (aumento della continentalità termica) nei pressi dello sbocco della Val Grosina nella Valtellina.

Pedoclima

Regime di temperatura dei suoli

In mancanza di misurazioni dirette, conoscendo la temperatura dell'aria è possibile stimare, seppure in modo approssimativo, quella del suolo; con tale procedura empirica sono stati calcolati i limiti altimetrici corrispondenti ai regimi di temperatura presenti nell'area di studio, così come vengono definiti dalla Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1975). I limiti indicati sono da intendere come valore di massima, in quanto derivati dalle seguenti approssimazioni: a) temperatura dell'aria ottenuta da interpolazioni ed estrapolazioni di equazioni di regressione lineare temperatura-quota, costruite in base a dati decennali delle quattro stazioni predette; b) temperatura del suolo stimata in base a quella dell'aria utilizzando il metodo empirico esposto nella Soil Taxonomy; c) la temperatura, così determinata, riferita alla profondità convenzionale di 50 cm (i suoli dell'area, tuttavia, possiedono talvolta spessore inferiore, quando siano limitati dalla roccia sottostante); d) riferimento a un suolo in piano, ovvero senza tenere in conto l'esposizione e la pendenza dei versanti, che viceversa influenzano marcatamente la temperatura dell'aria (in media, differenze a livello mensile di 0,6°C fra esposizioni N e S) (BELLONI e PELFINI, 1987); e) riferimento dei limiti relativi ai suoli non organici e non saturati con acqua durante il periodo estivo. I limiti calcolati sono evidenziati nella fig. 3.

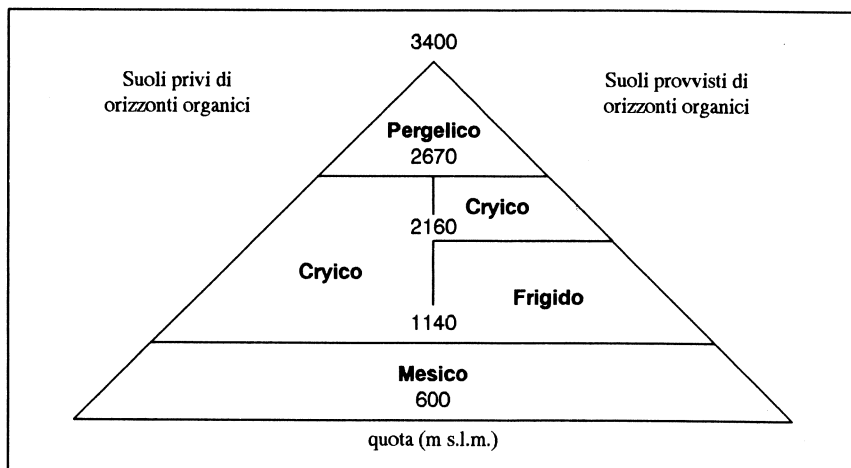


Fig. 3 - Limiti altimetrici dei regimi di temperatura dei suoli (calcolati sec. Soil Taxonomy).

Regime di umidità dei suoli

Le precipitazioni medie annuali nella Val Grosina non sono molto abbondanti, se rapportate con quelle di altri bacini alpini. D'altronde, a motivo della quota, anche le temperature sono poco elevate, così come l'evapotraspirazione potenziale. Pertanto, il regime di umidità dei suoli, secondo le definizioni della Soil Taxonomy, è sempre classificabile come *udico*. In annate siccitose e in particolari condizioni pedologiche e stagionali (limitato spessore e ridotta riserva idrica; esposizione del versante a sud, soprattutto alle quote più basse), pur rimanendo verosimilmente il regime di umidità nell'ambito del tipo *udico*, si manifestano situazioni di carenza idrica che spostano il regime verso il tipo *ustico*.

In fig. 4 è rappresentato graficamente (metodo BILLAUX, 1978), il regime di umidità di un suolo con riserva idrica di 100 mm, posto nella stazione di Fusino, in un'annata a normale andamento termopluviometrico.

ASPETTI VEGETAZIONALI

A motivo dell'ampia variazione di quota fra le parti basse e le cime più alte della Valle (quasi 2800 m di dislivello), si riscontrano in breve spazio tipi di vegetazione fortemente differenziati.

Secondo l'inquadramento fitoclimatico-forestale di Pavari (DE PHILIPPIS, 1937), sono presenti le seguenti zone (dal basso verso l'alto): *Castanetum freddo*, senza siccità estiva, sulle basse pendici esposte a meridione, sovrastanti Grosio; *Fagetum caldo*, fino a una quota media di 950 m circa; *Fagetum freddo*, nella fascia 950-1150 m; *Picetum caldo*, fra 1150 e 1350 m circa; *Picetum freddo*, nell'ampia fascia fino a 1900 m; infine *Alpinetum*, con un limite superiore sfumato ma probabilmente da posizionare intorno ai 2400 m di quota. Ognuna di queste zone fitoclimatiche comprende una serie di popolamenti vegetali: nel *Castanetum freddo* permangono superfici un tempo coltivate a castagneto da frutto, oggi in abbandono e passaggio a bosco misto di latifoglie; essendo virtualmente assente il faggio (specie a caratteristiche oceaniche), il *Fagetum* comprende boschi di latifoglie, con acero montano, frassino, tiglio, betulla, quercia, pioppo tremolo, nocciolo; nel *Picetum* sono ampiamente rappresentate le fustaie di abete rosso, con larice subordinato; nell'*Alpinetum* i larici, via via più sporadici, cedono il passo agli arbusti acidofili e ai pascoli. Dev'essere rimarcata l'azione antropica di rimboschimento e rinfoltimento, attuata in gran parte utilizzando conifere (pino silvestre, larice, abete rosso).

Da un punto di vista più propriamente vegetazionale, si può citare la presenza dei seguenti principali aggruppamenti (CREDARO e PIROLA, 1975; PIROLA, 1984): in basso (orizzonte montano) i boschi misti (*Quercus-Tiglieto*, in situazioni mesiche; *Acerofrassineto*, in situazioni più umide) cedono rapidamente il passo ai boschi di abete rosso (*Pecceta montana* e *Pecceta subalpina*); questi ultimi confinano, nella parte alta (orizzonte subalpino), con il *Lariceto*. I prati falciabili e i prati-pascoli di bassa e media quota sono attribuibili al *Triseteto*. Nell'orizzonte alpino, la vegetazione arbustiva comprende il *Vaccinium-Rhododendretum ferruginei* (versanti esposti a nord, a innevamento prolungato) e lo *Junipero-Arctostaphyletum* (versanti solatii); la vegetazione erbacea pascoliva è costituita principalmente dal nardeto (in ambienti a dinamiche connesse con il pascolamento), dal varieto (sui pendii ripidi esposti a sud)

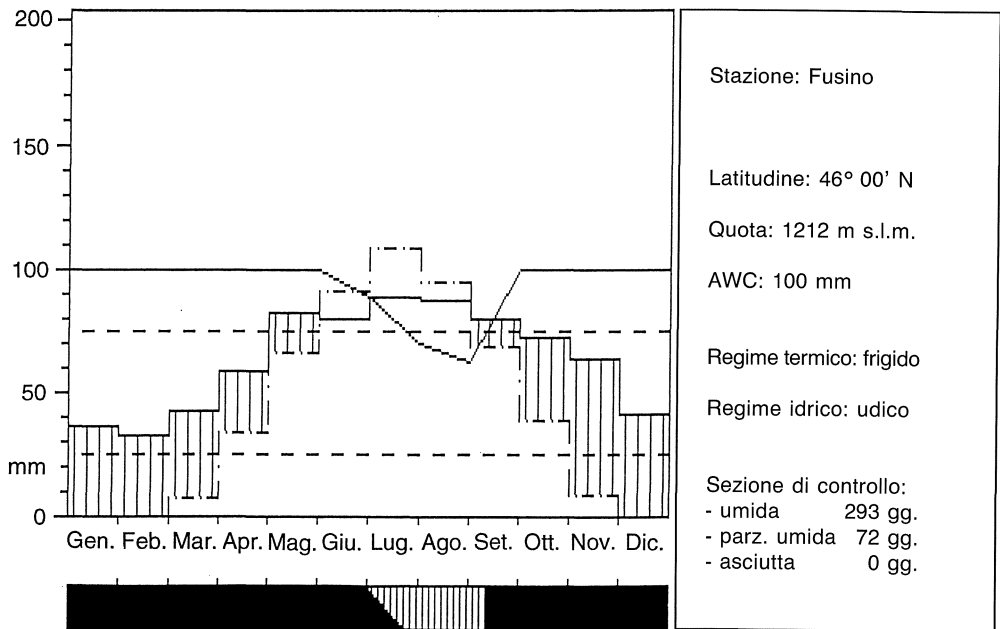


Fig. 4 - Regime di umidità di un suolo con riserva idrica di 100 mm (metodo Billaux). Le due linee tratteggiate orizzontali rappresentano i limiti virtuali della sezione di controllo dell'umidità; la linea continua in forma d'istogramma è relativa alle precipitazioni; i punti-linea in forma d'istogramma si riferiscono all'evapotraspirazione di riferimento; il tratteggio verticale fra l'uno e l'altro dei due istogrammi rappresenta l'entità del surplus idrico; la linea continua che s'infossa al centro del grafico dà la misura dell'esaurimento della riserva idrica nella sezione di controllo; infine, il rettangolo inferiore sta a indicare lo stato della sezione di controllo (nero = completamente umida; tratteggiato = parzialmente umida).

e dal curvuleto (nella fascia più elevata). Nell'orizzonte nivale la vegetazione è discontinua, condizionata dal lungo innevamento: sono presenti in particolare *Androsacetum alpinae* (sulle pietraie instabili) e *Salicetum herbaceae* (nelle vallette nivali).

ATTIVITÀ ANTROPICHE

Fra le attività antropiche praticate nell'area e dotate di significato economico, una delle più interessanti, in relazione ai processi della pedogenesi, riguarda l'utilizzo delle praterie naturali o seminaturali per l'alpeggio. Questo tipo di attività da una parte mantiene la vegetazione erbacea su vaste superfici le quali, se lasciate a se stesse, si trasformerebbero in cespuglieti e successivamente (almeno nella fascia più bassa) in boschi. L'esistenza di vegetazione erbacea incide sulla dinamica evolutiva della sostanza organica e delle forme di humus, oltre che sulla loro presenza quantitativa. D'altra parte, l'utilizzo del pascolo da parte degli animali (per lo più bovini) arricchisce il suolo di elementi nutritivi di facile assimilazione. In certe situazioni (carico eccessivo; aree di frequente passaggio o di sosta; vegetazione predisponente), gli animali possono però provocare danni al cotico, lacerandolo e innescando fenomeni erosivi, con profonde conseguenze sui caratteri fisici e chimici dei suoli.

In tutta la Val Grosina esistono 12 alpeggi propriamente detti, cui si aggiungono vari maggenghi; la superficie effettivamente pascolata si aggira in totale sui 3500 ettari circa. Lo studio di SERPIERI (1903) fornisce un quadro preciso della situazione degli alpeggi ad inizio secolo: il carico (che già allora veniva considerato eccessivo, soprattutto per gli alpeggi di Grosio) era pari a 2153 UBA (Unità Bovine Adulte). Più recentemente, il rilevamento regionale del 1978-80 (ERBA *et al.*, 1986) ha censito 1073 UBA. Nel lasso di tempo considerato, la crescita in peso e in fabbisogni nutritivi dei bovini è stata del 30% circa; pertanto, il carico bovino sul territorio della Valle si era ridotto (1980) ai 2/3 di quello presente a inizio secolo. Da allora a oggi, a causa della sempre minor convenienza economica dell'attività, la perdita è proseguita in modo ancor più marcato, così che ora gli alpeggi si vanno restringendo gradualmente e le superfici meno produttive vengono perse dal pascolo e riconquistate dagli arbusti. Tutto ciò migliora, su larga scala, la stabilità dei pendii e la resistenza dei suoli all'erosione. In alcuni punti, però, il carico di bestiame può essere superiore al passato, causando localmente una significativa perdita annua di suolo.

STAZIONI PEDOLOGICHE RAPPRESENTATIVE

Seguono le descrizioni di campagna e le analisi di laboratorio di 8 profili-tipo, elencati secondo un ordine di evoluzione pedologica crescente: Leptosols, Cambisols, Podzols.

Profilo n. 1 **Dystric Leptosol** (FAO, 1990)

Localizzazione: Grosotto.

Coordinate UTM: 32TNS 96622582.

Altitudine: 670 m.

Fisiografia: versante al contatto con apice di conoide torrentizia, con erosione idrica moderata. Esposizione E. Acclività 35%.

Materiale parentale: detrito di versante.

Vegetazione: castagneto governato.

Pedoclima: regime di temperatura mesico; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

Oe	2-0 cm	Lettiera semi-decomposta di residui di castagno; limite netto.
Ah	0-3 cm	Bruno oliva (2.5Y 4/4); radici medie, comuni; scheletro scarso, piccolo; canali e coproliti di lombrichi; limite graduale.
AC	3-12 cm	Bruno giallastro chiaro (2.5Y 5/4); franco-sabbioso; radici comuni, medie, legnose; scheletro comune, piccolo; limite abrupto.

C 12-25 cm e oltre Scheletro molto abbondante, medio e grande, in matrice giallo oliva scuro; radici comuni medie e fini; limite sconosciuto.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
AC	3-12	5.0	3.9	50.4	10.4	13.9	20.7	4.6

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)						T.S.B. %
		C.S.C.	Basi di scambio				Acidità complessiva	
			Ca	Mg	K	Na		
AC	0.90	5.9	0.46	0.22	0.10	0.00	5.12	13

Profilo n. 2 **Dystric Leptosol** (FAO, 1990)

Localizzazione: Alpe di Piana.

Coordinate UTM: 32TNS 92072955.

Altitudine: 1885 m.

Fisiografia: versante poco eroso. Esposizione NO. Acclività 40%.

Materiale parentale: detrito di gneiss.

Vegetazione: rodoreto con felci e muschi.

Pedoclima: regime di temperatura frigido; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

Oe	5-0 cm	Lettiera piuttosto decomposta.
Ah	0-3 cm	Bruno scuro (7.5YR 3/2); umido; franco-sabbioso; granulare; radici fini, comuni; scheletro frequente, molto piccolo; limite chiaro, lineare.
AC	3-12 cm	Bruno scuro (7.5YR 3/4); umido; franco-sabbioso; incoerente; radici comuni, da molto fini a medie; scheletro abbondante, da molto piccolo a medio; limite chiaro, lineare.
C	12-27 cm e oltre	Bruno giallastro scuro (10YR 3/6); scheletro molto abbondante, da molto piccolo a molto grande; limite sconosciuto.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
A	0-3	4.2	3.6	55.4	9.3	17.6	14.9	2.8
AC	3-12	4.6	3.8	57.6	10.5	15.4	13.8	2.7

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)						T.S.B. %
		C.S.C.	Basi di scambio				Acidità complessiva	
			Ca	Mg	K	Na		
A	6.41	51.2	1.16	0.39	0.17	0.02	49.50	3
AC	4.37	40.3	1.03	0.27	0.11	0.06	38.81	4

Commento ai profili 1 e 2 (Leptosols)

I due *pedon* sono riferibili al grande gruppo dei Leptosols a causa dell'elevata pietrosità già presente poco sotto la superficie, mentre il basso tasso di saturazione basica (T.S.B.) di entrambi rappresenta la chiave di entrata nell'unità dei Dystric Leptosols.

Al di là di queste convergenze tassonomiche, i due profili sono piuttosto differenti sia nella morfologia sia nelle caratteristiche chimiche. Nel primo, infatti, predominano colori più chiari e con sfumature olivastre, mentre il secondo si presenta, in generale, più scuro a causa di un maggior accumulo di sostanza organica, verosimilmente legato alla bassa attività biologica conseguente ad un regime di temperatura più freddo. Ciò è, nel contempo, causa ed effetto del notevole abbassamento del pH in acqua del secondo profilo, confermato dalla sua elevata acidità complessiva (cui consegue una notevole capacità di scambio cationico - C.S.C.) e dal più basso T.S.B.

È necessario rilevare, inoltre, che le differenze nel materiale organico sono anche di tipo qualitativo, legate alla vegetazione sovrastante. Benché non sia ancora stato effettuato uno studio dettagliato dell'humus, si può verosimilmente supporre che quello formatosi sotto castagno (profilo 1) possa essere ascritto al gruppo dei *moder forestali*, mentre quello derivato dal rodoreto possa essere di tipo *mor*. A conferma di ciò è utile qui ricordare che il profilo n. 2 si trova in giustapposizione ai Podzols, di cui possiede i colori nell'orizzonte superficiale.

Profilo n. 3 **Humic Cambisol** (FAO, 1990)

Localizzazione: Fusino nord.

Coordinate UTM: 32TNS 96403128.

Altitudine: 1297 m.

Fisiografia: deposito eluvio-colluviale. Esposizione O. Acclività 50%.

Materiale parentale: ciottoli, ghiaie e sabbie.

Vegetazione: prato stabile.

Pedoclima: regime di temperatura frigido; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

Oe 5-0 cm Lettieria piuttosto decomposta.

Ah	0-17 cm	Bruno scuro (10YR 3/3); umido; franco-sabbioso; struttura granulare, molto piccola, mediamente espressa; radici abbondanti, fini; scheletro frequente, piccolo; limite abrupto, ondulato.
Bw	17-40 cm	Bruno giallastro (10YR 5/4); umido; sabbioso-franco; struttura poliedrica subangolare debolmente espressa; radici scarse, fini; scheletro abbondante, da piccolo a medio; graduale, ondulato.
CB	40-70 cm e oltre	Scheletro molto abbondante in matrice bruno giallastra (10YR 5/6); limite sconosciuto.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
Ah	0-17	5.4	4.4	56.4	7.2	13.7	19.5	3.2
Bw	17-40	5.7	4.5	70.0	5.5	6.5	14.6	3.4
CB	40-70 +	6.1	4.7	74.9	6.5	4.7	12.0	1.9

Orizzonte	Tessitura reale (mm)%				
	S. (2-0.1)	S. (0.1-0.05)	L. (0.05-0.02)	L. (0.02-0.002)	A. (<0.002)
Bw	58.2	11.9	5.6	14.9	9.4

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)						T.S.B. %
		C.S.C.	Basi di scambio				Acidità complessiva	
			Ca	Mg	K	Na		
Ah	2.20	17.1	1.02	0.29	0.16	0.02	15.66	9
Bw	0.48	19.0	1.04	0.28	0.13	0.02	17.53	8
CB	0.31	10.2	0.75	0.22	0.07	0.01	9.15	10

Profilo n. 4 **Dystric Cambisol** (FAO, 1990)

Localizzazione: Val Deserta.

Coordinate UTM: 32TNS 95182936.

Altitudine: 1505 m.

Fisiografia: morenico disturbato da fenomeni gravitativi. Esposizione E. Acclività 50%.

Materiale parentale: deposito morenico.

Vegetazione: bosco di abeti rossi e larici; sottobosco a mirtilli e rododendri.

Pedoclima: regime di temperatura frigido; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

Oe	4-0 cm	Lettieria parzialmente decomposta, costituita prevalentemente di aghi di conifere e muschi.
----	--------	---

A	0-3 cm	Bruno grigiastro scuro (10YR 4/2); umido; franco-sabbioso; struttura granulare fine; molte radici, da molto fini a medie; scheletro comune, piccolo; limite abrupto, ondulato.
AE	3-10 cm	Bruno giallastro scuro (10YR 4/4); umido; franco-sabbioso; incoerente; radici comuni, fini; scheletro comune, piccolo, poco alterato; limite chiaro, ondulato.
Bw	10-30 cm	Bruno giallastro (9YR 5/8); umido; franco-sabbioso; incoerente; radici comuni, fini; scheletro comune, piccolo, poco alterato; limite chiaro, ondulato.



Fig. 5 - Dystric Cambisol (profilo n. 4; m 1505 s.l.m.) su cordone morenico. Bosco di abete rosso e larice con sottobosco a vaccinio-rodoreto. Versante ad esposizione orientale.

- BC 30-45 cm Bruno giallastro (10YR 5/6); umido; franco-sabbioso; incoerente; radici scarse, fini; scheletro abbondante, piccolo, poco alterato; limite graduale, ondulato.
- CB 45-90 cm e oltre Bruno giallastro (10YR 5/5); umido; sabbioso-franco; incoerente; radici scarse, fini; scheletro abbondante, da piccolo a grande, poco alterato; limite sconosciuto.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
AE	3-10	4.9	4.4	58.0	13.5	12.3	14.2	2.0
Bw	10-30	5.2	4.6	40.3	17.8	20.1	20.5	1.3
BC	30-45	5.4	4.5	55.5	12.8	10.5	19.0	2.2

Orizzonte	Tessitura reale (mm)%				
	S. (2-0.1)	S. (0.1-0.05)	L. (0.05-0.02)	L. (0.02-0.002)	A. (<0.002)
Bw	40.4	8.3	25.0	18.1	8.2

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)					T.S.B. %	
		C.S.C.	Basi di scambio					Acidità complessiva
			Ca	Mg	K	Na		
AE	1.85	21.1	0.90	0.29	0.12	0.03	19.79	6
Bw	1.53	22.1	0.89	0.28	0.10	0.03	20.82	6
BC	0.60	10.0	0.84	0.28	0.06	0.03	8.81	12

Orizzonte	Fe _d %	Fe _o %	Fe _p %	Al _d %	Al _o %	Al _p %	Fe _p + Al _p / Fe _d + Al _d
Bw	1.77	0.74	0.20	1.03	0.86	0.54	0.26

Profilo n. 5 **Dystric Cambisol** (FAO, 1990) (fig. 6)

Localizzazione: Cima di Ruggiolo sud.

Coordinate UTM: 32TNS 87483682.

Altitudine: 2590 m.

Fisiografia: versante in erosione e smottamento. Esposizione S. Acclività 120%.

Materiale parentale: detrito di versante.

Vegetazione: varieto.

Pedoclima: regime di temperatura cryico; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

- Oi 15-3 cm Lettieria indecomposta (guaine appressate di *Festuca varia*).

Oe	3-0 cm	Lettieria parzialmente decomposta.
A	0-18 cm	Bruno scuro (10YR 3/3); umido; franco-sabbioso; struttura granulare, fine, debolmente sviluppata; radici abbondanti, da molto fini a fini; scheletro frequente, piccolo e molto piccolo, poco alterato; limite chiaro, ondulato.
Bw	18-38 cm	Bruno giallastro scuro (10YR 3.5/4); umido; franco-sabbioso; struttura poliedrica subangolare fine, debolmente sviluppata; molte radici, molto fini; scheletro frequente, da molto piccolo a piccolo, poco alterato; limite graduale, ondulato.
BC	38-57 cm e oltre	Bruno giallastro scuro (10YR 4/4); umido; sabbioso-franco; struttura poliedrica subangolare, fine, debolmente sviluppata; radici comuni, molto fini; scheletro abbondante, da piccolo a molto piccolo, da poco a mediamente alterato; limite sconosciuto.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
A	0-18	4.8	4.2	60.1	11.3	11.3	14.0	3.3
Bw	18-38	5.1	4.4	51.6	12.3	11.1	21.2	3.8

Tessitura reale (mm)%					
Orizzonte	S. (2-0.1)	S. (0.1-0.05)	L. (0.05-0.02)	L. (0.02-0.002)	A. (<0.002)
Bw	52.5	11.8	7.4	17.5	10.8

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)					T.S.B. %	
		C.S.C.	Basi di scambio					Acidità complessiva
			Ca	Mg	K	Na		
A	2.87	20.0	0.85	0.29	0.07	0.02	18.81	6
Bw	2.06	20.7	0.84	0.26	0.04	0.02	19.50	6

Commento ai profili 3, 4 e 5 (Cambisols)

Il contenuto reale in argilla e lo spessore sempre superiore ai 15 cm, che qualificano gli orizzonti BW come cambici, giustificano la riferibilità di questi suoli al grande gruppo dei Cambisols. Al loro interno, il profilo n. 3 si discosta tassonomicamente dagli altri per la presenza di un *epipedon* umbrico, di colore più scuro e ben differenziato da quello dell'orizzonte sottostante. Il profilo n. 4 si differenzia dagli altri per la mancanza di struttura negli orizzonti e la presenza di un AE parzialmente decolorato. Ciò ha indotto ad effettuare il frazionamento di Fe e Al nel Bw, che si presenta con una colorazione a chroma più elevato rispetto agli altri orizzonti di alterazione. Da tali analisi si deduce che il rapporto tra le frazioni estratte in pirofosfato (Fe_p e Al_p) e quelle solubilizzate dal ditionito (Fe_d e Al_d) è abbondantemente inferiore a 0.5, valore al di sopra del quale si collocano gli orizzonti spodici, ma il 42% di ferro (Fe_o) è ancora in forma di ossidi «attivi» (BORGARD, 1988); tale percentuale è anche maggiore per l'alluminio.

Profilo n. 6 **Cambic Podzol** (FAO, 1990)

Localizzazione: Carette.

Coordinate UTM: 32TNS 93572968.

Altitudine: 1820 m.

Fisiografia: cordone morenico pleistocenico. Esposizione NE. Acclività 50%.

Materiale parentale: deposito morenico.

Vegetazione: prato pascolo, con rododendri sparsi.

Pedoclima: regime di temperatura frigido; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

Oe	3-0 cm	Lettieria parzialmente decomposta.
A	0-5 cm	Bruno scuro (7.5YR 4/2); umido; franco-sabbioso; struttura granulare; radici abbondanti, fini; scheletro comune, piccolo, poco alterato; limite abrupto, lineare.
Bs	5-15 cm	Bruno scuro (7.5YR 4/4); umido; franco-sabbioso; incoerente; radici scarse, fini; scheletro frequente, piccolo e medio, poco alterato; limite chiaro, ondulato.
CB	15-30 cm	Bruno oliva brillante (2.5Y 5/4); umido; incoerente; poche radici, fini; scheletro abbondante, da piccolo a grande, poco alterato; limite chiaro, ondulato.
C	30-50 cm e oltre	Bruno grigiastro (2.5Y 5/2); umido; scheletro abbondante, da piccolo a grande, mediamente alterato; limite sconosciuto.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
A	0-5	5.1	4.0	36.7	9.5	20.4	29.4	4.0
Bs	5-15	5.4	4.4	40.4	12.3	17.8	26.6	2.9
CB	15-30	5.6	4.6	45.7	12.4	15.5	23.9	2.5
C	30-50+	5.7	4.6	45.6	11.2	12.7	27.0	3.5

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)					T.S.B. %	
		C.S.C.	Basi di scambio					Acidità complessiva
			Ca	Mg	K	Na		
A	4.39	35.8	2.94	0.64	0.27	0.05	31.87	11
Bs	3.30	42.3	1.68	0.34	0.16	0.04	40.12	5
CB	1.13	18.7	1.15	0.27	0.10	0.02	17.18	8
C	0.57	11.1	1.13	0.27	0.11	0.01	9.62	14

Orizzonte	Fe _d %	Fe _o %	Fe _p %	Al _d %	Al _o %	Al _p %	Fe _p + Al _p / Fe _d + Al _d
Bs	2.96	1.95	1.93	1.47	1.22	1.14	0.69



Fig. 6 - Dystric Cambisol (profilo n. 5; m 2590 s.l.m.) sotto varieto. Il suolo evolve su detrito di versante ripido, esposto a sud.

Profilo n. 7 Cambic Podzol (FAO, 1990)

Localizzazione: Malghera sud.

Coordinate UTM: 32TNS 87903257.

Altitudine: 1895 m.

Fisiografia: rocce montonate con coperture moreniche discontinue. Affioramenti di scisti cristallini. Esposizione SSE. Acclività 80%.

Materiale parentale: detrito di scisti cristallini in matrice sabbioso-limosa.

Vegetazione: prato-pascolo con rododendri, mirtilli e ginepri.

Pedoclima: regime di temperatura cryico; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

Ah	0-10 cm	Bruno molto scuro (10YR 2/2); umido; franco-sabbioso; struttura granulare, piccola; molte radici erbacee, fini; radici legnose comuni, medie; limite abrupto, lineare.
----	---------	--

Bs	10-25 cm	Bruno rossastro scuro (5YR 3/2); umido; franco-sabbioso; struttura poliedrica subangolare, poco espres- sa; concentrazioni soffici di ossidi di ferro e humus, talora anche in bande debolmente coesive e in patine sottili e uniformi sulle pietre, di colore rosso cupo (2.5YR 3/2); poche radici erbacee e legnose, fini e medie; sche- letro comune, piccolo e medio; limite ondulato, graduale.
BCs	25-40 cm	Bruno giallastro scuro (10YR 4/6); umido; franco- sabbioso; concentrazioni soffici (diam. 1-2 cm) di ferro e humus, di colore bruno rossastro scuro (5YR 3/2); limite chiaro, lineare.
C	40-60 cm	Scisti molto alterati.
R	60 cm e oltre	Scisti cristallini.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
Ah	0-10	4.2	3.5	46.1	8.8	19.9	21.0	4.2
Bs	10-25	4.8	4.1	44.8	13.6	16.2	21.6	3.8
BCs	25-40	4.8	4.2	49.9	12.3	14.9	20.0	2.9

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)						T.S.B. %
		C.S.C.	Basi di scambio				Acidità complessiva	
			Ca	Mg	K	Na		
Ah	7.96	33.3	3.26	1.03	0.28	0.03	28.69	14
Bs	1.87	32.3	1.14	0.63	0.06	0.03	30.37	6
BCs	1.11	21.2	1.04	0.51	0.04	0.02	19.56	8

Orizzonte	Fe _d %	Fe _o %	Fe _p %	Al _d %	Al _o %	Al _p %	Fe _p + Al _p / Fe _d + Al _d
Bs	1.96	1.38	1.17	0.58	0.58	0.58	0.69

Profilo n. 8 **Haplic Podzol** (FAO, 1990) (fig. 7)

Localizzazione: Val Guinzana, a sud di Barbis.

Coordinate UTM: 32TNS 89433164.

Altitudine: 1670 m.

Fisiografia: base di versante. Esposizione N. Acclività 50%.

Materiale parentale: detrito di scisti cristallini.

Vegetazione: bosco misto di abete rosso e larice.

Pedoclima: regime di temperatura frigido; regime di umidità udico.

Descrizione del profilo

Oi	9-0 cm	Feltro di radici fini, steli erbacei e muschi; umido.
Ah	0-10 cm	Bruno scuro (7.5YR 3/2); umido; franco-sabbioso; struttura granulare, fine; radici comuni, fini e medie; scheletro abbondante, medio; limite abrupto, ondulato.
E	10-33 cm	Bruno giallastro scuro (10YR 4/4); molto umido; franco-sabbioso; radici comuni, fini e medie; scheletro abbondante, medio; limite abrupto, ondulato.
Bhs	33-38 cm	Orizzonte discontinuo, a sacche suborizzontali, bruno rossastro scuro (2.5YR 3/4); sabbioso-franco; radici legnose, comuni, medie; scheletro abbondante; limite chiaro, irregolare.
Bs	38-60 cm	Bruno rossastro scuro (5YR 3/3); umido; sabbioso-franco; incoerente; poche radici, limitate alla parte superiore dell'orizzonte; scheletro abbondante, medio e grande; limite diffuso, lineare.
BCs	60-80 cm	Bruno intenso (7.5YR 4/6); umido; scheletro abbondante, medio e grande.
CB	80 cm e oltre	Scheletro molto abbondante, in matrice sabbioso-limosa bruno intenso (7.5YR 5/8); umido; limite sconosciuto.

Orizzonte	Profondità cm	Reazione		Tessitura apparente (mm)%				
		pH		Sabbia		Limo		Argilla
		H ₂ O	KCl	2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002
Ah	0-10	3.6	2.6	47.9	9.3	17.3	21.1	4.4
E	10-33	4.5	3.4	42.3	8.8	17.2	26.5	5.2
Bhs	33-38	4.8	3.7	64.0	9.9	13.0	12.2	0.9
Bs	38-60	5.1	4.3	71.6	7.9	9.4	9.4	1.7
BCs	60-80	5.3	4.4	65.8	10.0	12.6	10.0	1.6

Orizzonte	Carbonio organico %	Complesso di scambio (me/100g di suolo)						T.S.B. %
		C.S.C.	Basi di scambio				Acidità complessiva	
			Ca	Mg	K	Na		
Ah	12.02	49.6	2.29	0.72	0.39	0.02	46.19	7
E	2.34	25.3	0.99	0.33	0.13	0.01	22.81	6
Bhs	7.30	46.2	2.09	0.80	0.15	0.01	43.18	7
Bs	2.81	38.9	1.05	0.30	0.07	0.00	37.50	4
BCs	3.06	41.0	1.13	0.32	0.08	0.01	39.50	4

Orizzonte	Fe _d %	Fe _o %	Fe _p %	Al _d %	Al _o %	Al _p %	Fe _p + Al _p / Fe _d + Al _d
Bhs	2.38	1.96	1.98	0.50	0.49	0.50	0.86
Bs	2.01	1.60	1.57	0.96	0.89	0.88	0.82

Commento ai profili 6, 7 e 8 (Podzols)

Questi suoli appartengono al grande gruppo dei Podzols a motivo della presenza di un orizzonte B spodico caratterizzato, da un punto di vista chimico, da un conte-

nuto in Fe e Al legati alla sostanza organica (estratti in pirofosfato), superiore al 50% della totalità di Fe e Al liberi.

Il tipo meno evoluto è il profilo n. 6, che presenta il Bs di colore meno arrossato (Hue 7,5YR) ed è privo di un orizzonte d'eluviazione (E) e di uno d'accumulo di humus (Bhs), ciò che determina una sua collocazione tassonomica nell'unità dei Cambic Podzols.

Per lo stesso motivo anche il profilo n. 7 è stato classificato nella medesima unità quantunque in esso l'orizzonte spodico presenti una colorazione più arrossata (Hue 5YR) e l'organizzazione in concentrazioni soffici degli ossidi di Fe.

Il profilo n. 8 è senz'altro quello in cui il processo di podzolizzazione è più avanzato. A conferma di ciò si evidenziano la presenza dei due orizzonti E e Bhs — ciò che giustifica la sua classificazione come Haplic Podzol — e gli elevati valori del rapporto $(Fe_p + Al_p)/(Fe_d + Al_d)$.

In tutti i profili le forme amorfe dei due metalli sono ovviamente predominanti sugli ossidi cristallini, ma si deve anche qui rilevare che mentre i contenuti in Al_d e Al_p sono quasi coincidenti, i corrispettivi contenuti in Fe si differenziano fra loro.

Nel corso dell'indagine sono stati rinvenuti anche altri tipi di suolo, qui non rappresentati: particolarmente importanti, almeno in termini di diffusione relativa, sono i Regosols; si tratta di suoli che si trovano in una fase ancora iniziale del processo evolutivo (FITZPATRICK, 1983), sono privi di orizzonti diagnostici di profondità (cambico o spodico), possiedono talvolta un *epipedon* umbrico, hanno contenuto in scheletro spesso abbondante, ma non tanto da essere classificati come Leptosols. Suoli di questo tipo sono di solito rinvenibili a quote elevate, su substrati di tipo detritico. Si ritrovano talvolta anche in situazioni dove i processi erosivi sono molto marcati e la pedogenesi non riesce a progredire, permanendo pertanto i suoli in una fase giovanile.

Altri suoli presenti nell'area, importanti in termini tassonomici ma a limitata diffusione, sono gli Histosols, caratteristici di stazioni dove l'acqua permane durante lunghi periodi nel corso dell'anno e la vegetazione, di tipo idrofilo, si decompone con difficoltà, andando a costituire potenti orizzonti histici di colore scuro.

TIPI DI HUMUS

Le forme di humus rinvenute sono state classificate utilizzando comparativamente sia il sistema di DUCHAUFOR (1983), sia quello di KLINKA *et al.* (1981). È stata individuata anzitutto una buona corrispondenza fra tipo di vegetazione e forma di humus. Utilizzando la classificazione di DUCHAUFOR, l'humus dei suoli a prato e pascolo, a quote non elevate, risulta di tipo *mull acido*; nei suoli a prateria di alta quota si passa al *moder alpino*. Laddove la copertura è arborea, compaiono il *moder forestale oligotrofo* (boschi di latifoglie e misti) e il *mor* (boschi di conifere).

La classificazione canadese di KLINKA *et al.* consente di raggiungere un maggior livello di dettaglio rispetto a quella francese di DUCHAUFOR. Nei suoli a copertura erbacea si riscontrano quasi esclusivamente *Rhizomulls* (*Vermirrhizomulls* alle quote più basse e intermedie, mentre a quelle più elevate si passa verosimilmente agli *Orthirrhizomulls*). Laddove il prato viene sostituito (anche artificialmente) da vegetazione arborea, i *Rhizomulls* tendono a trasformarsi in *Orthimormoders*. Sotto copertu-

ra a resinose (abete rosso, pino silvestre) in forma di bosco consolidato, questa trasformazione si fa ancora più completa e accanto agli *Orthimormoders* compaiono anche gli *Humimormoders* e talvolta gli *Amphimormoders*. Salendo di quota, sotto vegetazione arborea l'humus tende al *mor s. s.* (*Amphihumimors* ed *Amphihemimors*). In particolari situazioni stazionali (esposizione meridionali, suoli a scarsa riserva idrica) compaiono anche gli *Xeromoders* negli ambienti a bosco e gli *Xerorhizomulls* nei pascoli (per esempio nel variato).

I pochi suoli organici classificati finora sembrano avere humus di tipo *Orthihistomoder*.



Fig. 7 - Haplic Podzol a sud di Barbis in Val Guinzana (profilo n. 8; m 1670 s.l.m.). In evidenza il sequum degli orizzonti E e Bs. Il substrato è costituito da detrito di scisti cristallini e la copertura forestale da abete rosso e larici, su versante ad esposizione settentrionale.

FATTORI E PROCESSI DELLA PEDOGENESI

Materiali parentali

Alla luce di quanto esposto precedentemente sulla composizione litologica delle formazioni geologiche pre-quadernarie e dei depositi superficiali quadernari, si possono definire alcune relazioni genetico-evolutive fra rocce e suoli.

Anzitutto, i tipi litologici dominanti risultano essere costituiti da rocce metamorfiche ad alto grado di metamorfismo (migmatiti ed ortogneiss) e a medio grado (paragneiss, micascisti, anfiboliti). Appaiono quantitativamente insignificanti le filladi carboniose cataclastiche, i gabbri e le gabbrodioriti (questi ultimi presenti solo in una assai limitata porzione sud-occidentale del bacino).

Tale quadro litologico determina e spiega l'abbondanza di quarzo, feldspati, miche e, subordinatamente, anfiboli e cloriti nella frazione sabbioso-limoso, e in certa misura anche argillosa, dei suoli.

I depositi quadernari, d'altro canto, in un'area dai confini idrografici nettamente definiti e dalla composizione litologica quale quella sopraesposta, risultano inevitabilmente costituiti da materiali petrograficamente analoghi a quelli delle formazioni geologiche locali. Anche l'ipotetica ubicazione leggermente più meridionale dello spartiacque settentrionale in epoca anteriore al Pleistocene medio (Pozzi *et al.*, 1990), non modifica ma anzi rafforza l'immagine di un modello vallivo praticamente, ed in un certo senso, «confinato».

Il generale movimento di discesa di materiali, dalle quote più elevate a quelle inferiori, per azione dei ghiacciai (morene ed archi morenici pleistocenici e olocenici), della gravità (coni, falde e colate di detrito di versante; accumuli di frana per scorrimento), di acque correnti superficiali (coni di deiezione; esigue alluvioni terrazzate), di gelo e disgelo (forme periglaciali di accumulo), mantiene immutato, attualmente il ruolo delle rocce madri nei processi di formazione dei suoli. In altri termini, i caratteri mineralogico-petrografici non sembrano costituire una variabile significativa nell'ambito della pedogenesi locale, che si svolge in un mezzo costantemente contraddistinto da elevata acidità. Lo stato di disaggregazione e la granulometria dei materiali parentali appaiono invece assai più capaci di influenzare direzione e velocità di processi quali la podzolizzazione e la brunificazione.

L'esame di una parte delle osservazioni pedologiche fin qui eseguite consente di evidenziare (seppure a livello preliminare) alcuni dei rapporti reciproci tra suoli e materiali parentali. In questa analisi di corrispondenza sono stati considerati suoli di 4 categorie tassonomiche: Leptosols, Regosols, Cambisols, Podzols. I substrati sono stati divisi, in modo molto schematico e senza tener conto (per il momento) delle frequenti commistioni fra l'uno e l'altro tipo, in 3 categorie: morenico, detrito di versante, roccia nuda.

S'individuano alcune tendenze:

su roccia nuda i suoli di gran lunga predominanti sono Leptosols; talvolta compaiono anche Regosols, sul regolite di copertura;

su detrito di versante esistono suoli di ognuno dei 4 raggruppamenti considerati, con una frequenza leggermente meno elevata di Podzols;

su materiale morenico sono pressoché assenti i Leptosols, mentre predominano (quasi alla pari) Cambisols e Podzols.

Queste differenze sono da collegare da una parte alla localizzazione in genere «zonale» dei substrati (la roccia nuda, ad esempio, è molto diffusa alle quote eleva-

te, laddove i suoli, anche per motivi climatici, non riescono a evolvere); dall'altra ai rapporti relativi tra materiale fine e scheletro (quando quest'ultimo è meno abbondante, come nel caso dei materiali morenici, la pedogenesi riesce a esplicarsi in modo più compiuto).

Processi geomorfogenetici

L'esame delle fotografie aeree (voli TEM1, 1981-83, Regione Lombardia) e i rilievi a terra, confrontati con studi precedenti (Pozzi *et al.*, 1990), hanno evidenziato elevati gradi d'intensità, variabilità e varietà delle forme e dei processi geomorfogenetici, in parte attivi e in parte inattivi, nel bacino di studio.

L'assetto geomorfologico generale risulta, in primo luogo, influenzato dalla successione di avanzate e ritiri glaciali verificatisi sia nel Pleistocene (fino alle fasi tardiglaciale e tardowürmiana) sia, in misura minore, nell'Olocene, fino alla Piccola Glaciazione. Sono naturalmente presenti sia forme di erosione, sia forme di deposito glaciale. Mentre alle prime corrispondono le più consistenti aree di non-suolo, alle seconde (almeno alle quote dove le temperature lo consentono) sono ascrivibili molte zone di diffusione di suoli podzolizzati e brunificati, sviluppati su apparati morenici frontali e laterali, su archi e cordoni morenici e, talora, su morene di fondo.

Tra le forme e i depositi periglaciali sono stati riconosciuti i *rock glaciers* (attivi solo a quote attorno a 2400-2500 m), le nivomorene, i lastricati di pietre, i poligoni di pietre, i cuscinetti erbosi. La formazione di *pipkrakes* (fig. 8) è risultata costituire un fenomeno periglaciale di assai larga diffusione e di intensa influenza sulla pedogenesi e sulla degradazione fisica del bacino. Il ghiaccio aciculare (di formazione notturna, anche estiva, alle quote superiori, ma ubiquitario nei mesi autunnali, con suolo ancora non innevato) produce turbazioni nei profili pedologici esposti lungo scarpate, tagli naturali ed artificiali, incisioni torrentizie. Gli orizzonti più intensamente disturbati appaiono essere quelli più poveri di sostanza organica, quali i Bs dei suoli podzolizzati delle stazioni non protette dal bosco. Aggregati e particelle minerali contribuiscono in tal modo sensibilmente ad alimentare il soliflusso e il *creeping*, e quindi il carico solido dei corsi d'acqua.

Tra le forme di accumulo dovute all'azione delle acque correnti superficiali sono certamente più diffusi i coni di deiezione, talvolta terrazzati, che non gli esigui terrazzi alluvionali. Altrettanto comuni sono le forme di accumulo per gravità, quali le colate di detrito, le falde e i coni di detrito (talora poligenetici), gli accumuli di frana (principalmente di scorrimento), i *debris flows*. L'azione della gravità, combinata con quella dei cicli di gelo e disgelo, produce in abbondanza detrito crioclastico e gelifratti, in ciò facilitata anche dall'intensa fratturazione tettonica delle formazioni rocciose.

Sono, infine, presenti a quote elevate alcune zone d'impaludamento, connesse all'interrimento progressivo di piccoli bacini lacustri e frequentemente coperte da suoli idromorfi organici.

Fattori topografici

È del tutto evidente l'importanza dei fattori topografici stazionali (quota, esposizione, pendenza) sui processi di pedogenesi: all'aumentare della quota diminuisce la temperatura del suolo ed a ciò fa seguito una riduzione dell'alterazione dei minerali e della decomposizione della sostanza organica. La temperatura (e, alle quote elevate, la persistenza della copertura nevosa) influenza altresì, fortemente, lo svilup-

po della vegetazione; come sottolinea YAALON (1983) un'azione assai importante è esercitata dalla temperatura sull'evapotraspirazione, la quale, a sua volta, condiziona le disponibilità idriche per le piante e per i processi di pedogenesi. Sul pedoclima (BONNEAU, 1979; DUCHAUFOUR, 1983) hanno notevole influenza anche l'esposizione del versante e la sua pendenza, che determinano la quantità di energia radiante solare in grado di raggiungere il suolo; la pendenza, inoltre, è un fattore fondamentale nella determinazione dell'entità dell'erosione dei suoli.

Nell'ambito dei rapporti fra topografia stazionale e suoli nell'area d'indagine, è possibile evidenziare fin d'ora alcuni elementi significativi (è necessario considerare che i limiti altimetrici forniti sono solo indicativi):

alle quote più basse, fra le prime pendici e i 1500-1800 m, i suoli predominanti sembrano essere Cambisols:

nella fascia da 1800 a 2600 m, ai Cambisols si affiancano Podzols e Regosols (questi ultimi soprattutto correlati a situazioni di forte erosione, su pendenze significative);

la differenziazione tra Podzols e Cambisols, presenti nella stessa fascia, è probabilmente legata non tanto a esposizione e pendenza, quanto al materiale parentale e (in misura forse ancora più significativa) alla vegetazione attuale o passata;

al di sopra dei 2600 m i suoli senz'altro più diffusi sono Leptosols; essi compaiono però già a partire da quote anche assai inferiori, e si ritrovano in particolare laddove le pendenze elevate limitano l'aumento di spessore dei suoli.

Vegetazione

Un primo esame del complesso delle osservazioni pedologiche finora realizzate permette di formulare alcune considerazioni qualitative concernenti i rapporti reciproci fra suoli e vegetazione soprastante. Sono stati distinti, in modo molto schematico, alcuni tipi di copertura del suolo (bosco a conifere; arbusteto a ericacee; bosco a latifoglie; pascolo o prato; suolo pressoché nudo), senza considerare per il momento l'esistenza di intergradi. Allo stesso modo si sono distinti i suoli rinvenuti in 4 Grandi gruppi: Leptosols, Regosols, Cambisols, Podzols. In generale sembrano potersi individuare le seguenti corrispondenze fra suoli e vegetazione:

nei boschi di conifere (abete rosso, larice) predominano i Podzols, ma vi è una forte diffusione anche dei Cambisols;

sotto copertura a ericacee (*Vaccinium-Rhododendretum ferruginei* e *Junipero-Arctostaphyletum*), vi sono suoli di tutti i raggruppamenti sopra citati, con una certa preponderanza dei Podzols;

nelle aree a prato o pascolo i tipi più diffusi appartengono ai Grandi gruppi dei Regosols e Cambisols, ma vi è ancora una buona presenza di Podzols; i Leptosols sembrano il gruppo meno diffuso;

laddove il suolo è nudo (alte quote; erosione intensa) o in presenza di elevata pietrosità superficiale, cioè con copertura vegetale assente o a mosaico rado, i suoli tipici sono Leptosols; sporadicamente possono comparire anche Regosols.

Una simile distribuzione è da porre in relazione a due ordini di fattori: da una parte vi sono indubbiamente le modificazioni che gli aggruppamenti vegetali provocano sul suolo che li ospita; dall'altra va rimarcata l'influenza che fattori stazionali fortemente limitanti possono esplicare contemporaneamente sui suoli e sulla vegetazione. Come esempio del primo fattore si può citare la buona corrispondenza fra vegetazione a lettiera acidificante (conifere ed ericacee; humus di tipo *mor*) ed esi-



Fig. 8 - Formazione di ghiaccio aciculare (pipkrakes) in orizzonte spodico esposto lungo un taglio stradale (m 2000 s.l.m.; 25 ottobre 1991), nei pressi di Cassavrolo.

stenza di suoli podzolizzati, oppure il fatto che sotto vegetazione erbacea, ad humus di tipo *mull* o *moder*, sono più diffusi i Cambisols rispetto ad altri tipi pedologici. In quest'ultimo caso la vegetazione, oltre che tramite la sostanza organica umificata, agisce in termini pedogenetici anche per mezzo delle radici fini, che esplorano una grande massa di terreno e provvedono ad omogeneizzare gli strati più prossimi alla superficie, con possibile eclissamento degli orizzonti eluviali (E) e spodici (Bh e Bs), almeno quando questi ultimi abbiano spessore limitato. Tale fenomeno di degradazione pedologica, nell'ambito del quale hanno grande importanza anche i meccanismi erosivi, si può riscontrare nel caso in cui una vegetazione a conifere ed ericacee venga, per azione antropica, trasformata in pascolo per il bestiame (DUCHAUFOR, 1983). Nell'area di studio interventi di questo genere sono stati praticati nei secoli scorsi; si può comunque ritenere che, ad esclusione di fenomeni localizzati, non vi siano stati più disboscamenti di una certa ampiezza a partire almeno dagli inizi del Novecento.

Per quanto riguarda il secondo fattore vi è da notare come, in stazioni di quota elevata, la bassa temperatura e la prolungata copertura nevosa limitino lo sviluppo di vegetazione superiore, bloccando nello stesso tempo la pedogenesi ai livelli evolutivi più bassi (Leptosols, Regosols).

CONCLUSIONI

Fra i diversi obiettivi dello studio pedologico sulla Val Grosina, del quale si sono esposte qui le prime conclusioni significative, vi è la realizzazione di una cartografia di semi-dettaglio dei suoli. Per la stesura di una tale cartografia è necessario definire con precisione le relazioni che legano i suoli all'ambiente circostante; in particolare è necessario individuare le tipologie dei processi pedogenetici e il loro grado di espressione nelle diverse situazioni. Si ritiene che questa conoscenza potrà essere ottenuta proseguendo e approfondendo gli studi fin qui intrapresi. Sembra opportuno focalizzare l'attenzione, nell'area in esame, sulle dinamiche erosive e su quelle connesse al ciclo della sostanza organica, le quali appaiono le vie più promettenti per giungere a una definizione realistica dei meccanismi di formazione e distribuzione spaziale dei suoli.

BIBLIOGRAFIA

- BELLONI S., 1972 - *Il clima della Valtellina in relazione all'utilizzazione del suolo, alla sua evoluzione ed alla sua difesa*. Fond. Probl. Mont. Arco Alpino, Sondrio n. 86, 47 pp.
- BELLONI S. e PELFINI M., 1987 - *Il gradiente termico in Lombardia*. *Acqua Aria*, 4: 441-447.
- BELTRAMI G., BIANCHI A., BONSIGNORE G., CALLEGARI E., CASATI P., CRESPI R., DIENI I., GNACCOLINI M., LIBORIO G., MONTRASIO A., MOTTANA A., RAGNI U., SCHIAVINATO G. e ZANETTINI B., 1969 - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Foglio 19 «Tirano»*. Roma, Servizio Geologico d'Italia.
- BILLAUX P., 1978 - *Estimation du «régime hydrique» des sols au moyen des données climatiques. La méthode graphique: son utilisation dans le cadre de la Taxonomie américaine des sols*. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 16 (3): 317-318.
- BONNEAU M., 1979 - *Notion de pédoclimat*. In: BONNEAU M. e SOUCHIER B. (eds.), *Pédologie*. II. Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris: 329-332.
- BONSIGNORE G., BORGO A., GELATI R., MONTRASIO A., POTENZA R., POZZI R., RAGNI U. e SCHIAVINATO G., 1969 - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Foglio 8 «Bormio»*. Roma, Servizio Geologico d'Italia.
- BORGARD O. K., 1988 - *Phase identification by selective dissolution techniques*. In: STUCKI J. W., GOODMAN B. A. e SCHWERTMANN U. (eds.), *Iron in Soils and Clay minerals*. Dordrecht, D. Reidel Publishing Company: 83-98.
- COMMISSION DE PÉDOLOGIE ET CARTOGRAPHIE DES SOLS, 1967 - *Classification des sols*. Grignon, ENSA: 59 pp.
- CREVARO V. e PIROLA A., 1975 - *La vegetazione della provincia di Sondrio*. Sondrio, Amm.ne Provinciale & Banca Piccolo Credito Valtellinese: 104 pp.
- D'ALESSIO D. e PREVITALI F., 1988 - *I Podzoli della Valle Camonica (Alpi meridionali bresciane)*. *Natura Bresciana*, 24: 47-73.
- DE PHILIPPIS A., 1937 - *Classificazioni ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana*. *Nuovo Giornale Botanico Italiano*, 44: 1-157.
- DUCHAUFOUR PH., 1983 - *Pédologie. I. Pédogenèse et classification*. Masson, Paris: 491 pp.
- ERBA G., GUSMEROLI F. e RIZZI I., 1986 - *Alpeggi e pascoli in Valtellina*. Suppl. al n. 3/4 di *Rezia Agr. e Zoot.*, Sondrio: 95 pp.
- FAO, UNESCO e ISRIC, 1990 - *FAO-Unesco Soil map of the world. Revised Legend*. World Soil Resources Report, n. 60. FAO, Rome: 119 pp.
- FITZPATRICK E. A., 1983 - *Soils. Their formation, classification and distribution*. Longman, London: 353 pp.
- GREGNANIN A. e MONTRASIO A., 1990 - *Struttura ed evoluzione delle Unità Austroalpine*. In: SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA (a cura di), *Alpi e Prealpi Lombarde*. BE-MA editrice, Bologna: 21-24.
- KLINKA K., GREEN R. N., TROWBRIDGE R. L. e LOWE L. E., 1981 - *Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia. First approximation*. Province of British Columbia, Ministry of Forests: 54 pp.
- OTTONE C. e ROSSETTI R., 1980 - *Condizioni termo-pluviometriche della Lombardia*. *Atti dell'Istituto Geologico dell'Università di Pavia*, 29: 27-48.

- PIROLA A., 1984 - *I tipi di vegetazione*. In: *Carta delle vocazioni faunistiche della Regione*. Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, 14 (I suppl. str. al n. 38): 12-32.
- POZZI R., BOLLETTINARI G. e CLERICI A., 1990 - *Studio geomorfologico e geologico applicato dell'Alta Valtellina*, AEM, A. Cordani SpA, Milano: 151 pp.
- PREVITALI F., D'ALESSIO D., GALLI A. e TOSI L., 1992 - *I suoli, i paesaggi fisici, il dissesto idrogeologico in Val Camonica e in Val di Scalve (Alpi Meridionali)*. Monografie di «Natura Bresciana» 17: 75 pp.
- SANESI G., 1977 - *Guida alla descrizione del suolo*. CNR, Firenze: 157 pp.
- SERPIERI A., 1903 - *Le alpi di Val Grosina*. In: *I pascoli alpini della Valtellina*. Atti della Commissione d'inchiesta sui pascoli alpini. Milano, I (II): 65-79.
- SISS (SOCIETÀ ITALIANA DI SCIENZA DEL SUOLO), 1985 - *Metodi normalizzati di analisi del suolo*. Edagricole, Bologna: 100 pp.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975 - *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Agriculture Handbook, USDA, Washington n. 436.
- SOIL SURVEY STAFF, 1985 - *Soil Survey Manual*. Agriculture Handbook, USDA, Washington, n. 430.
- YAALON D. H., 1983 - *Climate, time and soil development*. In: WILDING L. P., SMECK N. E. e HALL G. F. (eds.), *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions*. Elsevier, Amsterdam: 233-251.

Indirizzo degli Autori:

ISABELLA ASSI, ROBERTO COMOLLI e FRANCO PREVITALI, Facoltà di Agraria, Università degli Studi, via Celoria 2 - 20133 MILANO