

Distribuzione e circolazione degli elementi in traccia nei suoli. Pedogenesi, mineralogia e geochimica dei suoli dell'Emilia occidentale

CLAUDIO BINI

Istituto di Geopedologia e Geologia Applicata, Fac. di Agraria, Piazzale Cascine 15, 50144 Firenze

ORNELLA FERRETTI, ENNIO GHIARA, ROBERTO GRAGNANI

ENEA-PAS-SCAMB - C.R.E., Casaccia, Casella Postale 2400, 00100 Roma

RIASSUNTO. — È stato condotto uno studio pedologico, mineralogico e geochimico dei suoli sviluppati sui sedimenti quaternari e sulle argille plioceniche pedemontane nell'Emilia occidentale.

In questo tratto della pianura, dove è presente una tipologia di suoli rappresentativa di un'ampia zona del settore padano, alcuni dei suoli studiati, per la presenza nella zona d'impianti termoelettrici, potrebbero essere idonei per il monitoraggio degli effetti delle precipitazioni acide e/o delle emissioni delle centrali a combustibili fossili.

Lo studio dei suoli ha consentito di tracciare un quadro pedostratigrafico e della successione degli eventi pedogenetici durante il Quaternario.

Sono state riconosciute facies pedologiche attribuibili all'interglaciale Riss-Wurm, al cataglaciale wurmiano ed al postglaciale, cui corrispondono le facies mineralogiche della bisiallitizzazione antica, recente ed attuale.

La mineralogia delle argille — prevalentemente illite e smectite, mentre caolinite e clorite sono scarse ed in genere poco significative — ha fornito ulteriori elementi per la caratterizzazione e la storia evolutiva dei suoli.

I tenori degli elementi maggiori, minori ed in traccia rientrano nella norma per suoli derivati da substrati alluvionali recenti, con fenomeni di accumulo legati ai processi pedogenetici. La loro distribuzione, che non sempre rispecchia lo stadio di evoluzione dei suoli studiati, ha tuttavia confermato alcuni dei caratteri pedologici osservati.

L'elevato coefficiente di correlazione riscontrato per Cr e Ni, indica che questi elementi sono di origine naturale e risultano legati agli stessi minerali.

Gli elevati tenori in rame negli orizzonti più superficiali di alcuni suoli sono da mettere in relazione con i processi di contaminazione connessi alle attività agricole, come già segnalato in altre occasioni.

Parole chiave: elementi in traccia, pedologia, composizione chimica, composizione mineralogica, Emilia occidentale.

DISTRIBUTION AND CIRCULATION OF TRACE ELEMENTS IN SOILS. PEDOGENESIS, MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF SOILS FROM WESTERN EMILIA REGION

ABSTRACT. — Soil profiles developed on Quaternary alluvial sediments and terraces, and surrounding pliocenic clays in western Emilia (northern Italy), were investigated from the pedological, mineralogical and geochemical point of views.

This part of the alluvial plain of the river Po is highly representative of the soil evolution in the internal alluvial basins in Italy, because of the occurrence of soil types widely diffused in these basins.

Moreover, monitoring the effects of acid rains and/or outputs from fossil fuel on the soils is possible, as a traditional power-station is active in the investigated area.

The pedostratigraphic outlines and the pedogenetic events during the Quaternary, have been drawn by means of soil studies.

Pedological and related mineralogical facies (ancient and recent bisiallitization, according to PEDRO, 1968), developed during the interglacial and post-glacial periods, have been identified.

The clay mineralogy of the described soil profiles allows a better characterization of the soil evolution. The mineral species which are present in all the investigated soil are mainly of the 2:1 structure (mostly illite and a 14 Å mineral), while kaolinite and chlorite play an insignificant role.

The amount of the major and trace elements agrees with the expected values for such parent materials. Their distribution in the soil profiles is generally well related to accumulation phenomena, of both natural (pedogenetic processes: Fe, Mn, Cr, Ni) and antropic (agricultural practices: Cu, Zn) origin.

Key words: trace elements, pedology, chemical composition, mineralogical composition, western Emilia region.

Introduzione

Nell'ultimo decennio si è sviluppata una straordinaria crescita di interesse per le ricerche sulla circolazione degli elementi in traccia nei diversi ambienti naturali. Le scienze della terra e quelle ambientali non hanno dedicato la dovuta attenzione a quel sistema complesso che è il suolo (*pedosfera* in termini geochimici, quale interfaccia fra le sfere geochimiche inorganiche e la biosfera), punto di partenza della catena alimentare, sede di produzione di elevate quantità di biomassa, e di accumulo di gran parte degli elementi e sostanze potenzialmente tossici immessi nell'ambiente.

Inquadramento geologico

La pianura Padana — la più grande superficie subpianeggiante in Italia — ha trovato scarso interesse finora in campo pedologico. Un primo contributo di carattere generale è stato fornito dalla Regione Emilia (1979), con una stratigrafia pedologica e derivata, a piccola scala. Un secondo contributo, di carattere mineralogico, è stato ultimato recentemente (FELICE ed altri, 1984).

Indagini particolari, su piccole aree della pianura, sono state condotte negli ultimi anni da ARDUINO et al. (1977) in Piemonte, da FRANCI e PREVITALI (1983) nella provincia di Varese, da vari Autori nel comune di

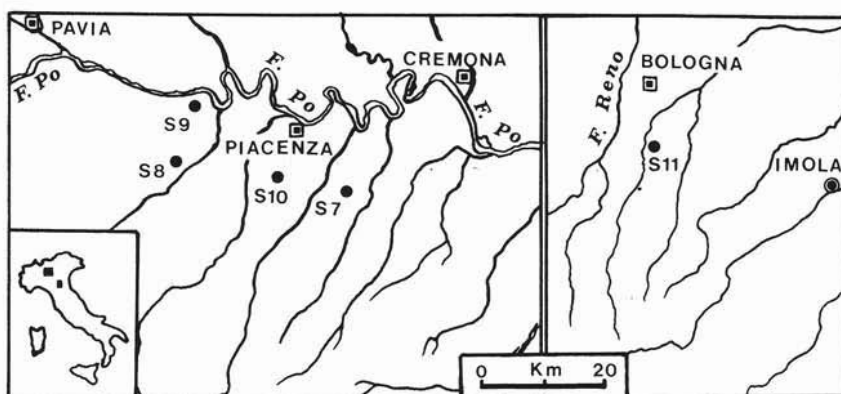


Fig. 1. — Mappa di campionamento. — Sampling map.

Le attuali conoscenze scientifiche non consentono di disporre di dati attendibili sul tenore degli elementi nei suoli, nè chiariscono quali sono i processi più importanti che governano la loro circolazione.

Una collaborazione avviata già da tempo fra ENEA ed Università di Firenze su questo tema si propone di approfondire le conoscenze di base (processi geochimici e pedogenetici) e le finalizzazioni applicative (aspetti tossicologici-nutrizionali, contaminazione ambientale) mediante lo studio dei più rappresentativi tipi di suolo presenti nei differenti ambienti del nostro Paese (BINI ed altri, 1982, 1983, 1984).

In questa sede vengono presentati i risultati di uno studio eseguito nella pianura Padana, in una zona di elevato interesse sia agronomico, per l'alta potenzialità dei suoli, che ambientale, per la vicinanza di centrali termoelettriche.

Ostiglia (1983). Una carta geopedologica in scala 1:50.000 è stata recentemente presentata dalla provincia di Venezia (1983).

La selezione delle aree da studiare è stata effettuata in collaborazione col servizio Cartografico della Regione Emilia-Romagna.

L'area investigata, porzione sud-occidentale della pianura (fig. 1), è di particolare interesse, pedostratigrafico da una parte, per l'esistenza di superfici interglaciali e postglaciali ben differenziate, ed ecologico-ambientale dall'altra, per la possibilità di ricaduta di elementi tossici e/o critici per la catena alimentare connessi alla produzione di energia elettrica, e l'intensa attività antropica.

Per le notizie di carattere geologico, rimandiamo alla letteratura esistente (MANCINI, 1962; SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1971; MARCHETTI, 1974; MARCHETTI et al., 1975). Riteniamo invece utile, ai fini del presente lavoro, fare un inquadramento geo-

pedologico, con particolare riferimento alle differenti unità geomorfologiche che caratterizzano questo settore della pianura.

Abbiamo pertanto preso in considerazione i suoli sviluppatisi sulle differenti unità di paesaggio presenti nell'area.

Queste sono rappresentate, in ordine di età, da:

- a) argille plioceniche della fascia pedemontana;
- b) depositi terrazzati fluvio-lacustri (MINDEL e RISS);
- c) alluvioni antiche dell'alta pianura, di età wurmiana;
- d) alluvioni recenti ed attuali della pianura.

A ciascuna di queste unità corrispondono tipi pedologici con differenti gradi di evoluzione, sviluppatisi in seguito a processi pedogenetici antichi (unità *b* e *c*) e recenti o attuali (unità *a* e *d*), talora con forme accentuate di ringiovanimento a causa dei fenomeni di erosione (unità *a*).

Il paesaggio delle argille plioleptoceniche è caratterizzato da una morfologia assai varia: dalle dolci ondulazioni della bassa collina si passa — spesso bruscamente — alle forme calanchive profondamente incise e denudate dall'erosione. Nelle aree più acclivi, dominano i regosuoli a profilo *A-C*, poco evoluti e soggetti a frequente ringiovanimento (*Typic* e *Vertic Udorthents*). Nelle aree collinari più dolci la pedogenesi procede più speditamente, il suolo si approfondisce e si sviluppano tipi pedologici più evoluti, con profilo *A-B-C*. Conseguentemente alla natura mineralogica del substrato, largamente costituita da argille espandibili, si tratta di suoli bruni a tendenza vertica o veri e propri vertisuoli (*Venetic Eutrochrepts* e *Chromuderts*).

Nel complesso, i suoli della fascia argillosa pedepenninica presentano limitazioni notevoli e una potenzialità modesta.

Quelli più sviluppati sono utilizzati prevalentemente come seminativi, mentre nei versanti più acclivi, dove i fenomeni di erosione sono frequenti, prevalgono i terreni incolti e utilizzati come pascoli scadenti.

Abbiamo prelevato un profilo di *Vertic Eutrochrept*, che riteniamo rappresentativo di aree ampiamente diffuse in tutta la zona

della bassa collina, e di maggiore interesse agronomico.

Il paesaggio dei depositi fluvio-glaciali antichi (*FM* e *FR* della C.G. d'Italia, 1971) è caratterizzato da un sistema di superfici terrazzate separate da scarpate e coperte da un paleosuolo di spessore variabile e talora da lembi di loess, con morfologia subpianeggiante e modesta inclinazione verso la pianura.

Secondo MARCHETTI (1974), tutti i terrazzi definiti « pre-wurmiani » nella pianura Padana sono modellati in una serie depositata, in uno o più cicli, anteriormente all'interglaciale Mindel-Riss, e successivamente ricoperta da una coltre di loess rissiano.

Su questi depositi, prevalentemente sabbioso-limosi con lenti di ghiaie, si sono sviluppati suoli con una pedogenesi molto spinta legata alle variazioni climatiche succedutesi nel Quaternario (MANCINI, 1962), con vistosi fenomeni di rubefazione (paleosuoli). I suoli presenti su questa unità morfologica hanno infatti un elevato grado di evoluzione, con profilo *A-B-C* ed orizzonte *B* ad accumulo di argilla, frequentemente con evidenti segni di idromorfia (screziature e concrezioni ferro-manganesifere). Si tratta di *Typic* ed *Aquic Palexeralfs* e *Paleudalfs*.

Sono utilizzati prevalentemente come seminativi ed hanno una potenzialità agricola media, presentando moderate limitazioni di uso nel drenaggio e nel carattere subacido/acido, mentre la tessitura è in generale franco-sabbiosa. Abbiamo scelto come rappresentativo di questa unità di paesaggio un suolo bruno lisciviato a pseudogley (*Typic Paleudalf*) (profilo S 10) su depositi del Riss, considerando che le unità terrazzate più vecchie (Mindel) si rinvenivano in piccoli lembi fortemente erosi.

Il paesaggio delle alluvioni wurmiane e post-wurmiane antiche dell'alta pianura del Po (*FW* o *a₁*), che costituiscono il livello principale della pianura, è caratterizzato anch'esso da una morfologia subpianeggiante, con superfici debolmente inclinate verso la pianura costruita dai depositi recenti ed attuali.

Si tratta in prevalenza di sabbie con lenti limose e livelli ghiaiosi, su cui si sono sviluppati suoli con evoluzione notevole (pedogenesi post-wurmiana), ed orizzonti ben differenziati, a profilo *A-B-C*, spesso troncati

o con lo *Ap* parzialmente asportato e/o compattato dalle opere di aratura.

Si tratta di suoli lisciviati (*Typic* ed *Aquic Hapludalfs*) (che dominano nella parte più alta delle superfici) e di suoli bruni (*Typic* e *Dystric Eutrochrepts*, *Fluventic Dystrichrepts*), che si raccordano alla pianura stessa tramite deboli scarpate incise dai corsi d'acqua, da subacidi o neutri, con tessitura da limosa a franco limosa.

Sono utilizzati prevalentemente come seminativi semplici o arborati, talora investiti con colture ad alto reddito, presentando scarse limitazioni (di drenaggio) ed elevata potenzialità.

Abbiamo campionato (profilo S 8) un suolo bruno lisciviato (*Aquic Hapludalf*) ritenendolo il tipo più rappresentativo per questa unità morfologica di transizione alla pianura recente.

Il paesaggio delle alluvioni recenti ed attuali della pianura ($a_1 + a_2 + a_3$) è caratterizzato da estese superfici pianeggianti, con leggere depressioni in cui è faticoso lo smaltimento delle acque.

La pedogenesi è recente: i suoli più evoluti sono dei suoli bruni a profilo A-(B)-C (*Fluventic*, *Typic*, *Aquic*, *Dystric*, *Eutrochrepts*), quelli meno evoluti (situati al margine dei corsi di acqua ed in zone soggette ad inondazioni e ristagni di acqua), dei regosuoli (*Typic* ed *Aquic Udifluents*).

Sono suoli generalmente profondi, subalpini, debolmente calcarei.

Non presentano gravi limitazioni (se non, talora, la presenza della falda a profondità moderatamente scarsa dalla superficie) e viceversa hanno una elevata potenzialità e sono utilizzati per qualsiasi coltura, dalle erbee intensive (ortaggio e di pieno campo) alla arboricoltura da frutto e da legno.

In questa unità di paesaggio abbiamo ritenuto di campionare due profili, un inceptisuolo (*Fluventic Eutrochrept*) sviluppatosi sulle alluvioni recenti (profilo S 7) ed un Entisuolo (*Aquic Udifluent*) con moderata evoluzione, presso l'argine del Po (profilo S 9).

Discussione dei risultati

I suoli studiati si sono sviluppati sulle differenti unità di paesaggio delineate precedentemente.

Per ogni profilo è stata effettuata la descrizione pedologica e su ciascun orizzonte sono state eseguite le analisi chimico-fisiche e mineralogiche. Per le procedure adottate si rimanda al manuale del Soil Conservation Service (U.S.D.A., 1972) e a BINI *et al.* (1982, 1983).

Suoli delle argille plioceniche della fascia pedemontana

Il profilo S 11 è stato studiato al bordo di un'area destinata a seminativo.

Questo suolo, sviluppatosi su un versante di media pendenza (circa 10 %), su sedimenti fini, mostra una notevole omogeneità lungo tutto il profilo, la cui differenziazione in orizzonti risulta più da sottili sfumature di colore e dalle diverse modalità di aggregazione, che da evidenze macroscopiche. Anche le analisi chimiche e fisiche mostrano variazioni graduali con la profondità, a conferma che il profilo è stato almeno in parte rimescolato (« pedoturbazione »), sia per l'attività antropica, sia per la natura mineralogica della frazione fine (argille espandibili), che determina, durante la stagione secca, l'apertura di profonde fessure, in cui cade il materiale superficiale.

La descrizione del profilo è riportata nella tabella 1 mediante i risultati analitici relativi alla composizione mineralogica, alle caratteristiche chimico-fisiche nonché al contenuto degli elementi in traccia sono riportati nella tabella 2.

Nella figura 2 è riportato l'andamento schematico del profilo, delle caratteristiche granulometriche e degli elementi esaminati.

La composizione mineralogica è piuttosto uniforme lungo tutto il profilo. Le quantità di quarzo, feldspato e calcite sono piuttosto scarse. Nella frazione $< 2 \mu$ predomina la illite e clorite, mentre la caolinite e interstratificati di tipo smectitico sono complementari.

La granulometria presenta un incremento di argilla nel passaggio dall'*Ap*₂ al B con una corrispondente diminuzione di limo.

Gli elementi in traccia mostrano in generale una limitata variazione a conferma di una scarsa evoluzione di questo suolo.

A livello tassonomico, questi caratteri, quando sono ben evidenti, conducono alla definizione dei vertisuoli; in questo caso è tuttavia preferibile tenere conto della pre-

TABELLA 1

Descrizione del profilo S 11 — Description of the profile S 11

LOCALITÀ: PONTECCHIO MARCONI

QUOTA: 170 m

MORFOLOGIA: parte superiore di versante con pendenza circa 10 %

USO DEL SUOLO: seminativo

PIETROSITÀ: assente

DRENAGGIO: libero

SUBSTRATO PEDOGENETICO: argille azzurre calabrianne

DESCRIZIONE: C. Bini, 27-11-1982

CLASSIFICAZIONE: (U.S.D.A., 1975): *Vertic Eutrochrept*

- Ap1 : cm 0-20. Bruno oliva (2,5 y 4,5/3); franco limoso argilloso; aggregazione poliedrica angolare debole; molto umido, plastico; scheletro e concrezioni assenti lungo tutto il profilo; reazione alcalina violenta lungo tutto il profilo; facce di pressione e scivolamento comuni; pori abbondanti; radici erbacee abbondanti.
- Ap2 : cm 20-50. Bruno oliva (2,5 y 4/3); franco limoso argilloso; aggregazione poliedrica angolare fine e media, debolmente umido; facce di pressione abbondanti; pori abbondanti; radici comuni.
- B : cm 50-120. Bruno grigio scuro (2,5 y 4/2); franco limoso argilloso; aggregazione poliedrica sub-angolare fine e media, moderata; umido, plastico; fenditure comuni, facce di pressione e scivolamento comuni; pori abbondanti, grossi e piccoli; radici scarse.
- C : cm 120 ed oltre. Grigio (5 y 5/1) con screziature bruno oliva (2,5 y 4/4) poco evidenti; argiloso-limoso; massivo; poco umido; fenditure assenti; facce di pressione scarse; pori abbondanti; radici scarse.

TABELLA 2

Analisi fisiche, chimiche e mineralogiche del profilo S 11
Physical, chemical and mineralogical analyses of the profile S 11

ANALISI FISICHE E CHIMICHE																			
Orizzonte	Profondità Iniziale cm.	Granulometria			pH H ₂ O	Ck Organ.	Sost.% Organ.	C.S.C. meq/100 gr	Basi di scambio meq/100 gr				Acidità di scambio meq/100 gr	Saturazione %	CaO0 ₃				
		S%	L%	A%					Ca	Mg	Na	K							
A _{p1}	0	12.4	51.3	36.2	7.8	1.1	1.9	23.9	20.7	2.8	0.28	1.30	--	100	13.4				
A _{p2}	20	10.4	54.6	35.0	8.0	1	1.8	23.1	18.1	3.2	0.27	0.88	--	100	14.5				
B	50	9.9	51.1	39.0	8.3	0.9	1.6	25.9	18.5	5.1	0.48	0.38	--	100	13.6				
C	120	5.6	51.4	43.0	8.0	0.7	1.2	24.5	13.1	8.4	2.27	0.45	--	100	14.8				
ELEMENTI IN TRACCIA, MINORI E MAGGIORI																			
Orizzonte	Profondità media cm.	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni	Co	V	Mn	Mo	As	U	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al
A _{p1}	7.5	35	13.5	107	0.27	102	65	10	51	765	0.75	9.4	1.5	0.75	1.2	6.5	1.30	3.94	6.78
A _{p2}	30	32.5	13	102	0.23	105	60	10	61	715	0.75	10	2	0.75	1	6.8	1.26	4.01	6.60
B	80	37	10	102	0.19	105	67	10	54	765	0.75	11	2	0.84	1.3	6.6	1.29	3.94	6.57
C	135	41	10.5	110	0.22	107	70	10	71	610	0.70	9.5	2	0.75	1.6	7.3	1.42	3.98	7.05
ANALISI MINERALOGICA																			
Orizzonte	Quarzo	campione medio		%		Frazione <0,002 mm													
		K-Feldspato	Na- Feldspato	Calcite	Interstratificato	Clorite	Illite	Kaolinite											
A _{p1}	12	<2		<5	5		10		25		55		5-10						
A _{p2}	10	<2		<5	10		10		30		50		10						
B	10	-		<5	10		10		30		50		10						
C	10	-		<5	10		10		30		50		10						

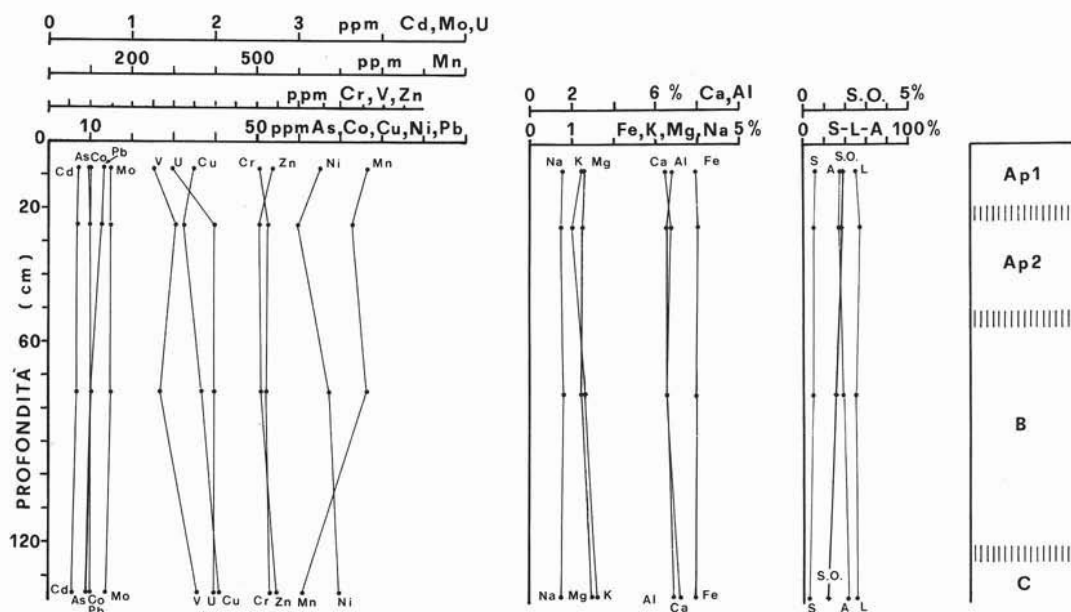


Fig. 2. — Suolo n.° 11. Andamento schematico del profilo con distribuzione degli elementi in traccia, minori e maggiori, della sostanza organica e delle frazioni granulometriche (sabbia, limo, argilla). — Soil n.° 11. Distribution of major, minor, trace elements, organic matter and granulometric fractions (sand, silt, clay) along the profile.

senza — sia pure poco evidente — di un orizzonte *B* (*B* cambico), inserendo questo suolo fra gli Inceptisuoli; in particolare, poiché il suolo è saturo in basi ed ha un epipedon « ocrico » ed i già menzionati caratteri vertici, si tratta di un *Vertic Eutrochrept* della Soil Taxonomy (USDA, 1975).

Suoli su depositi fluvio-lacustri (Mindel-Riss)

Il profilo S 10 può essere considerato rappresentativo di suoli che si sviluppano su superfici terrazzate rissiane.

La descrizione del profilo è riportata nella tabella 3 mentre i risultati delle analisi mineralogiche, fisiche e chimiche sono riportati nella tabella 4.

La figura 3 riporta l'andamento degli elementi analizzati e della granulometria, nonché la rappresentazione schematica del profilo.

Dal punto di vista pedologico, questo profilo mostra i segni di una pedogenesi di lunga durata. Questa viene evidenziata a

livello macroscopico dalla intensa rubefazione che interessa tutto il profilo e da illuviazione con rivestimenti di argilla sulle facce degli aggregati, negli orizzonti *B*.

A livello chimico, i processi più evidenti sono la lisciviazione che si manifesta con un generale impoverimento degli elementi negli orizzonti superficiali, ed accumulo in quelli profondi; l'acidificazione del profilo e la corrispondente desaturazione in elementi scambiabili.

Il contenuto di ferro negli orizzonti *B*, indicato, a livello macroscopico, dalla presenza di screziature e concrezioni, è dovuto ai processi di mobilitazione del ferro in presenza di falda acquifera.

Il limo predomina sulle altre frazioni granulometriche, mentre la distribuzione di sabbia, limo e argilla è piuttosto uniforme lungo il profilo. Si osserva soltanto un incremento del contenuto di argilla passando dall'orizzonte *Ap* al *B_{1t}*, in accordo con il processo di illuviazione. Più marcato è l'incremento della sabbia dal *B_{2t}* al *II B_{22tg}*, per la presenza di una discontinuità.

TABELLA 3

Descrizione del profilo S 10 — Description of the profile S 10

LOCALITÀ: AZIENDA TADINI (PC)

QUOTA: m 102

MORFOLOGIA: superficie subpianeggiante

USO DEL SUOLO: seminativo a riposo

PIETROSITÀ: scarsa

DRENAGGIO: rallentato

SUBSTRATO PEDOGENETICO: alluvioni rissiane, prevalentemente argilloso-limose

DESCRIZIONE: C. Bini, N. Filippi, 26-11-1982

CLASSIFICAZIONE: (U.S.D.A., 1975): *Typic Paleudalf*

- Ap : cm 0-35 (compattato). Bruno scuro (8,75 y R 4/4); franco limoso; umido, poco adesivo; aggregazione poliedrica angolare media, evidente; scheletro scarso, calcareo; pori molto abbondanti concrezioni e rivestimenti assenti; reazione acida; radici erbacee comuni.
- B1t : cm. 35-70. Bruno (7,5 y R 5/5) con screziature deboli; franco limoso; umido, adesivo; aggregazione poliedrica subangolare media e grossolana, debole; scheletro e concrezioni assenti; pori abbondanti; rivestimenti di argilla comuni; reazione subacida; radici scarse.
- B21tg : cm 70-120. Bruno scuro (7,5 y R 4/4) con screziature comuni, evidenti bruno rossastro scuro (5 y R 3/4) e bruno giallastro scuro (10 y R 45/2); limoso-argilloso; poco umido, adesivo; aggregazione poliedrica sub-angolare debole; scheletro assente; concrezioni Fe-Mn scarse, piccole, dure; pori abbondanti; rivestimenti di argilla abbondanti; reazione acida.
- II B22tg : cm 120-220. Bruno rossastro scuro (5 y R 3/3) con screziature comuni bruno giallastro (10 y R 5,5/3) e bruno forte (7,5 y R 5/8); franco; poco umido, adesivo; aggregazione prismatica debole; scheletro e concrezioni scarsi; pori abbondanti; rivestimenti di argilla abbondanti; reazione acida.
- B3 : cm 220-280. Rosso scuro (2,5 y R 3/6) con deboli screziature; franco; poco umido; aggregazione poliedrica debole; scheletro comune, molto alterato; rivestimenti scarsi; reazione subacida.
- C : cm 289 ed oltre. Ciottolami e ghiaie calcaree ed arenacee, molto alterate.

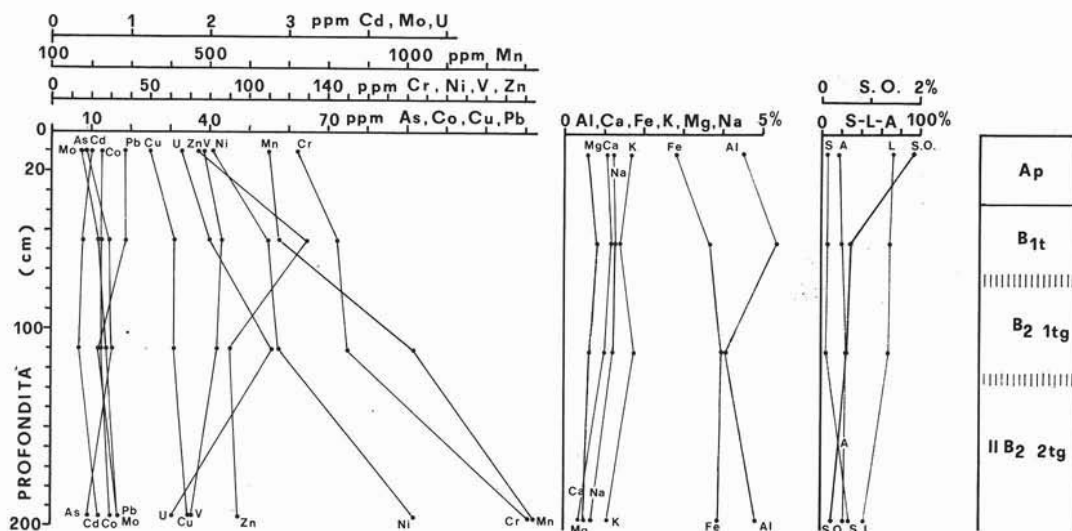


Fig. 3. — Suolo n.° 10. Andamento schematico del profilo con distribuzione degli elementi in traccia, minori e maggiori, della sostanza organica e delle frazioni granulometriche (sabbia, limo, argilla). — Soil n.° 10. Distribution of major, minor, trace elements, organic matter and granulometric fractions (sand, silt, clay) along the profile.

TABELLA 4

Analisi fisiche, chimiche e mineralogiche del profilo S 10
Physical, chemical and mineralogical analyses of the profile S 10

Orizzonte	Profondità iniziale cm.	Granulometria			pH H ₂ O	C% Organ.	Sost.% Organ.	C.S.C. meq/100 gr	Basi di scambio meq/100 gr				Acidità di scambio meq/100 gr	Saturazione %
		SX	LX	AX					Ca	Mg	Na	K		
A _p	0	7.4	74.4	18.2	5.5	1.10	1.90	36.3	19.2	1.48	0.17	0.13	15.3	57.8
B _{1t}	35	7.5	70.4	22	6.0	0.27	0.47	39.3	19.7	1.72	0.34	0.39	17.2	56.3
B _{2 1tg}	70	6.6	68.3	25	5.5	0.26	0.45	37.1	17.2	1.85	0.42	0.13	17.5	52.8
II B _{2 2tg}	120	30.1	45.3	24.5	5.0	0.12	0.21	32.5	16.7	2.30	0.15	0.13	13.2	59.4

ELEMENTI IN TRACCIA, MINORI E MAGGIORI

Orizzonte	Profondità media cm.	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni	Co	V	Mn	Mo	As	U	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al
																%			
A _p	10	25	19	75	0.26	125	82	13	77	647	0.40	8.8	1.7	1.23	1.69	1.1	0.62	2.84	4.50
B _{1t}	55	31	19	130	0.17	145	120	12.5	86	670	0.60	14.5	2	1.29	1.4	1.2	0.83	3.66	5.36
B _{2 1tg}	100	31	12	91	0.27	150	125	12.5	84	1020	0.70	15.6	2.8	1.26	1.80	1	0.58	3.99	4.08
II B _{2 2tg}	190	35	17	95	0.31	242	184	15	71	1322	0.85	9.4	1.5	0.71	1.1	0.40	0.56	3.89	4.87

ANALISI MINERALOGICA

Orizzonte	Campione medio		Frazione < 0,002 mm							
			%							
	Quarzo	K-Feldspato	Na-Feldspato	Calcite	Vermiculite	Interstrat.con Cl	Clorite	Illite	Kaolinite	
A _p	15	<5	<5	—	—	5	20	45	30	
B _{1t}	15	<5	<5	—	—	5	20	45	30	
B _{2 1tg}	15	<5	<5	—	—	5	15	50	30	
II B _{2 2tg}	20	p	p	—	20	10	—	40	30	

La distribuzione dei minerali fondamentali è piuttosto uniforme e soltanto nel passaggio dal B₂₁ al II B₂₂ si osserva un incremento del contenuto di quarzo e una leggera dimi-

nuzione dei feldspati. Da notare anche l'assenza di quantità apprezzabili di calcite, in accordo con il pH subacido.

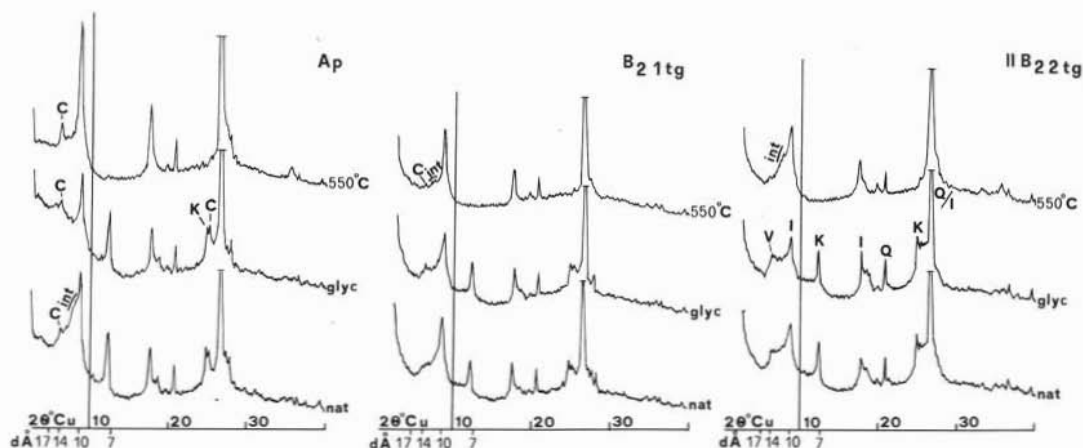


Fig. 4. — Diffratogramma RX in diverse condizioni operative di alcuni orizzonti del suolo S 10. C = clorite; I = illite; Q = quarzo; K = caolinite; V = vermiculite; int = interstratificato. — X-rays diffraction patterns under different working conditions of some horizons from soil n.º 10. C = chlorite; I = illite; Q = quartz; K = kaolinite; V = vermiculite; int = interstratified.

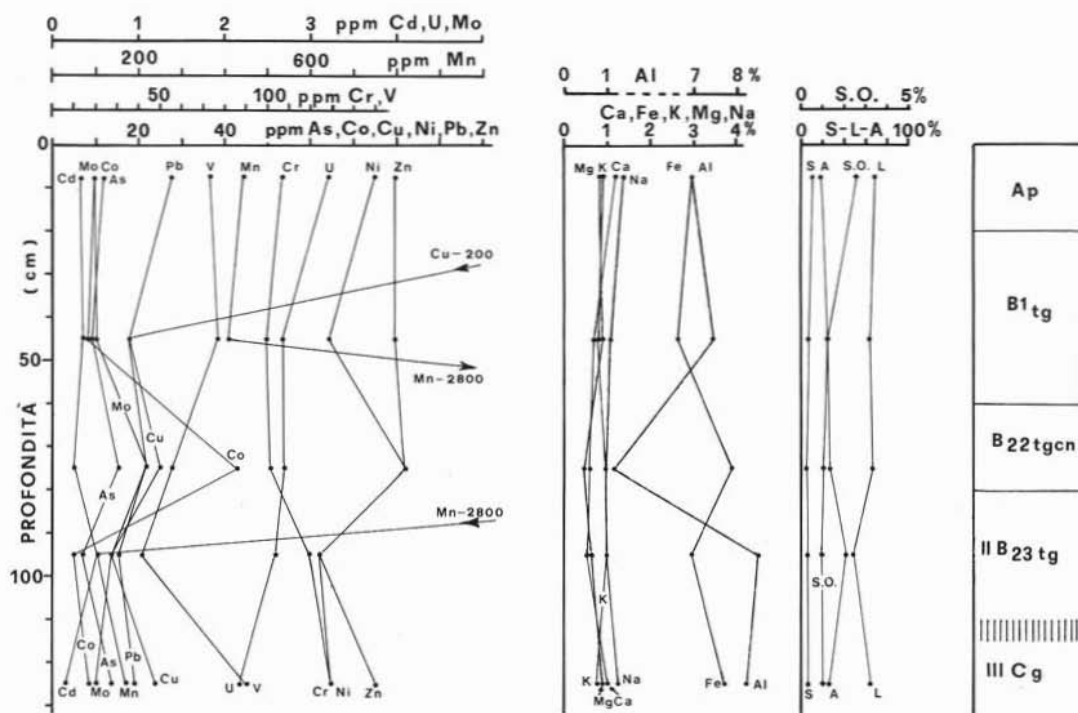


Fig. 5. — Suolo n.° 8. — Andamento schematico del profilo con distribuzione degli elementi in traccia, minori e maggiori, della sostanza organica e delle frazioni granulometriche (sabbia, limo, argilla). — Soil n.° 8. Distribution of major, minor, trace elements, organic matter and granulometric fractions (sand, silt, clay) along the profile.

Tra i minerali argillosi la illite predomina sulla caolinite e subordinatamente clorite; la loro distribuzione quantitativa non mostra apprezzabili variazioni lungo il profilo.

È stata osservata viceversa una progressiva degradazione della clorite verso gli orizzonti inferiori (fig. 4) dove sono presenti anche la vermiculite ed un intergrado clorite/vermiculite. Ciò è una conferma dell'intensa pedogenesi che hanno subito questi suoli.

I costituenti principali mostrano in generale delle variazioni limitate lungo il profilo.

Gli elementi in traccia presentano un generale impoverimento nell'orizzonte Ap rispetto a quelli sottostanti, in armonia con la lisciviazione legata alla marcata pedogenesi che ha interessato questo suolo.

Il cromo e il nichel presentano un andamento molto simile lungo tutto il profilo. Ciò è dovuto allo stesso comportamento geochimico e ad una probabile associazione negli stessi minerali.

A livello di classificazione, per i suoi caratteri questo suolo rientra indubbiamente fra i tipici alfisuoli della « Soil Taxonomy »; considerato che il regime di umidità è udico, e la pedogenesi è di lunga durata, può essere definito come Typic Paleudalf, ricordando che la definizione di « Paleo » implica appunto un processo genetico di lunga durata. Del resto, anche la « Soil Taxonomy » indica per suoli di questo tipo una pedogenesi Riss-Wurm o più antica (Gruppo Ricerca Geomorfologica CNR, 1982).

Suoli delle alluvioni wurmiane

Un profilo S 8 rappresentativo di questi suoli è stato studiato in un'area coltivata a vigneto.

La descrizione del profilo è riportata nella tabella 5 mentre i risultati delle analisi mineralogiche fisiche e chimiche sono riportati nella tabella 6.

TABELLA 5

Descrizione del profilo S 8 — Description of the profile S 8

LOCALITÀ: S. BIAGIO IN BORGONOVO V.T. (PC)

QUOTA: m 65

MORFOLOGIA: superficie pianeggiante

USO DEL SUOLO: seminativo a riposo su ex vigneto

PIETROSITÀ: assente

DRENAGGIO: rallentato

SUBSTRATO PEDOGENETICO: deposito alluvionale wurmiano, prevalentemente limoso

DESCRIZIONE: C. Bini, N. Filippi, 26-11-1982

CLASSIFICAZIONE: (U.S.D.A., 1975): *Aquic Hapludalf*

- Ap : cm 0-20 (orizzonte parzialmente asportato e compattato). Bruno giallastro scuro (10 y R 4/4) con scarse screziature; franco limoso; molto umido, massivo; scheletro assente; concrezioni Fe-Mn scarse, piccole, soffici; reazione acida; rivestimenti assenti; radici erbacee comuni.
- B1tg : cm 20-60. Bruno grigio (2,5 y 5/2); screziature abbondanti bruno giallastro (10 y R 5/6); franco limoso; aggregazione poliedrica subangolare debole; scheletro e concrezioni come sopra; reazione subacida; rivestimenti comuni; radici erbacee comuni.
- B22tgc : cm 60-80. Bruno giallastro (10 y R 5/6) con screziature abbondanti bruno forte (7,5 y R 5/8); franco limoso argilloso; aggregazione poliedrica subangolare media, debole; concrezioni Fe-Mn molto abbondanti, dure; reazione subacida; rivestimenti comuni, evidenti.
- II B23tg : cm 80-110. Bruno giallastro (10 y R 5/6); screziature evidenti bruno (10 y R 5/3) e giallo brunastre (10 y R 6/7); argilloso limoso; aggregazione prismatica evidente; concrezioni assenti; reazione subacida; rivestimenti comuni, evidenti.
- III Cg : oltre 110 cm. Bruno giallastro scuro (10 y R 4,5/6), screziature evidenti giallo rossastro (7,5 y R 6/7) e grigio (5 y 6/1); franco limoso; aggregazione poliedrica angolare tendente a prismatica, debole; concrezioni assenti; reazione subacida; rivestimenti scarsi, poco evidenti.

TABELLA 6

Analisi fisiche, chimiche e mineralogiche del profilo S 8
Physical, chemical and mineralogical analyses of the profile S 8

ANALISI FISICHE E CHIMICHE																			
Orizzonte	Profondità Iniziale cm.	Granulometria			pH H ₂ O	CK Organ.	Sost.% Organ.	C.S.C. meq/100 gr	Basi di scambio meq/100 gr				Acidità di scambio meq/100 gr	Saturazione %					
		SK	LX	AX					Ca	Mg	Na	K							
A _p	0	11.0	70.5	18.5	5.5	1.52	2.63	33.6	17.2	2.84	0.13	0.26	13.2	60.7					
B1 _{tg}	20	7.7	66.8	25.5	6.2	0.69	1.19	32.2	15.0	4.52	0.22	0.13	12.3	61.6					
B _{22 tgc}	60	5.3	67.7	27.0	6.0	0.67	1.16	36.6	14.5	5.54	0.42	0.13	16.0	56.2					
II B _{23 tg}	80	7.2	49.8	43.0	6.0	0.63	1.09	42.3	17.0	7.18	1.08	0.13	17.0	59.8					
III C _g	110	7.1	66.0	27.0	6.7	0.65	1.12	52.1	21.2	8.42	1.74	0.13	20.6	60.5					
ELEMENTI IN TRACCIA, MINORI E MAGGIORI																			
Orizzonte	Profondità media cm.	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni	Co	V	Mn	Mo	As	U	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al
A _p	7.5	199.5	27.4	79.8	0.22	107	74.8	10	73	449	0.50	11.4	3.2	1.37	0.90	1.20	0.82	2.95	6.92
B1 _{tg}	40	17.9	17.8	79.6	0.15	100	64.7	8.5	77	413	0.50	9	2.7	1.09	0.77	0.70	0.79	2.63	7.45
B _{22 tgc}	75	24.9	21.8	82.2	0.20	102	82	43	56	2800	1.1	15.5	2.7	1	0.98	0.60	0.50	3.88	5.19
II B _{23 tg}	95	13.9	14.8	62	0.11	120	62	5	41	99	0.69	7.5	2.6	1	0.97	0.50	0.60	2.93	8.51
III C _g	125	23.9	18.9	74.8	0.14	130	65	6	90	174	0.50	14	2.2	1.3	0.76	1	0.89	3.66	8.23
ANALISI MINERALOGICA																			
Campione medio				%				Frazione < 0,002 mm											
Orizzonte	Quarzo	K-Feldspato	Na-Feldspato	Calcite	Smectite	Int. Vermiculite/ Clorite	Clorite	Illite	Kaolinite										
A _p	20	<5	5-10	-	-	-	25	50	25										
B1 _{tg}	20	<5	25	-	-	10	30	40(A)	20										
B _{22 tgc}	15	<5	25	-	-	10	40	40(A)	10										
II B _{23 tg}	15	<5	25	-	-	10	25	40(A)	10										
III C _g	-	-	-	-	20	10	-	40	30										

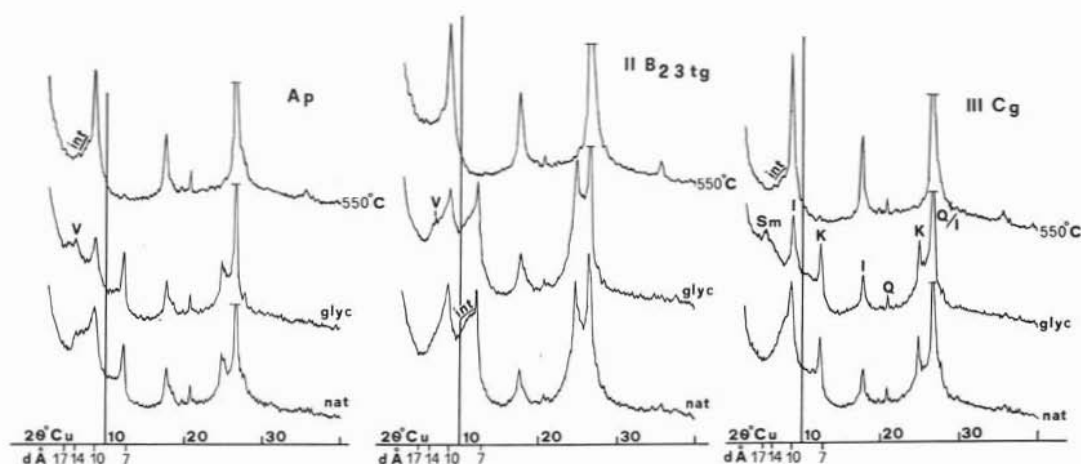


Fig. 6. — Diffrattometria RX in diverse condizioni operative di alcuni orizzonti del suolo S8. V = vermiculite; Sm = smectite; K = caolinite; I = illite; int = interstratificato. — Soil n.° 8. X-rays diffraction patterns under different working conditions of some horizons from soil n.° 10. V = vermiculite; Sm = smectite; K = kaolinite; I = illite; int. = interstratified.

Nella figura 5 sono riportati i tenori degli elementi e della granulometria nonché la rappresentazione schematica del profilo.

Questo profilo si caratterizza, a livello macroscopico, per una marcata pedogenesi, come indicano l'intensa brunificazione, con cenni di rubefazione, l'eluviazione di argilla e dei cationi e la loro redistribuzione negli orizzonti profondi più francamente argillosi. Appaiono evidenti anche processi di mobilitazione del Fe e del Mn per la presenza di falde idriche, con riprecipitazione nell'orizzonte B_{2,3}, ed una duplice discontinuità tessiturale. In superficie, è indicativo lo spessore ridotto dell'Ap, asportato dalla erosione ed in parte compattato.

Le analisi fisico-chimiche confermano la presenza di orizzonti con accumulo di argilla e di cationi (in particolare Fe e Mn nell'orizzonte a concrezioni), cui si aggiungono una notevole acidificazione e desaturazione lungo tutto il profilo.

Le discontinuità sono evidenziate dall'analisi granulometrica e dall'andamento della capacità di scambio e del tasso di saturazione.

L'analisi mineralogica fondamentale mostra una diminuzione del contenuto di quarzo con la profondità, mentre i feldspati sono scarsi lungo tutto il profilo. La calcite è assente, in accordo con il carattere acido del suolo.

La frazione fine è costituita in prevalenza

da illite (che mostra segni di alterazione negli orizzonti B), e subordinatamente da vermiculite e caolinite. Sono presenti anche interstratificati clorite-vermiculite, mentre la clorite è assente, e la smectite compare solo in profondità.

In particolare (fig. 6), l'orizzonte superficiale mostra un elevato grado di alterazione, per la presenza dell'« intergrado » clorite-vermiculite. La degradazione tende ad aumentare verso la profondità, dove compare un intergrado caolinite-smectite.

L'andamento del Fe lungo il profilo mostra un massimo nel B_{2,3} che coincide con un forte arricchimento di Mn. Molti elementi in traccia mostrano nell'orizzonte Ap tenori più elevati rispetto all'orizzonte B_{2,3}. Nel caso del Cu la contaminazione degli orizzonti più superficiali ad opera degli anticrittogammici impiegati in agricoltura risulta molto evidente. C'è da notare comunque che la contaminazione è limitata agli orizzonti più superficiali, a dimostrazione di una limitata mobilità geochimica del rame nei suoli.

Nel caso del Co, As, Pb, Cr, U, Ni le diminuzioni dei tenori nel passaggio dell'orizzonte Ap a B_{2,3} sono più modeste per cui è più difficile attribuire questo comportamento ai processi d'inquinamento o a quelli naturali.

Tenori più elevati di elementi in traccia nell'orizzonte più superficiale sono apparen-

temente in contrasto con l'evoluzione pedogenetica di questo suolo.

È possibile che le oscillazioni della falda idrica abbiano contribuito all'eluizione di alcuni elementi in traccia nell'orizzonte B.

Di un certo interesse appare anche l'andamento del Co e Ni che mostrano uno spiccato incremento nel B_{22ten} in corrispondenza con la riprecipitazione di Fe e Mn in concrezioni.

La discontinuità litologica già evidenziata a livello morfologico e fisico, è confermata a livello chimico dalle variazioni sia di alcuni elementi maggiori che di quelli in traccia.

A livello tassonomico, questo suolo presenta i caratteri tipici di un Alfisuolo con regime di umidità udico, con lunga e notevole evoluzione pedogenetica (Hapludalf) pur non meritando, per difetto di colore, il prefisso « Paleo »; inoltre, per la presenza delle figure di idromorfia lungo tutto il profilo, deve essere definito Aquic Hapludalf.

Suoli sulle alluvioni recenti ed attuali della pianura

In questo ambiente abbiamo prelevato due profili, rappresentativi rispettivamente delle alluvioni più antiche (S 7) e più recenti (S 9).

La descrizione del profilo S 7 è riportata nella tabella 7, mentre i risultati delle analisi mineralogiche, fisiche e chimiche sono riportati nella tabella 8.

Nella figura 7 sono riportati i tenori degli elementi e della granulometria, nonché la rappresentazione schematica del profilo.

Questo profilo è particolarmente complesso. Si tratta infatti di un profilo composto, formato da tre diversi suoli (o relitti di suoli) sviluppatasi uno sopra l'altro, in epoche diverse. Gli orizzonti più profondi sono infatti la risultante di una serie di eventi pedogenetici, legati all'interglaciale ed al cataglaciale.

In un primo tempo si è verificata una intensa pedogenesi dei sedimenti pre-wurmiani con fenomeni di rubefazione ed accumulo di argilla nell'orizzonte III B, che appare leggermente desaturato, e sede di processi di idromorfia legati alla presenza di falde idriche. Successivamente, su questo suolo (alfisuolo) si è depositato un sedimento fine, con i caratteri di una coltre di loess,

come indicato anche da MARCHETTI (1974). Durante il cataglaciale Wurmiano, questo sedimento è stato intensamente pedogenizzato, sviluppando un suolo bruno, profondo, con orizzonte argillico, saturo in basi, con accumulo di carbonati secondari nel II C e tracce di idromorfia nel II B. Queste figure pedologiche sono da correlare a due differenti regimi di umidità del suolo, una temporanea interruzione del flusso di acqua nel profilo durante la stagione più asciutta, e fenomeni di ristagno di acqua durante il periodo umido. Su quest'ultimo suolo sepolto (alfisuolo), nel postglaciale, si è depositato un sedimento fluviale fine, che costituisce il substrato pedogenetico del suolo tuttora utilizzato come seminativo. Questo presenta un profilo ABC con B di alterazione, ad evoluzione moderata. È un suolo profondo, subalcalino.

Le analisi pedologiche, in particolare la distribuzione granulometrica e quella della sostanza organica, confermano le discontinuità espresse a livello macroscopico.

La composizione mineralogica è molto uniforme lungo tutto il profilo, ad eccezione della calcite che nel III B è pressoché assente, come del resto era prevedibile dal pH neutro. Fra i minerali argillosi predominano illite e caolinite, con presenze poco significative di clorite/vermiculite.

Tra i costituenti maggiori, è molto accentuata la variabilità del Ca, legata alla presenza dei carbonati diffusi o in concrezioni.

Molti elementi in traccia mostrano una accentuata diminuzione nel passaggio dall'orizzonte Ap al B, per l'azione « diluente » esercitata dal carbonato di calcio.

Viceversa l'incremento nella parte più profonda, a parte la presenza della discontinuità litologica, è dovuto alla caduta del tenore di CaCO₃.

Le discontinuità riscontrate a livello macroscopico non sembrano avere effetti marcati né sulla composizione mineralogica né sulla distribuzione degli elementi maggiori ed in traccia.

La classificazione di questo profilo composto pone alcuni problemi di ordine metodologico. Volendo riferirsi alla Soil Taxonomy, il cui criterio è quello della valutazione delle capacità di uso dei suoli agricoli e forestali, si dovrebbe limitarsi a classificare il solo profilo superficiale, che rientra negli

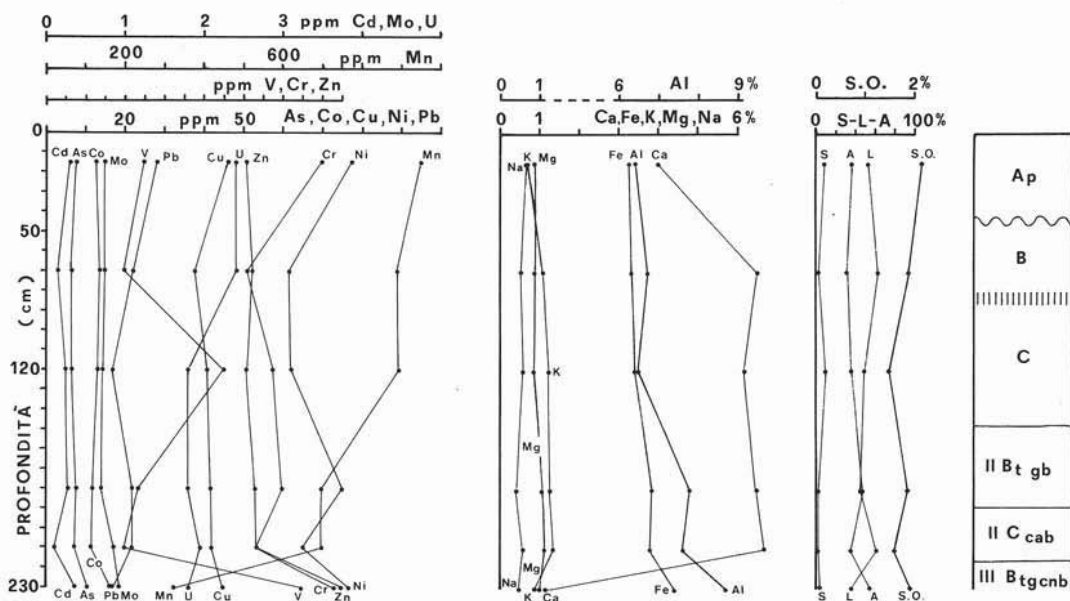


Fig. 7. — Suolo n.° 7. Andamento schematico del profilo e distribuzione degli elementi in traccia, minori e maggiori, della sostanza organica e delle frazioni granulometriche (sabbia, limo, argilla). — Soil n.° 7. Distribution of major, minor, trace elements, organic matter and granulometric fractions (sand, silt, clay) along the profile.

TABELLA 7

Descrizione del profilo S7 — Description of the profile S7

LOCALITÀ: CADEO (PC)

QUOTA: m 67

MORFOLOGIA: superficie sub-pianeggiante

USO DEL SUOLO: coltivato a grano

PIETROSITÀ: assente

DRENAGGIO: rallentato

SUBSTRATO PEDOGENETICO: alluvioni argilloso-limose post-wurmiane

DESCRIZIONE: C. Bini, N. Filippi, 25-11-1982

CLASSIFICAZIONE: (U.S.D.A., 1975): *Fluventic Eutrochrept* su paleosuolo sepolto

- Ap : cm 0-42/44. Bruno scuro grigiastro (2,5 y 4/3) franco limoso argilloso; struttura poliedrica subangolare media e fine, evidente; pori comuni; umido, adesivo; scheletro e concrezioni assenti; reazione alcalina forte; rivestimenti assenti; radici erbacee comuni.
- B : cm 42/44-80. Bruno oliva (2,5 y 4/4) con screziature deboli; franco limoso argilloso; struttura poliedrica angolare media, debole; pori comuni; umido, adesivo; scheletro e concrezioni assenti; reazione alcalina violenta; rivestimenti assenti; radici scarse.
- C : cm 80-148. Bruno oliva (2,5 y 4/4); screziature deboli; franco limoso argilloso; struttura poliedrica subangolare grossolana, poco evidente; pori scarsi; umido, adesivo; scheletro e concrezioni assenti; reazione alcalina violenta; rivestimenti assenti.
- II Btgb : cm 148-188. Bruno grigio (2,5 y 5/2) con screziature giallo oliva (2,5 y 6/6); argilloso limoso; struttura prismatica media, debole; pori assenti; plastico, molto adesivo; scheletro e concrezioni assenti, reazione subalcalina; rivestimenti scarsi.
- II Ccab : cm 188-215. Bruno oliva (2,5 y 4/4) con screziature giallo oliva (2,5 y 6/6); franco limoso argilloso; struttura poliedrica angolare, debole; plastico, adesivo; scheletro assente; concrezioni Ca-CO₃ comuni, piccole e medie, dure; reazione subalcalina; rivestimenti assenti.
- III Bt gcnb : oltre 215 cm. Bruno argillastro (10 y R 5/4) con screziature giallo rossastro (8,75 y R 6/6) e laccature di manganese bruno (10 y R 5/3); argilloso; struttura prismatica fine e media, evidente; molto plastico ed adesivo; scheletro assente; concrezioni Fe-Mn abbondanti; reazione subalcalina; rivestimenti abbondanti, evidenti; facce di pressione abbondanti.

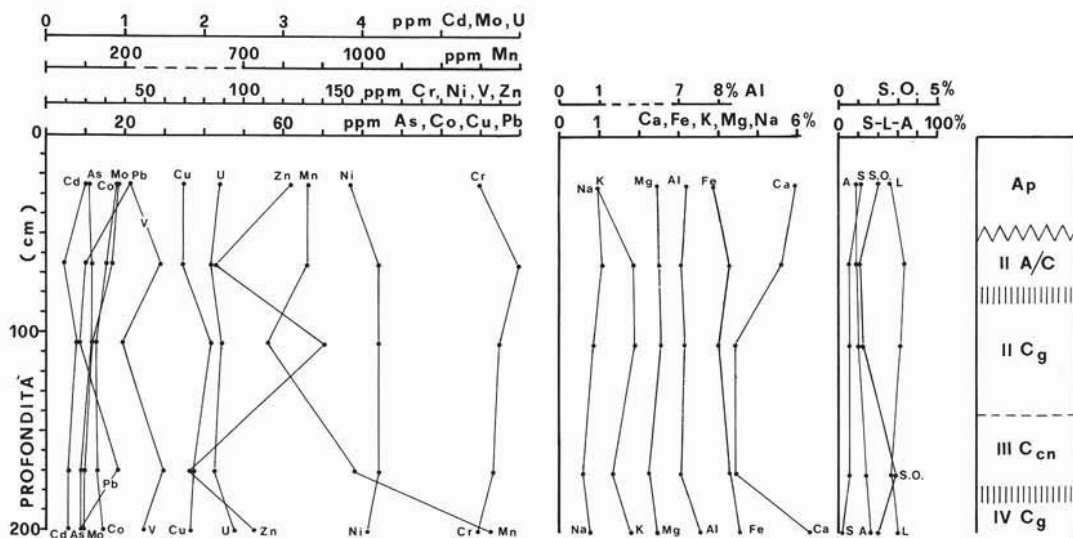


Fig. 8. — Suolo n.° 9. Andamento schematico del profilo con distribuzione degli elementi in traccia, minori e maggiori, della sostanza organica e delle frazioni granulometriche (sabbia, limo, argilla). — Distribution of major, minor, trace elements, organic matter and granulometric fractions (sand, silt, clay) along the profile.

TABELLA 8

Analisi fisiche, chimiche e mineralogiche del profilo S7
Physical, chemical and mineralogical analyses of the profile S7

ANALISI FISICHE E CHIMICHE																			
Orizzonte	Profondità Iniziale cm.	Granulometria			pH H ₂ O	C% Organ.	Sost.% Organ.	C.S.C. meq/100 gr	Basi di scambio meq/100 gr				Acidità di scambio meq/100 gr	Saturazione	CaCO ₃ %				
		S%	L%	A%					Ca	Mg	Na	K							
A _p	0	8.3	53.9	37.7	7.5	1.24	2.15	25.7	23.5	1.32	0.13	0.76	-	100	7.9				
B	42/44	5.2	62.8	32	8.0	1.09	1.89	38.8	37.2	1.10	0.13	0.38	-	100	16.8				
C	80	11.0	51.5	37.5	8.0	0.90	1.56	38.2	36.0	1.76	0.15	0.38	-	100	15.9				
II B _{t gb}	148	3.9	46.8	49.2	7.5	1.09	1.89	31.7	28.5	2.62	0.15	0.50	-	100	15.2				
II C _{cab}	188	0.82	62.9	36.2	7.8	0.99	1.71	37.8	34.7	2.58	0.13	0.38	-	100	16.4				
III B _{tg cnb}	215	3.9	38.3	57.7	7.0	1.14	1.97	23.4	15.0	4.92	0.17	0.50	2.80	88.2	1.1				
ELEMENTI IN TRACCIA, MINORI E MAGGIORI																			
Orizzonte	Profondità media cm.	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni	Co	V	Mn	Mo	As	U	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al
A _p	15	46	28	102	0.33	135	77	12.5	50	949	0.75	7.2	2.4	0.69	0.72	4	0.82	3.25	6.44
B	57.5	37.6	22	104	0.23	102	61.8	13.8	38.6	891	0.74	6.2	2.4	0.62	1.09	6.53	0.86	3.34	6.73
C	120	40.8	17.3	102	0.19	115	62	13.4	89.6	896	0.70	6.3	1.8	0.60	1.24	6.17	0.86	3.38	6.47
II B _{t gb}	175	41.8	21.8	107	0.22	120	74.6	11.7	46.8	696	0.70	7.8	1.8	0.43	1.24	6.47	1.05	3.82	7.81
II C _{cab}	205	41.8	21.8	107	0.21	107	64.7	11.4	38.8	697	0.80	7.2	1.95	0.58	1.34	6.67	1.06	3.76	7.65
III B _{tg cnb}	225	44.8	16.8	150	0.16	147	77	16.4	129	323	0.85	10	1.8	0.50	0.95	1.19	0.98	4.38	8.70
ANALISI MINERALOGICA																			
Orizzonte	Campione medio				%				Frazione <0,002 mm				Kaolinite						
	Quarzo	K-Feldspato	Na-Feldspato	Calcite	Smectite	Int.Vermiculite/ Clorite	Clorite	Illite											
A _p	10	p	<5	5	-	10	p	50	40										
B	8	p	2	10	-	10	p	50	40										
C	8	p	2	10	-	10	p	50	40										
II B _{t gb}	8	p	2	10	-	10	p	50	40										
II C _{cab}	8	p	2	10	-	10	p	50	40										
III B _{tg cnb}	8	p	2	p	-	10	p	50	40										

inceptisuoli, ed in particolare, essendo derivato da un deposito alluvionale ed essendo saturo e con epipedon «ochric» è un *Fluventic Eutrochrept*.

Volendo sottolineare il significato diagnostico e pedostratigrafico dei suoli sepolti, dovremmo viceversa trascurare il suolo più superficiale, attribuendolo a fenomeni di colluvium superficiale, e definire il profilo, dai caratteri degli orizzonti sepolti, un *Thapto Aquic Hapludalf* (il prefisso Thapto indica un suolo sepolto da materiale di apporto recente).

Indichiamo come valide entrambe le classificazioni, lasciando agli interessati la scelta di maggiore congruità.

Un secondo profilo, scavato sulle alluvioni attuali, è descritto nella tabella 9 (profilo S 9). Le relative analisi pedologiche, chimiche e mineralogiche sono riportate nella tabella 10.

Nella figura 8 sono riportati i tenori degli elementi e della granulometria, nonché la rappresentazione schematica del profilo.

Il profilo, scavato presso l'argine del Po, presenta scarsa differenziazione in orizzonti e non ha elementi morfologici caratterizzanti: la pedogenesi, impostatasi recentemente, non ha avuto modo di manifestare figure pedologiche di rilievo, se si esclude l'idromorfia che caratterizza pressochè tutto il profilo. Questo, nella sua parte inferiore, presenta una doppia discontinuità, evidenziata dal colore, dalla tessitura e dalle figure legate all'idromorfia.

Tale discontinuità è messa in evidenza dalle analisi fisico-chimiche: la granulometria ed il tenore di sostanza organica in particolare sono buoni indicatori dei diversi eventi sedimentari che si sono succeduti.

La composizione mineralogica mostra un incremento di calcite negli orizzonti più profondi; il quarzo ha invece un andamento inverso. La distribuzione dei fillosilicati si mantiene pressochè costante lungo il profilo: predomina l'illite, con subordinata clorite e presenza di caolinite, smectite ed interstratificati.

Gli elementi maggiori mostrano delle variazioni che sono in relazione principalmente con le discontinuità litologiche già segnalate.

La distribuzione degli elementi in traccia è in generale piuttosto uniforme, se si eccettuano Pb, V, Zn, Mn, la cui variabilità non

sempre è attribuibile alle diverse condizioni di pH-Eh o al ruolo della sostanza organica.

A livello tassonomico, trattandosi di un suolo privo di orizzonti diagnostici, sviluppatosi su sedimenti fluviali attuali, in regime udico e con frequenti ristagni di acqua, secondo la Soil Taxonomy può essere definito un Aquic Udipluvant.

Conclusioni

Alla luce delle osservazioni pedologiche e delle analisi effettuate, possiamo trarre le seguenti conclusioni.

Se l'attribuzione delle differenti superfici morfologiche esaminate ai periodi glaciali indicati da MARCHETTI (1974) è corretta, si può verosimilmente ipotizzare che queste superfici, nei periodi interglaciali — e nel cataglaciale wurmiano — siano state pedogenizzate, ciascuna in maniera differente, in funzione del tempo. Le superfici più vecchie, di età rissiana, hanno subito una pedogenesi principale di elevata intensità, con forte rubefazione di tutti gli orizzonti (ed in particolare del B), formazione di un orizzonte argillico, decarbonatazione e notevole desaturazione in basi. In particolare, nonostante l'abbondanza di minerali 2-1, la presenza di kaolinite fra i minerali argillosi di neogenesi consente di attribuire la pedogenesi di questo suolo alla facies mineralogica della « bisiallitizzazione antica » (PEDRO, 1968), che MAGALDI (1979) attribuisce appunto all'interglaciale Riss-Wurm.

Applicando lo stesso criterio alle superfici riconosciute come wurmiane, ne risultano suoli evolutisi a decorrere dal cataglaciale wurmiano, in un clima più umido e forse più fresco (MANCINI, 1962) del precedente interglaciale, come indicherebbero le distinte tracce di idromorfia (screziature e concrezioni di Fe-Mn) nell'orizzonte argillico.

Anche il minore arrossamento degli orizzonti e la minore desaturazione confermano una pedogenesi meno spinta rispetto al precedente interglaciale. La facies mineralogica dominante è ancora quella a tre strati (illite-vermiculite), legata alla bisiallitizzazione recente caratteristica del cataglaciale wurmiano (MAGALDI, 1979).

Le superfici attribuibili ai cicli fluviali più recenti (olocenici) presentano ovviamente caratteri di pedogenesi meno marcata: assenza

TABELLA 9

Descrizione del profilo S 9 — Description of the profile S 9

LOCALITÀ: SARMATO-CASINO BOSCHI (PC)

QUOTA: m 53

MORFOLOGIA: depressione sub-pianeggiante

USO DEL SUOLO: seminativo a riposo

PETROSITÀ: assente

DRENAGGIO: rallentato

SUBSTRATO PEDOGENETICO: alluvioni attuali del Po, prevalentemente argilloso-limose

DESCRIZIONE: C. Bini, N. Filippi, 26-11-1982

CLASSIFICAZIONE: (U.S.D.A., 1975): *Aquic Udifluent*

- Ap : cm 0-45. Bruno grigio scuro (2,5 y 4/2); franco limoso; bagnato, plastico; aggregazione poliedrica subangolare debole; poco evidente; scheletro e concrezioni assenti; reazione alcalina forte; radici erbacee comuni.
- II A/C : cm 45-75/80 (graduale). Bruno grigio (2,5 y 5/3) con screziature deboli; franco limoso; molto umido; plastico; aggregazione poliedrica subangolare debole; scheletro e concrezioni assenti; reazione alcalina violenta; attività biologica intensa.
- II C_g : cm 75/140. Bruno grigio (2,5 y 5/3) con screziature grigie (5 G 5/1) comuni e spalmature bruno rossastro scuro (5 y R 3/4); franco-limoso; molto umido; plastico; aggregazione poliedrica subangolare debole; scheletro a concrezioni assenti; reazione alcalina violenta.
- III C_{cn} : cm 140-180. Grigio (2,5 y 6/1); screziature bruno rossastre (5 y R 4/4), in vecchi canali di radici; franco limoso argilloso; molto umido; plastico; aggregazione poliedrica molto debole; concrezioni Fe-Mn abbondanti, dure e soffici; reazione alcalina.
- IV C_c : cm 180-220 ed oltre (falda presente). Grigio (5 G 5/1) con screziature bruno rossastre (5 y R 4/4) su vecchi canali di radici; franco limoso argilloso; bagnato, pseudocoerente; concrezioni assenti; reazione alcalina violenta; gusci di molluschi e resti di sostanza organica poco decomposta.

TABELLA 10

Analisi fisiche, chimiche e mineralogiche del profilo S 9
Physical, chemical and mineralogical analyses of the profile S 9

ANALISI FISICHE E CHIMICHE

Orizzonte	Profondità Iniziale cm.	Granulometria			pH H ₂ O	C% Organ.	Sost.% Organ.	C.S.C. meq/100 gr	Basi di scambio meq/100 gr				Acidità di scambio meq/100 gr	Saturazione %	CaCO ₃ %
		%	L%	A%					Ca	Mg	Na	K			
A _p	0	25.3	54.4	20.2	7.2	1.21	2.09	27.1	23.5	1.44	0.86	1.28	—	100	11.9
II A/C	45	12.7	68.6	18.7	8.0	0.66	1.14	28.6	24.7	1.44	0.13	2.30	—	100	10.9
II C _g	75/80	12.8	65.9	21.2	7.7	0.75	1.30	22.9	18.5	1.39	0.86	2.18	—	100	10.7
III C _{cn}	140	13.5	57.3	29.2	7.7	1.63	2.82	29.4	22.2	3.28	0.17	3.70	—	100	15.7
IV C _g	180	6.4	60.6	33	8.4	1.23	2.13	32.4	28.5	3.24	0.26	0.38	—	100	13.9

ELEMENTI IN TRACCIA, MINORI E MAGGIORI

Orizzonte	Profondità media cm.	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni	Co	V	Mn	Mo	As	U	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al									
																			ppm				%					
A _p	25	35	22	124	0.34	220	154	18.4	41	869	0.94	11	2.2	0.94	0.94	5.3	2.41	3.81	7.13									
II A/C	65	35	10.5	86	0.27	240	169	16	59	865	0.85	12	2.1	1.1	1.9	5.6	2.51	4.30	7.03									
II C _g	110	42	8.5	142	0.27	230	170	13	40	765	0.60	12	2.2	0.85	1.9	4.4	2.55	4.09	7.51									
III C _{cn}	160	38	19	74	0.27	228	169	13	60	992	0.50	9.5	2.1	0.61	1.4	4.5	2.26	4.33	7.02									
IV C _g	210	37	9	107	0.27	220	164	15	50	1325	0.50	9.1	2.4	0.79	1.8	6.3	2.44	4.56	7.51									

ANALISI MINERALOGICA

Orizzonte	Campione medio				%	Frazione < 0,002 mm				
	Quarzo	K-Feldspato	Na-Feldspato	Calcite		Smectite	Interstratificato	Clorite	Illite	Kaolinite
A _p	10	<5	<5	7		p	p	20	70	10
II A/C	10	<5	<5	7		5	5	25	60	10
II C _g	10	<5	<5	7		5	5	20	60	10
III C _{cn}	8	—	<5	10		5-10	5	25	60	10
IV C _g	8	—	<5	10		5-10	5	20	60	10

TABELLA 11

Correlazione fra unità di paesaggio, caratteri ed evoluzione del suolo nella pianura Padana occidentale — Correlation scheme among landscape units, pedologic characters and soil evolution in the western part of the Padana plain

ETA' DELLA SUPERFICIE	ETA' DELLA PEDOGENESI	FACIES MINERALOGICA	TIPO DI SUOLO (USDA, 1975)	CARATTERI PEDOLOGICI		CONCLUSIONI PEDOGENETICHE
				MORFOLOGICI	ANALITICI	
RISS	R-W	Bisiallitizzazione antica	Paleudalf	Sviluppo evidente di un B con accumulo di argilla ed evidenti fenomeni di idromorfia. Intensa rubefazione.	Reazione acida; media capacità di scambio; notevole desaturazione; generale impoverimento superficiale in elementi e concentrazione nel R.	Lunga evoluzione del suolo con fenomeni di alterazione molto intensi, in condizioni climatiche più calde ed umide delle attuali.
WURM	cataglaciale Wurm	Bisiallitizzazione antica	Hapludalf	Sviluppo evidente di un B con accumulo di argilla e vistosi fenomeni di idromorfia. Rubefazione meno forte che nel precedente	Reazione subacida. Buona capacità di scambio; desaturazione notevole ma minore del precedente.	Fenomeni di alterazione intensi, in condizioni climatiche più umide delle attuali. Viene favorita la formazione di orizzonti a drenaggio impedito.
OLOCENE antico	post-glaciale recente	Bisiallitizzazione recente	Eutrochrept	Accentuata brunificazione. Sviluppo di un B di alterazione da un substrato derivato da paleosuolo (bisequenza)	Reazione subalcalina. Capacità di scambio media. Abbondanza di carbonati. Saturazione in basi.	Suolo ad evoluzione moderata sviluppatosi in condizioni climatiche come le attuali su un preesistente paleosuolo di probabile età R-W (paleudalf). Bisequenza.
OLOCENE attuale	attuale	Bisiallitizzazione recente/attuale	Udifluvent	Scarsa differenziazione in orizzonti. Fenomeni di idromorfia nel substrato.	Reazione subalcalina. Capacità di scambio media. Abbondanza di carbonati. Saturazione in basi.	Suolo scarsamente evoluto, sviluppatosi nelle condizioni climatiche attuali.

di arrossamenti lungo tutto il profilo, presenza di carbonati e saturazione in basi.

La specie mineralogica dominante è rappresentata dalla illite, corrispondente alla facies della bisiallitizzazione recente/attuale di MAGALDI (1979). Questo episodio di pedogenesi si innesta su due precedenti episodi verificatisi in condizioni climatiche diverse da quelle attuali (interglaciale R-W e cataglaciale), come indicano l'illuviazione di argilla (or. II B), l'accumulo di carbonati alla base della sequenza (II C), la rubefazione e l'accumulo di argilla nel deposito più vecchio (III B), determinando una duplice bisequenza, analogamente a quanto segnalato da FERRARI e MAGALDI (1968) in una zona limitrofa a quella in studio.

La tabella 11 sintetizza le correlazioni fra unità di paesaggio, caratteri ed evoluzione del suolo nella pianura Padana occidentale.

Un discorso diverso occorre fare per le superfici di versante che raccordano l'alta pianura con i rilievi appenninici. In questo ambiente, per la scarsa stabilità, legata sia

alla natura mineralogica del substrato, sia all'intervento antropico, il suolo è in continuo ringiovanimento a causa della ricorrente erosione e del rimescolamento degli orizzonti (pedoturbazione). La specie mineralogica dominante è ancora quella a tre strati, di facies recente/attuale, spesso con elementi ereditati dalla roccia madre. In queste condizioni la pedogenesi progredisce molto lentamente e l'evoluzione del suolo è scarsa.

L'analisi mineralogica e geochimica conferma le differenziazioni pedologiche riscontrate tra i differenti profili e tra gli orizzonti di ciascun profilo.

La distribuzione degli elementi maggiori, minori ed in traccia ha permesso di evidenziare alcuni processi responsabili della mobilitazione o precipitazione degli elementi studiati.

Tra i suoli più evoluti, lo S 10 è quello che meglio ha evidenziato il processo di lisciviazione degli orizzonti superficiali con accumulo degli elementi nel B.

I suoli che si sviluppano sulle argille plio-pleistoceniche sono quelli che mostrano maggiore uniformità nella distribuzione degli elementi, in concordanza con la omogeneità mineralogica e la limitata pedogenesi.

I tenori degli elementi in traccia risultano nei limiti dei valori normali per i tipi litologici interessati alla pedogenesi.

Anche per quanto riguarda i tenori di V non è stata osservata una alterazione dei valori normali legata alla emissione aeriforme delle centrali termoelettriche.

Nel profilo S8 i tenori di Cu sono da attribuire alla contaminazione dovuta all'uso

degli anticrittogamici in agricoltura. La presenza di tenori decisamente anormali limitati all'orizzonte Ap denota una scarsa mobilità del Cu lungo il profilo.

I tenori di Ni e Cr sono risultati ben correlati nei profili esaminati a conferma della loro associazione agli stessi minerali e a processi geochimici.

Ringraziamenti. — Ringraziamo il Dr. N. FILIPPI del Servizio Cartografico della Regione Emilia Romagna, per averci guidato nelle escursioni in campagna, e per le proficue discussioni.

Lavoro svolto nell'ambito del Progetto Finalizzato Energetica, Sottoprogetto: Ambiente e Salute.

BIBLIOGRAFIA

- ARDUINO E. et al. (1977) - *Studio di un profilo di suolo della zona barragiva piemontese (Comune di Lenta, Vercelli)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, XII, II.
- AA.VV. (1983) - *Caratteristiche pedologiche e chimico-fisiche dei suoli del comune di Ostiglia (MN)*. Pitagora Editore, Bologna, pp. 183.
- BINI C., DALL'AGLIO M., GRAGNANI V. (1982) - *Distribuzione e circolazione degli elementi in in traccia nei suoli. Studio di una zona agricola del Chianti*. Rend. SIMP, 38 (2), 803-816.
- BINI C., FERRETTI O., GHIARA E., GRAGNANI R. (1983) - *Distribuzione e circolazione degli elementi in traccia nei suoli. Suoli della Regione Puglia*. Rend. SIMP, 39 (1), 281-296.
- BINI C., GHIARA E., GRAGNANI R. (1984) - *Distribuzione e circolazione degli elementi in traccia nei suoli. Pedologia e geochimica di una toposequenza sul versante occidentale della Cima Verdana (Gruppo del Cevedale, Alto Adige)*. Rend. SIMP, 39, 555-566.
- FELICE G. et al. (1984) - *Mineralogical characteristics of the fine fraction of soils from the Emilia-Romagna region, Northern Italy*. Trans. 1st Italian-Spanish Congress, Seiano (NA).
- FERRARI G.A., MAGALDI D. (1968) - *I paleosuoli di Collecchio (PR) ed il loro significato*. L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia, 4, 2, 57-92.
- FRANCANI V., PREVITALI F. (1983) - *Caratteristiche tecniche e pedologiche dei suoli dei terrazzi ferrizzati della Lombardia: il terrazzo di Morazzone (VA)*. Costruzioni, 32, n. 330.
- GRUPPO RICERCA GEOMORFOLOGICA DEL C.N.R. (1982) - *Geomorfologia del territorio di Febbio tra il M. Cusna ed il F. Secchia (Appennino Emiliano)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 5, 2, 325-342.
- MAGALDI D. (1979) - *Paleosuoli e stratigrafia del Quaternario continentale*. L'Ateneo Parmense, 15, 159-161.
- MANCINI F. (1962) - *Le variazioni climatiche in Italia dalla fine del Riss all'Olocene*. Boll. Soc. Geol. It., 81, 1.
- MARCHETTI G. (1974) - *Studi geomorfologici in rapporto alla neotettonica nella fascia pedecollinare piacentina: prime osservazioni sull'area compresa tra il T. Nure ed il F. Trebbia*. Studi Trentini di Sc. Nat., Sez. 1, 51, 2, 193-212.
- MARCHETTI G., PAPANI G., PETRUCCI F. (1975) - *Gruppo di studio del Quaternario padano: escursione del 14-16 ottobre 1975 sulla fascia pedecollinare dell'Appennino emiliano occidentale*. L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia, 11, 4, 721-738.
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1971) - *Carta geologica d'Italia*, Fogli 60, 72, 73, con note illustrative. Ist. Poligrafico dello Stato, Roma.
- PEDRO G. (1968) - *Distribution des principaux types d'alteration chimique à la surface du globe: presentation d'une esquisse géographique*. Rev. Geogr. Phys. et Geo. Dyn., 10, 457-470.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA (1979) - *Carta pedologica: fattori pedogenetici e associazioni di suoli in Emilia-Romagna*. Pitagora Ed., Bologna.
- UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE - Soil Conservation Service (1975) - *Soil Taxonomy*. Agric. Handbook n. 436, Baltimore, U.S.A.