

## CONFRONTO TRA INFORMAZIONI GEOLOGICHE E PEDOLOGICHE SUL CONOIDE DEL CELLINA (FRIULI, ITALIA)

R. Avigliano<sup>1</sup>, G. Monegato<sup>1</sup>, S. Zanolla<sup>2</sup>, G. Michelutti<sup>2</sup> & P. Mozzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Università degli studi di Udine, Dipartimento di Georisorse e Territorio

<sup>2</sup>ERSA, Ente Regionale per lo Sviluppo e la Promozione dell'Agricoltura del Friuli-Venezia Giulia, Ufficio del Suolo

<sup>3</sup>Università degli studi di Padova, Dipartimento di Geografia

### RIASSUNTO

Su un conoide terrazzato sono state analizzate le caratteristiche dei suoli sviluppati su ordini di terrazzi attribuibili ad età diverse, sui quali è stata testata l'applicabilità degli indici chimici proposti in letteratura per la datazione relativa dei suoli.

I depositi alluvionali del conoide del Cellina sono costituiti esclusivamente da clasti di rocce sedimentarie con prevalenza di litotipi calcareo-dolomitici rispetto a quelli terrigeni; l'evoluzione geomorfologica è stata influenzata sia dal contesto tettonico, sia dalle variazioni nel tempo dei fattori che controllano il regime delle portate solide e liquide del corso d'acqua.

Sono stati confrontati sette suoli rappresentativi ubicati sulla superficie del conoide ed un suolo sepolto rinvenuto in prossimità dell'alveo attuale sotto una coltre sedimentaria di circa 30 m. Il grado di pedogenesi dei suoli ed una stima sommaria della loro età sono stati valutati anche utilizzando due indici relativi alle diverse forme di ferro presenti, estratte in ossalato e ditionito-citrato: l'AIR (Feo/Fed) e l'Arduino ((Fed-Feo)/Fetot). Il rapporto fra forme di ferro libero ed il ferro totale non ha tuttavia portato ad una migliore comprensione della cronostratigrafia dei corpi sedimentari, in quanto nella peculiarità sedimentologica di questo ambiente il ferro totale misurato sulla terra fine rappresenta già una concentrazione residuale dovuta all'alterazione, come viene evidenziato sia dal suo aumentare con l'età presunta, sia dal suo diminuire negli orizzonti non pedogenizzati.

### SUMMARY

Seven soils located on terraces of different ages of an alluvial fan in north-eastern Italy have been compared in terms of their morphology and degree of development. Alluvial deposits deriving from calcareous-dolomitic rocks, with subordinated terrigenous rocks, always represent the parent material. There are no crystalline rocks outcrops in the mountain basin. The geomorphological evolution of the alluvial fan has been strictly controlled both by the still active tectonics of the area and by the long-term variability of climatic factors. One (Profile F) is located on the Holocene fan and presents a low degree of development, two, profiles C and E, are on the main surface of the Pleistocene fan, dated  $10530 \pm 100$  yBP, conventional 14C age. The different degree of development is probably due to the difference in parent material, very coarse gravel with boulders in profile C, gravel in profile E. Profile D is on a higher terrace, but is similar to those on the main surface. Profiles G and B are located on small portions of terraces, probably in a tectonics-affected position, at the very border of the alluvial plain. Profile H is a buried soil, outcropping under a 30m thick gravel deposit.

Extractable iron ratios have also been considered in order to determine whether they are affected by their relative ages. Free iron-oxide/Total-iron ratios, according to the AIR and Arduino methods, gave unattended results. It has not been possible to recognise a trend with the increasing age and the range of values obtained is much greater than those known by literature. A possible explanation is in the peculiar characteristics of the area, where even the content of total-iron alone offers a trend of development, as can be evinced by its increasing with relative age and decreasing with depth.

Parole chiave: Ferro libero; Geologia del Quaternario; Conoide alluvionale; Torrente Cellina; Friuli

Key-words: Free Iron; Quaternary geology; Alluvial fan; Cellina River; Friuli

## 1. INTRODUZIONE

In geologia per l'analisi stratigrafica dei depositi quaternari continentali vengono sempre più diffusamente utilizzate le **unità allostratigrafiche** ("Corpi di rocce sedimentarie cartografabili, definiti e identificati sulla base delle discontinuità che li delimitano", North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983).

Le discontinuità che delimitano i corpi sedimentari possono essere di varia natura, in ogni caso rappresentano lacune temporali (mancata sedimentazione per periodi di tempo più o meno lunghi) e/o sedimentarie (superfici erosive). I corpi geologici compresi tra discontinuità di rango superiore e con estensione regionale di regola appartengono a cicli sedimentari che possono essere legati a importanti variazioni climatiche e a particolari fasi di evoluzione tettonica dell'area.

Nelle serie sedimentarie di ambiente continentale il rango gerarchico tra le discontinuità, superficiali o sepolte, legate a lacune temporali dipende dalla durata del periodo di mancata sedimentazione e dalla loro estensione, esso è quindi intimamente connesso alle caratteristiche dei suoli che possono essere ad esse associati.

Da questa premessa diventa evidente che l'analisi di suoli superficiali e sepolti fornisce indicazioni importanti per definire la gerarchia e l'estensione delle discontinuità, nonché la geometria dei corpi sedimentari.

Per quanto riguarda i corpi sedimentari superficiali affioranti, la loro età relativa è ricavata prevalentemente da evidenze geomorfologiche, stratigrafiche e dal grado di alterazione pedogenetica delle loro superfici limite superiori. Nel caso in cui le superfici pedogenizzate siano svincolate dal contesto geomorfologico e stratigrafico originario (lembi isolati di terrazzi fluviali, evidenze

sporadiche di suoli sepolti), diventa di fondamentale importanza la correlazione tra suoli osservati in contesti diversi per la ricostruzione delle morfologie originali e dei rapporti tra i corpi sedimentari.

In questo lavoro si analizzano alcuni suoli, sia superficiali che sepolti, sviluppatasi su depositi alluvionali del Torrente Cellina (alta pianura pordenonese) tentando di confrontare le osservazioni pedologiche "di routine" effettuate nel corso di un rilevamento finalizzato alla cartografia dei suoli, con le caratteristiche chimiche dei suoli e con dati di tipo geomorfologico e geologico stratigrafico. Per alcuni suoli il ritrovamento di sedimenti organici vegetali ha consentito di definire l'età <sup>14</sup>C convenzionale dei depositi sui quali si sono sviluppati, per altri non si hanno elementi di datazione dei depositi per cui si fa riferimento solo ad una cronologia relativa. Oltre all'osservazione delle caratteristiche morfologiche dei suoli, si è voluto testare l'applicabilità all'ambiente in esame degli indici chimici proposti in letteratura per la datazione relativa dei suoli. In pratica questi indici si propongono di confrontare il contenuto di ferro libero con il ferro totale, dove il primo costituisce il ferro liberato dalla pedogenesi ed il secondo l'ammontare fra que-

sto e quello legato al reticolo dei silicati.

Questo approccio interdisciplinare è stato possibile grazie alla collaborazione tra il Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università di Udine e l'ERSA del Friuli-Venezia Giulia nell'ambito dei rispettivi progetti CARG FVG (nuova cartografia geologica nazionale in FVG) e SoLS (Banca Dati georeferenziata dei suoli della pianura e delle colline del FVG), con la partecipazione del Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il conoide alluvionale del Torrente Cellina è originato dalle divagazioni del corso d'acqua al suo sbocco nella pianura veneto friulana. Esso si sviluppa al limite tra le Prealpi Carniche pordenonesi, nelle quali si espande il suo bacino imbrifero, e la pianura prospiciente il Mare Adriatico (Fig.1).

L'evoluzione geomorfologica del conoide su ambiti temporali medio-lunghi è presumibilmente influenzata

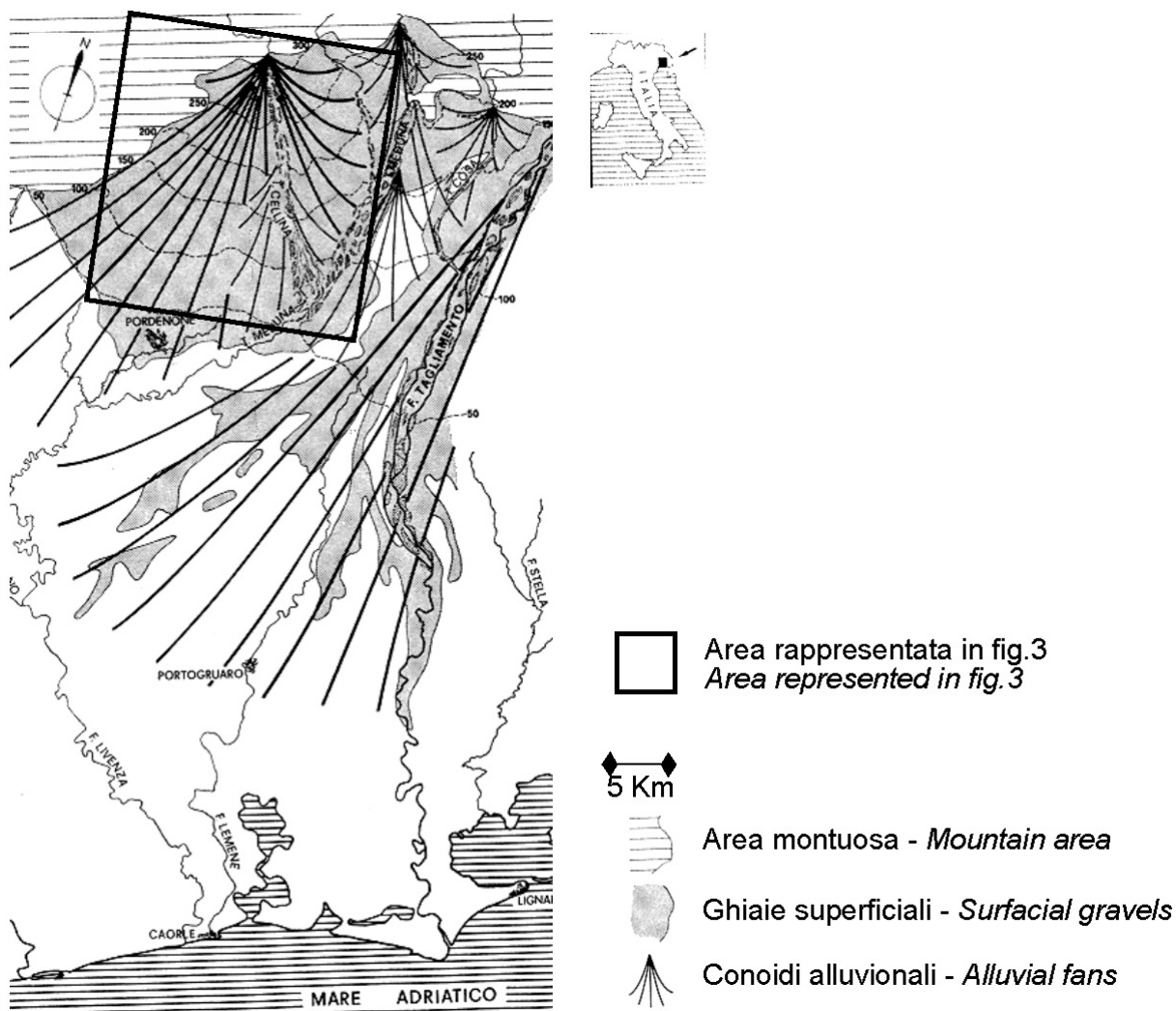


Fig. 1 - Schema geomorfologico della pianura Friulana occidentale (da Stefanini & Cucchi, 1978, mod.).  
 Geomorphological sketch of the western Friuli plain (from Stefanini & Cucchi, 1978, mod.).

da un lato dal generale contesto tettonico in cui è inserito, dall'altro dalle variazioni nel tempo dei fattori prevalentemente climatici che hanno controllato il regime delle portate solide e liquide del corso d'acqua.

Il margine meridionale dei rilievi alpini assume qui un andamento NE-SW, condizionato dalla presenza di importanti strutture tettoniche di uguale direzione. Il sollevamento di questa porzione di catena ha fatto sì che in pianura, già in prossimità dell'apice del conoide, i depositi alluvionali che ricoprono il substrato prequaternario posto ai piedi del thrust abbiano spessori di alcune centinaia di metri e che lembi di depositi fluviali siano rimasti isolati sui versanti dei rilievi prospicienti la pianura. A due di questi lembi si riferiscono i **profili B** (Terrazzo di Aviano) e **G** (Terrazzo di Maniago libero) sospesi rispettivamente di circa 10 e 30 m sulla superficie del conoide tardo-pleistocenico (Comel, 1956; Avigliano *et al.*, 2001). Le superfici di questi terrazzi possono aver subito, nel tempo, un rimodellamento anche molto spinto; tuttavia i suoli sviluppatisi su di essi sono decisamente più evoluti rispetto a quelli del conoide più recente e eventuali superfici a loro omologhe in pianura vanno ricercate all'interno del materasso alluvionale.

I depositi alluvionali recenti e antichi osservati nella zona apicale del conoide sono simili, trattandosi prevalentemente di ghiaie a ciottoli e blocchi clasto-sostenuti con matrice sabbiosa, massive o a stratificazione grossolana, che possono essere cementati nel caso dei sedimenti più antichi. Verso l'unghia del conoide diminuiscono gradualmente le dimensioni dei clasti, i depositi sono sciolti, meglio classati ed assumono una stratificazione orizzontale e inclinata ben definita fino a diventare comune la presenza di corpi prevalentemente

sabbiosi.

La litologia dei depositi alluvionali costituenti il conoide riflette quella delle rocce affioranti nel bacino montano del Cellina che sono esclusivamente sedimentarie con netta prevalenza delle calcareo dolomitiche sulle terrigene, mentre mancano totalmente le rocce cristalline.

Il conoide del Cellina risulta formato da un "conoide principale", costituito da un insieme di costruzioni coalescenti aventi apice comune. La superficie del conoide è rimasta in evoluzione almeno fino al termine del Pleistocene superiore come sembrano confermare alcune datazioni radiometriche effettuate con il metodo del radiocarbonio su sedimenti organici campionati in prossimità di essa (*Maniago*:  $11850 \pm 110$  yBP; *Basaldella di Vivaro*:  $10530 \pm 100$  yBP - età  $^{14}C$  non calibrate. Avigliano *et al.*, 2001). Sulla superficie del conoide principale sono stati osservati i **profili C, E e D**, quest'ultimo situato su un terrazzo convergente (Riva di Bares) presente sul margine NW del conoide e che ne rappresenta probabilmente la porzione più antica.

A partire dal passaggio tra Pleistocene e Olocene, nel tratto apicale del conoide principale, l'erosione ha incominciato a prevalere sulla deposizione. Durante l'Olocene la tendenza erosiva del corso d'acqua in questo settore sembra essere stata continua e si è accompagnata alla migrazione verso sud dell'area di sedimentazione con conseguente formazione di un "conoide telescopico" che si sovrappone all'unghia del conoide principale e su cui è stato osservato il **profilo F**. Durante la fase di incisione il Cellina ha progressivamente spostato verso ovest il suo asse, come testimoniato dalla serie di terrazzi di erosione convergenti presenti sull'ala sinistra del conoide.

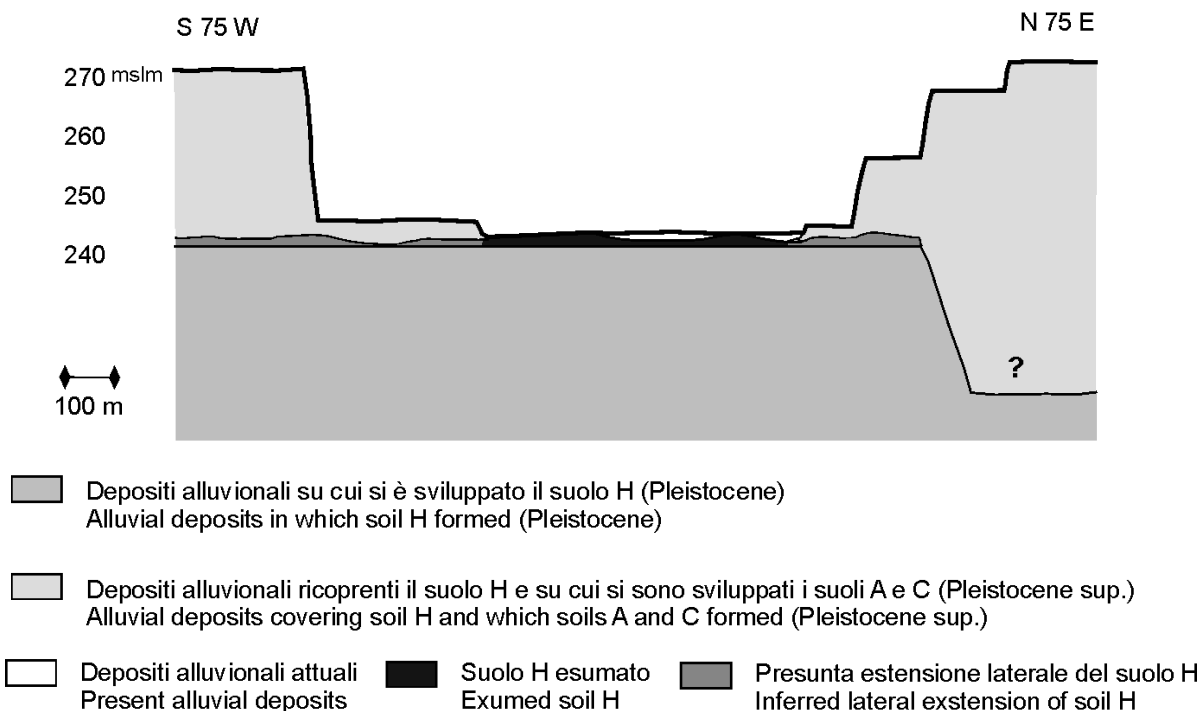


Fig. 2 - Sezione schematica del conoide del T.Cellina in località del Ponte del Giulio, in corrispondenza dell'affioramento del paleosuolo descritto nel profilo H.

*Schematic section of the River Cellina fan with the palaeosoil outcrop (Profile H).*

Attualmente il corso d'acqua incide l'apice del conoide principale con scarpate che arrivano ai 40 m di altezza. A Montereale Valcellina, in località Ponte del Giulio, il Cellina incide il conoide per circa 30 m. In corrispondenza del greto l'erosione ha esumato un suolo sepolto ben sviluppato (**profilo H**) che testimonia una importante lacuna sedimentaria in questo settore della pianura precedentemente all'ultima fase di aggradazione (Fig. 2).

Si ritiene che la formazione del suolo sia collegata ad una situazione morfologica simile a quella attuale, in cui la pianura era terrazzata ed il corso d'acqua scorreva incassato all'interno di un'incisione. Per il momento non sono chiari i rapporti tra il suolo del Ponte del Giulio e quelli sviluppatisi sui depositi tettonizzati (**profili B e G**), nonché quali siano stati i fattori che hanno maggiormente influito sul presunto antico approfondimento del corso d'acqua e che stanno quindi all'origine della lacuna sedimentaria (fattori climatici, tettonici o entrambi).

### 3. I SUOLI

Nell'area oggetto di studio sono stati scelti, tra quelli effettuati nell'ambito del progetto SoLS, i profili di sette suoli rappresentativi per inquadrarne le caratteristiche e confrontare il loro grado di sviluppo (Fig 3). Le osservazioni hanno confermato la presenza di suoli più sviluppati sulle superfici supposte più antiche (Terrazzi di Aviano e Maniago Libero), con lisciviazione dei carbonati ed illuviazione di argilla negli orizzonti profondi (**profili B e G**). La superficie del conoide principale tardo pleistocenico è invece contraddistinta da suoli mediamente poco sviluppati (**profilo C**), le cui caratteristiche appaiono condizionate più dalla natura essenzialmente carbonatica e dalla granulometria del materiale di partenza che dalla loro età. Infatti il **profilo D**, ubicato sulla porzione di conoide supposta più antica, non presenta grandi differenze rispetto al **profilo C**, mentre, all'interno della stessa

unità di paesaggio, i suoli impostati su sedimenti più fini presentano un grado di sviluppo maggiormente accentuato (**profilo E**). Infine, è stato considerato un suolo impostato su una superficie di deposizione recente, che ha messo in luce come l'instaurarsi della pedogenesi sia estremamente lento (**profilo F**). Le caratteristiche delle diverse tipologie di suolo sono state confrontate con quelle di un suolo sepolto (**profilo H**) rinvenuto nell'alveo

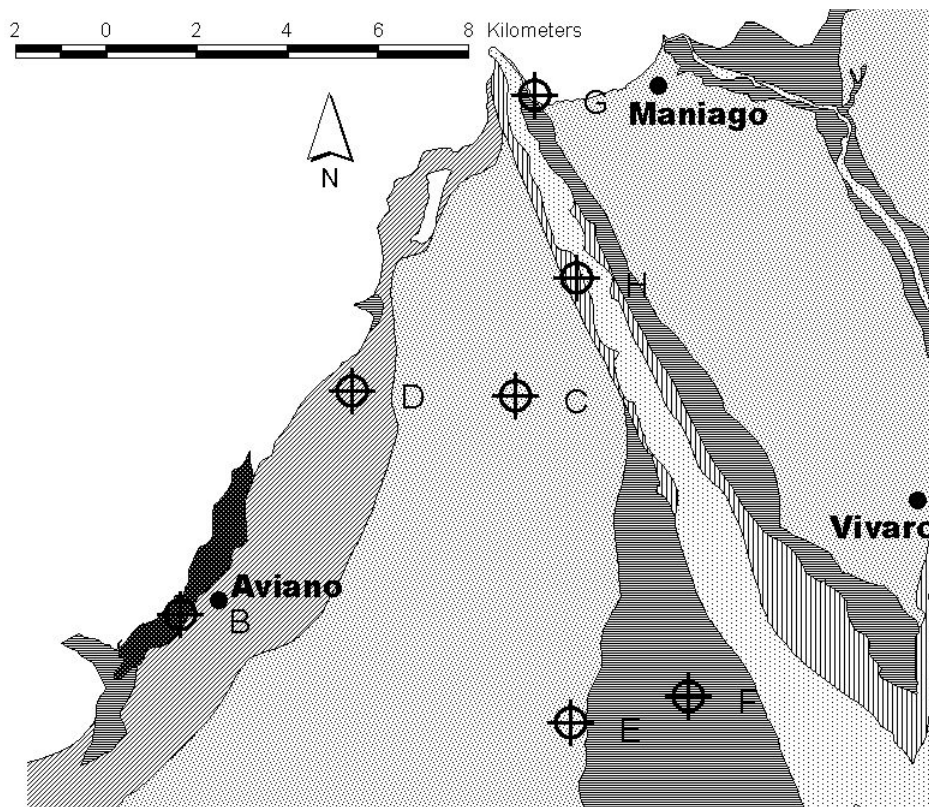


Fig. 3 - Carta dei Sottosistemi di terre ed ubicazione dei profili.

Land subsystem map and profile location.

| ID profilo | Comune mslm      | Quota | Paesaggio                                   | USDA (1998)         | WRB (1998)                   |
|------------|------------------|-------|---|---------------------|------------------------------|
| B          | Aviano           | 155   | Terrazzo fluviale tettonizzato              | Typic Hapludalf     | Cutani-Chromic Luvisol       |
| C          | Montereale Valc. | 238   | Superficie modale del conoide pleistocenico | Typic Haprendoll    | Skeleti-Rendzic Leptosol     |
| D          | Aviano           | 227   | Terrazzo fluviale                           | Rendollic Eutrudept | Skeleti-Calcaric Cambisol    |
| E          | S. Quirino       | 116   | Superficie modale del conoide pleistocenico | Rendollic Eutrudept | Skeleti-Calcaric Cambisol    |
| F          | S. Quirino       | 131   | Superficie modale del conoide olocenico     | Typic Udorthent     | Skeleti-Calcaric Regosol     |
| G          | Maniago          | 350   | Terrazzo fluviale tettonizzato              | Spodic Paleudult    | Hyperdistri-Profondic Alisol |
| H          | Montereale Valc. | 241   | Suolo sepolto                               | Typic Hapludalf     | Cutanic Luvisol              |

Tab. 1 - Classificazione dei suoli.  
Soil classification.

| Profilo | scheletro %<br>v/v | sabbia %<br>(2000-50<br>um) | limo %<br>(50-2<br>um) | Argilla %<br>(<2 um) | pH in acqua | Carbonati<br>totali % | Carbonio<br>organico<br>% | Ferro in<br>ossalato<br>g/kg | Ferro in<br>ditionito<br>g/kg | Ferro totale<br>g/kg |
|---------|--------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| B       | 3                  | 8,1                         | 18,0                   | 73,9                 | 7,6         | 1                     | 0,5                       | 4,5                          | 27,1                          | 52,2                 |
| C       | 63                 | 37,4                        | 56,3                   | 6,3                  | 8,0         | 64                    | 3,0                       | 1,8                          | 11,9                          | 12,2                 |
| D       | 36                 | 30,2                        | 49,2                   | 20,5                 | 8,1         | 35                    | 1,9                       | 2,0                          | 16,8                          | 24,2                 |
| E       | 64                 | 31,8                        | 38,7                   | 29,5                 | 7,9         | 45                    | 1,2                       | 1,3                          | 17,5                          | 29,4                 |
| F       | 58                 | 61,0                        | 34,7                   | 4,4                  | 7,6         | 92                    | 1,8                       | 0,5                          | 2,8                           | 3,8                  |
| G       | 18                 | 5,0                         | 22,1                   | 72,9                 | 5,3         | 0                     | 0,3                       | 3,6                          | 28,9                          | 58,8                 |
| H       | 7                  | 16,6                        | 12,0                   | 71,3                 | 8,0         | 0                     | 0,4                       | 4,4                          | 25,9                          | 54,2                 |

Tab. 2 - Dati analitici relativi agli orizzonti considerati.  
Analytic data of the selected horizons.

attuale del Torrente Cellina nell'ambito dei rilevamenti CARG, evidenziando come questo presenti delle analogie con quelli rilevati sui terrazzi di Aviano e di Maniago Libero.

#### 4. INDICI CHIMICI PER LA DATAZIONE RELATIVA DEI SUOLI

Il grado di pedogenesi dei suoli ed una stima sommaria della loro età sono stati valutati utilizzando due indici: l'AIR (Torrent *et al.*, 1980) e l'Arduino (Arduino *et al.*, 1984) tramite la determinazione delle diverse forme del ferro (totale, ossalato, ditionito-citrato), estratte in accordo con i metodi ufficiali (Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, 1994).

L'AIR (Active Iron Ratio) è definito dal rapporto tra il ferro estratto in ossalato e quello estratto in ditionito-citrato (Feo/Fed) e dovrebbe decrescere con l'aumentare del grado di alterazione del parent material.

L'indice di Arduino ((Fed-Feo)/Fetot), espresso in percentuale, dovrebbe invece aumentare con l'età supposta del suolo.

L'estrazione è stata effettuata su ciascuno degli orizzonti riconosciuti nel profilo, ed ha evidenziato come il tenore in ferro tenda a diminuire con la profondità, ad eccezione dei suoli con un orizzonte B ben sviluppato, dove generalmente il valore si mantiene costante o tende ad aumentare rispetto agli orizzonti sovrastanti. Per ciascun profilo è stato identificato un orizzonte significativo del grado di pedogenesi raggiunta, corrispondente ad un B per i profili maggiormente sviluppati, all' A negli altri casi, che è stato successivamente messo a confronto con gli altri.

#### 5. CONCLUSIONI

L'applicazione degli indici Arduino e AIR non ha fornito i risultati attesi (fig. 4).

L'analisi dei dati evidenzia che non solo non è presente un trend riconoscibile, ma anche che l'intervallo di variabilità osservato è più ampio di quello riscontrato da altri autori per lo stesso intervallo di tempo (Arduino *et al.*, 1983; Bini e Mondini, 1992).

Ritenendo che il materiale parentale dei diversi suoli presenti un buon grado di uniformità litologica, l'origine di questa discrepanza sembra risiedere nel diverso

contenuto in ferro totale posseduto dai campioni di terra fine (frazione < 2mm) analizzati.

Considerando invece il contenuto di ferro totale nei confronti dell'età presunta si evidenzia invece un trend ben marcato, dove esso tende ad aumentare con l'età. Un andamento analogo si riscontra anche per il contenuto di ferro estratto in ossalato e in ditionito-citrato, entrambi indice del grado di alterazione a parità di contenuto di ferro totale nel materiale parentale (Fig. 5).

Essendo il ferro un costituente accessorio delle alluvioni grossolane prevalentemente calcareo-dolomitiche del Cellina, il rapporto fra forme di ferro libero ed il ferro totale non porta a risultati significativi, in quanto il ferro totale misurato sulla terra fine rappresenta già di per sé una concentrazione residuale dovuta all'alterazione. Ciò è suffragato dal fatto che il tenore in ferro totale è minore negli orizzonti C rispetto a quelli pedogenizzati. Non è tuttavia ancora possibile, sulla base dei dati disponibili, tracciare l'andamento di una curva sperimentale rispetto al tempo e stabilire pertanto i rapporti che intercorrono tra le superfici su cui sono ubicati i profili B, G ed H.

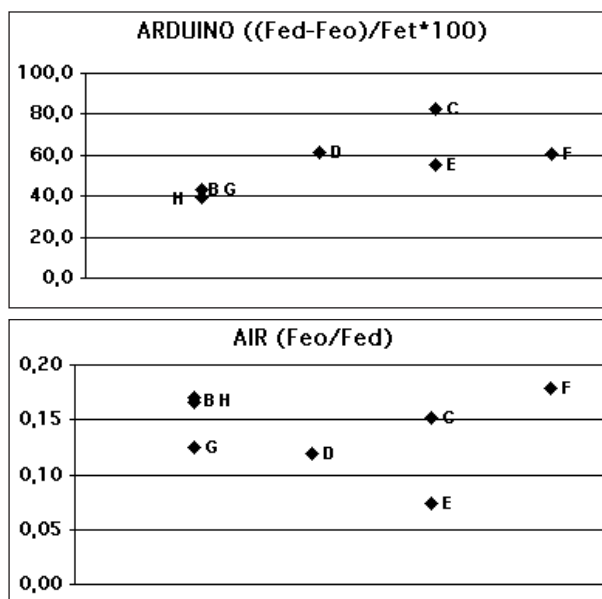


Fig. 4 - Indici di Arduino e AIR.  
Arduino and AIR indexes.

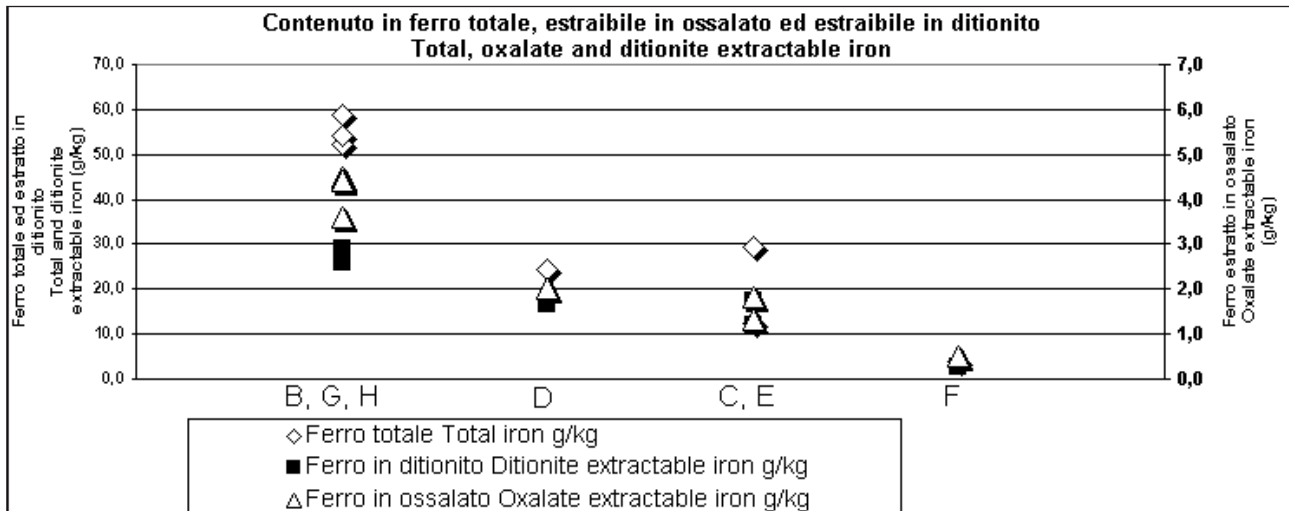


Fig. 5 - Valori di ferro estraibile.

Extractable iron.

## BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1994) – *Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo*. Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo, Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Roma.
- AA. VV. (1998). *Keys to Soil Taxonomy*, Eight Edition, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- AA. VV. (1998). *World Reference Base for Soil Resources*, FAO, ISRIC and ISSS.
- Arduino E., Barberis E., Carraro F. Forno M. G. (1984) – *Estimating Relative Ages from Iron-Oxide/Total Iron Ratios of Soils in the Western Po Valley, Italy*. *Geoderma*, **33** p. 39-52, Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam.
- Avigliano R., Calderoni G., Monegato G. Mozzi P. (2001) – *The late Pleistocene-Holocene evolution of the Cellina and Meduna alluvial fans*. Atti dell'80ª riunione estiva della SGI. Memorie della Società Geologica Italiana. (In stampa)
- Bini C., Mondini C. (1992) – *Deep Weathering features in Paleosols from Alluvial Deposits ("Terra Rossa"-like) in the Friuli Piedmont Area (Italy)*. *Miner. Petrogr. Acta*, **Vol. XXXV**, 1-21.
- Comel A. (1956) - *Monografia sui terreni della pianura friulana. III. Genesi della pianura occidentale costruita dal Meduna, dal Cellina e da corsi d'acqua minori*. *N. Ann. Ist. Chim. Agr. Sperim. Gorizia*, 7: p. 5-93, Gorizia.
- Mondini C., Bini C. Ciet P., Paronuzzi P., Spadea P. (1991) – *Clay Mineralogy of a Soil Chronosequence in the Friuli Piedmont Area*. Proc- 7<sup>th</sup> EUROCLAY Conf. Dresden '91, Greiswald 779-784.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (1983) - *North American Stratigraphic Code*. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, **67(5)**: p. 841-875, Tulsa.
- Stefanini S. & Cucchi S. (1978) - *Gli acquiferi del sottosuolo della pianura veneta fra i fiumi Piave e Tagliamento*. C.N.R., Quaderni dell'Ist. di Ric. sulle Acque, **34 (12)**: p. 287-299.
- Torrent J., Schwertmann U. and Schulze D.J. (1980) *Iron Oxide Mineralogy of Some Soils of Two River Terrace Sequences in Spain*. *Geoderma* **23**, 191-208.

Ms. ricevuto marzo 2002

Ms. received: March 2002