

Approcci metodologici per l'elaborazione della carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000

I. Vinci¹, A. Garlato¹, F. Pocaterra¹, G. Sartori¹, P. Zamarchi¹,
S. Carnicelli², R. Ciampalini², N. Filippi³, P. Mozzi⁴, J. Walkate¹, U. Wolf²

1. ARPAV - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto, Centro Agroambientale
Via Baciocchi 9 - 31033 Castelfranco Veneto (TV)
2. Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta, Università di Firenze, P.le Cascine 15 - 50144 Firenze
3. European Soil Bureau, Joint Research Centre - 21020 Ispra (VA)
4. Dipartimento di Geografia, Università di Padova, Via del Santo 26 - 35123 Padova

Abstract

A soil survey project at scale 1:250.000 of the Veneto Region has been carried out by the Regional Environmental Protection Agency (ARPAV). Since detailed soil maps available are few and cover only part of the territory, the project needed a methodological research to be worked out. The availability of a large variety of tools allowed combination of traditional and new soil mapping techniques, that helped the development of different approaches suited to the highly varied “soilscapes” of the Veneto Region.

As common logical framework, a combination of ascending and descending method was applied. By means of available basic documents and data resources at regional level (aerial photographs, satellite images, geological and geomorphological maps, DEM, soil survey data, etc.), a first zoning of the area was worked out (descending phase); this served to plan soil survey, that was conducted in small sample areas at first, and by single points or transects afterwards. Delineations were then corrected, described and organized in soil mapping units (ascending phase), by means of information on soil spatial distribution pattern (soil-landscape models) collected during soil survey.

A framework of interregional collaboration lead to the definition of an harmonised legend for the Po plain and of a common format for soil typological unit description.

Data processing integrated in a GIS environment gave the possibility to work with back-and-forth methods and will be highly valuable for future investigation.

Riassunto

La realizzazione di una carta dei suoli in scala 1:250.000, in una regione in cui le carte pedologiche di dettaglio coprono solo una modesta porzione del territorio, ha comportato un lavoro di ricerca metodologica. La disponibilità di un'ampia gamma di strumenti ha reso possibile l'utilizzo di nuove tecniche a fianco di quelle tradizionali, portando allo sviluppo di approcci diversi in funzione dei diversi ambienti.

Come schema logico comune, nell'intero territorio regionale è stato applicato un metodo di lavoro di tipo “discendente-ascendente”. A partire dai documenti di base disponibili a livello regionale (foto aeree, immagini da satellite, carte geologiche, geomorfologiche, DEM, dati pedologici, ecc.) è stata operata una prima suddivisione del territorio (fase “discendente”), sulla base della quale è stata organizzata la campagna di rilevamento, per aree campione in un primo momento operativo e, in un secondo, per punti e transetti. Le delineazioni individuate sono quindi state corrette, descritte e organizzate in unità cartografiche (fase “ascendente”), grazie alle informazioni sulla distribuzione delle unità tipologiche di suolo nel paesaggio (modelli suolo-paesaggio) definite nei vari ambienti per mezzo dei rilevamenti di campagna.

Il lavoro è stato svolto in un quadro di collaborazione interregionale che ha portato alla definizione di uno schema di legenda armonizzata per la pianura padana e di formati comuni per la descrizione delle unità tipologiche di suolo.

La gestione integrata delle informazioni in un sistema informativo geografico ha facilitato il percorso iterativo che caratterizza il metodo di lavoro e rende agevole l'utilizzo dei dati raccolti anche per approfondimenti futuri.

KEYWORDS: soil map, soil typological units, soil mapping units, morphometry, soil forming factors
PAROLE CHIAVE: carta pedologica, unità tipologiche di suolo, unità cartografiche di suolo, morfometria, fattori pedogenetici

Introduzione

La realizzazione del progetto “Carta dei Suoli del Veneto in scala 1:250.000”, inserito nell'ambito del progetto nazionale “Carta dei Suoli d'Italia” (Programma Interregionale “Agricoltura-Qualità”, misura 5, MiPAF), è stata affidata dalla Direzione Regionale Foreste ed Economia Montana al Centro Agroambientale dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto nel corso del 2000, ed è ora in fase conclusiva.

La stesura di una carta dei suoli ad una scala di riconoscimento comporta un importante lavoro di ricerca metodologica, soprattutto quando tale carta non può essere derivata da un processo di sintesi (metodologia “ascendente”), per mancanza di una sufficiente copertura delle carte pedologiche di dettaglio, ma deve essere realizzata per mezzo di una combinazione

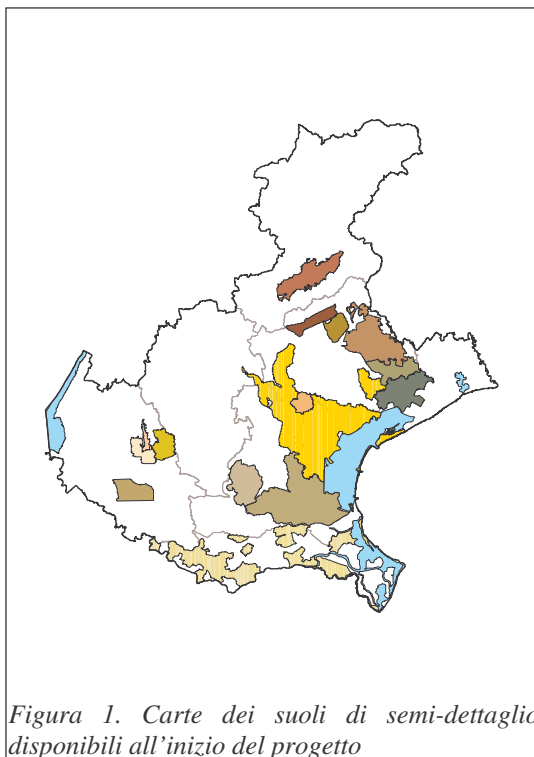


Figura 1. Carte dei suoli di semi-dettaglio disponibili all'inizio del progetto

tra un processo “discendente e ascendente” (Finke *et al.*, 1998 e Wolf, 2000). Nell'approccio di tipo discendente vengono utilizzate informazioni riguardanti la geologia, la morfologia, la vegetazione, ecc., nell'obiettivo di riconoscere e delineare a tale scala le prime ipotesi di unità cartografiche dei suoli (unità di pedopaesaggio - *pedolandscape*s; Finke *et al.*, 1998).

Rispetto alle altre regioni dell'Italia settentrionale, la Regione Veneto ha un'esperienza relativamente recente nel campo del rilevamento dei suoli: le prime carte sono infatti state prodotte a partire dal 1995. All'inizio del progetto solo il 16% del territorio regionale (2.900 del totale di 18.000 km²) risultava coperto da studi di semi-dettaglio (in scala 1:25.000-1:50.000), e quasi esclusivamente in territorio di pianura (fig. 1).

Materiali e metodi

Per sviluppare le metodologie d'indagine, differenziate per i diversi ambienti, ci si è avvalsi anche dell'esperienza di altre regioni già attive nel settore del rilevamento dei suoli (Emilia Romagna, Piemonte e Friuli Venezia-Giulia) e del contributo di esperti dell'Ufficio Europeo del Suolo, e delle Università di Firenze, di Padova e di Venezia. Nel corso delle fasi iniziali del progetto è stato reso disponibile, e quindi utilizzato e sottoposto a critica d'uso, il

manuale per la descrizione del suolo redatto a livello nazionale nell'ambito del Progetto Metodologie Pedologiche (Carnicelli *et al.*, 2001).

Nella fase di studio preliminare (processo discendente), per mezzo di strumenti quali foto aeree, immagini da satellite, DEM, carte geologiche, geomorfologiche e della vegetazione, sono stati definiti e delineati i pedopaesaggi, cercando di utilizzare l'approccio gerarchico proposto da Finke *et al.* (1998) e da Wolf (2000). Quest'ultimo elenca diversi livelli gerarchici: dal livello più generale, cioè dalle *soil regions* a scala 1:5.000.000 (livello 1-L1, definito a dimensione europea), fino ai *soil subsystems* a scala 1:250.000 (sottosistemi di suolo - L4), con proposte di livelli intermedi quali *soil subregions* a scala 1:1.000.000 (L2) e *soil systems* (sistemi di suolo - L3) a scala 1:500.000. All'inizio del progetto, attraverso la cooperazione delle diverse regioni della pianura padana, è stato armonizzato uno schema di legenda per cartografare la pianura padana alla scala 1:1.000.000 (L2).

Il processo di cartografia ha avuto inizio nell'area di pianura, dove erano disponibili un maggior numero di informazioni e metodologie già collaudate; successivamente si è passati alle aree di montagna (Alpi e Prealpi), per le quali è stato necessario esplorare l'utilizzo di diversi strumenti, elaborando una metodologia adatta ad analizzare la complessità di questi ambienti. Lo studio preliminare ha consentito la pianificazione del rilevamento di campagna. Nel corso del primo anno sono state rilevate, ad una scala di semi-dettaglio (1:50.000), 13 aree campione, grazie alle quali sono state messe in evidenza le relazioni tra i diversi fattori pedogenetici e i suoli (modelli suolo-paesaggio; King *et al.*, 1994; Favrot, 1989; Lagacherie, 2002). Successivamente, sulla base delle conoscenze acquisite è stata pianificata una seconda fase di rilevamento dei suoli per raccogliere ulteriori informazioni dove queste risultavano più carenti e/o nelle unità in cui il modello concettuale suolo-paesaggio non risultava sufficientemente chiarito. E' stato giudicato più efficiente per questa fase procedere con un rilevamento per singoli punti e transeetti. La Normativa Tecnica Interregionale (definita per il progetto a livello nazionale) stabilisce uno standard minimo di 1 osservazione ogni 12 km² e un profilo, descritto e analizzato, ogni 160 km², che, per la superficie della Regione Veneto, si traduce in 1.450 osservazioni e 140 profili. Nell'ambito del progetto sono state descritte 1.528 osservazioni, 490 delle quali profili. Queste, sommate con le 19.500 già presenti nel database regionale dei suoli, ammontano a un totale di 21.000 osservazioni, delle quali 2.500 profili (fig. 2).

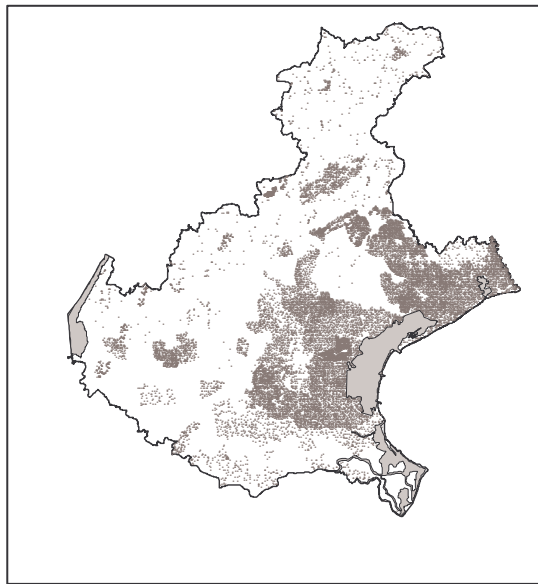


Figura 2 Osservazioni disponibili alla fine del progetto.

Nella fase finale, le conoscenze sulla distribuzione dei suoli nel paesaggio acquisite nel rilevamento in scala di dettaglio (realizzato *ad hoc* e preesistente), sono state utilizzate per la ridefinizione e descrizione in termini di contenuto di suoli dei pedopaesaggi, che sono quindi diventati le unità cartografiche finali (processo ascendente).

Per la determinazione dei regimi idrico e termico dei suoli sono stati utilizzati i dati (precipitazione e temperatura) del servizio meteorologico regionale (ARPAV) per diverse stazioni su tutto il territorio (dati forniti dal Centro meteorologico di Teolo e Centro Valanghe di Arabba), elaborati per mezzo del programma di simulazione "Newhall Simulation Method" (Newhall, 1972).

I profili sono stati classificati con il World Reference Base (FAO, 1998) e la Soil Taxonomy

(Soil Survey Staff, 1998). Per i suoli di montagna, che sono caratterizzati da un'estrema variabilità (ad esempio in termini di spessore degli orizzonti, profondità e granulometria), molto utile è stata la classificazione "ecologica" del Duchaufour (1983) che, non avendo una gerarchia rigida, ha consentito un primo efficace inquadramento dei tipi di suoli.

Tutte le informazioni raccolte ed elaborate sono state gestite nell'ambito di un sistema informativo geografico, con l'ausilio di diversi software (ArcView 3.2, Spatial Analyst, 3D Analyst, ERMapper 6.2).

Risultati e discussione

La pianura veneta

All'inizio del progetto nell'area di pianura erano già disponibili alcune carte pedologiche

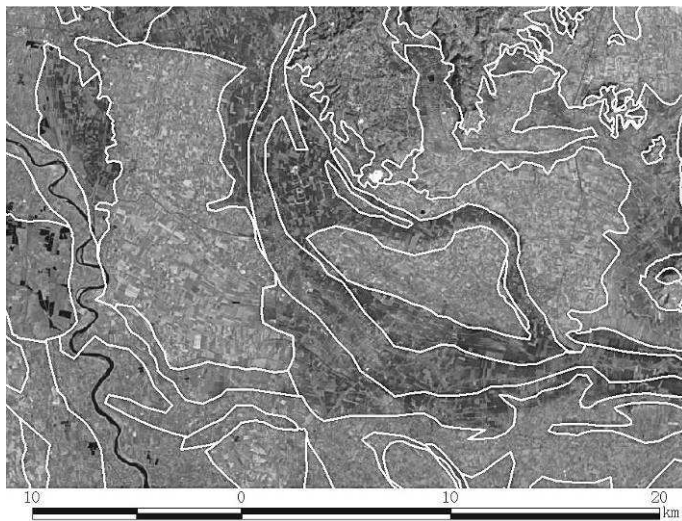


Figura 3. Particolare dei pedopaesaggi in una porzione della pianura alluvionale dell'Adige (immagine da satellite Landsat 5TM del marzo 1989, bande 4, 5, 3).

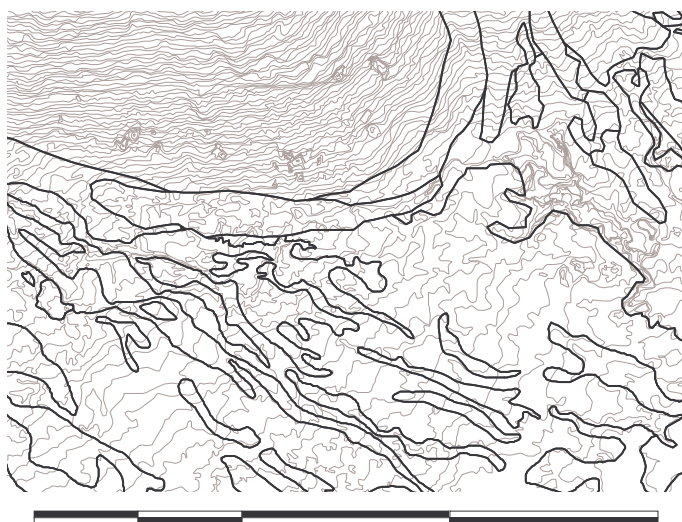


Figura 4. Pedopaesaggi (in nero) e microrilievo (curve di livello a 1m, in grigio) di un'area a contatto tra alta pianura (conoide di Bassano) e bassa pianura alluvionale del Brenta.

di semi-dettaglio che coprivano in totale un'area di circa 2.900 km². Su questa base è stato elaborato un catalogo dei paesaggi della pianura del Veneto, analogamente all'esperienza della regione Lombardia (ERSAL, 1996), coerente con la legenda armonizzata della pianura padana, che ha fornito la struttura di riferimento per l'elaborazione della carta, sia per le aree già rilevate, dove è stato adottato un metodo ascendente, sia per le restanti aree della regione.

La Carta Geomorfologica della Pianura Padana (Castiglioni *et al.*, 1997) è stato il documento che ha dato una prima cornice di riferimento per interpretare i processi di formazione dei suoli. Ulteriori informazioni sono state acquisite tramite l'elaborazione e l'interpretazione dell'immagine da satellite Landsat 5TM del Marzo 1989 (bande 4, 5, 3).

Sull'immagine, precedentemente georeferenziata, sono state tracciate a video le delineazioni (fig. 3), avvalendosi anche delle informazioni date dallo studio del rilievo con curve di livello a 5 m (Castiglioni *et al.*, 1997). Come già evidenziato in un precedente rilevamento di dettaglio nel bacino scolante in laguna di Venezia (Giandon *et al.*, 2001), nelle aree dove le foto aeree e l'immagine da satellite non mostrano particolari evidenze, l'analisi del microrilievo si rivela uno

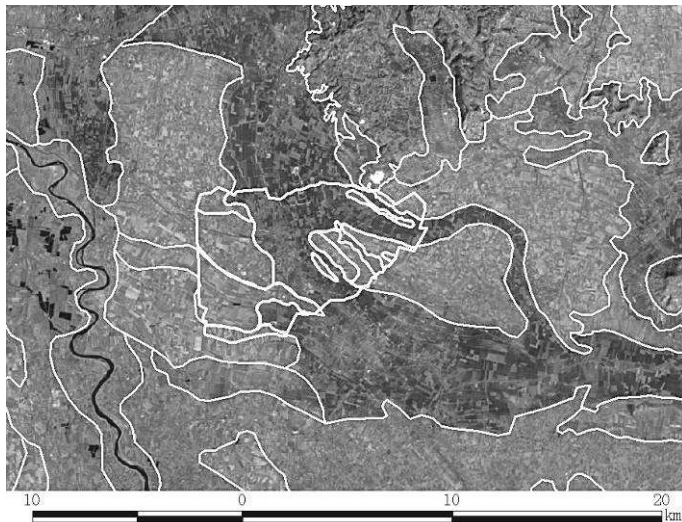


Figura 5. Carta dei suoli dell'area campione RV12 – Guà e i limiti delle unità in scala 1:250.000 corretti (vedi fig. 3).

strumento particolarmente utile per la definizione delle unità di pedopaesaggio. Lo studio del microrilievo, per mezzo di curve di livello a un metro (fig. 4), ha permesso di delineare, all'interno di una pianura apparentemente piatta, sistemi di dossi naturali, costituiti principalmente da sedimenti grossolani, e depressioni, con sedimenti fini. Questo strumento, inizialmente disponibile per una porzione rilevante (circa 2.000 km²) della pianura veneta centrale, è stato esteso a tutta la pianura alluvionale del Brenta, che presenta caratteristiche distributive simili, fino a coprire una superficie di circa 4.000 km².

Le delimitazioni tracciate sono state raggruppate in unità di pedopaesaggio, come unità cartografiche preliminari della Carta dei Suoli in scala 1:250.000. Alcune di queste unità preliminari risultavano, anche solo parzialmente, coperte da informazioni pedologiche, altre erano prive di osservazioni. Sono state quindi scelte quattro aree campione, ciascuna di circa 60 km² (in fig. 5 si riporta una di queste aree), in modo da coprire porzioni rappresentative di differenti pedopaesaggi. Tali aree sono state rilevate a una scala di semi-dettaglio (1:50.000). Le informazioni raccolte nelle aree campione e da altri rilevamenti eseguiti nell'ambito della regione, sono state poi utilizzate per ridefinire i limiti e i contenuti delle unità (fig. 4 e 5).

L'area alpina e prealpina

Nell'area alpina e prealpina, che occupa circa un terzo del territorio regionale, poche erano le informazioni sui suoli disponibili all'inizio del progetto (Dissegna *et al.*, 1997). Per lo studio preliminare sono stati utilizzati principalmente: carte geologiche a diverse scale (1:250.000, 1:100.000 e i pochi fogli disponibili in scala 1:50.000), alcune carte geomorfologiche di dettaglio, la carta forestale informatizzata e un DEM a 30 m (questi ultimi realizzati dalla Direzione Foreste della Regione Veneto).

Viste le scarse conoscenze, non era possibile individuare *a priori* gli elementi e le componenti trainanti i processi di formazione dei suoli nell'ambiente montano; si è quindi preferito avviare la fase di rilevamento in campagna, in modo da avere a disposizione in tempi rapidi delle prime chiavi di interpretazione, necessarie per poter definire i criteri sulla base dei quali tracciare i limiti delle delimitazioni. Queste sono state individuate tramite fotointerpretazione, sulla base delle evidenze geologiche e geomorfologiche (foto aeree, Volo Italia 1994 BN, scala 1:75.000) e sono state successivamente digitalizzate su ortofoto georeferenziate (Volo Italia 2000, a colori, scala 1:10.000). Le delimitazioni sono state poi controllate e revisionate con l'uso di carte geologiche georeferenziate, carte forestali ed elaborazioni DEM (fig. 6) Queste ultime sono risultate molto utili nella caratterizzazione delle differenti morfologie all'interno delle delimitazioni. A questo scopo, per poter ottenere appropriate distribuzioni delle popolazioni di dati, le aree alpine e prealpine sono state divise, rispettivamente, in 11 e 9 macroaree, su base geologica e morfologica; per ogni macroarea i dati su quota, accumulo di flusso (*flow accumulation*, calcolato come area sottesa a monte di ogni pixel), pendenza, curvatura orizzontale e verticale sono stati elaborati con una tecnica di

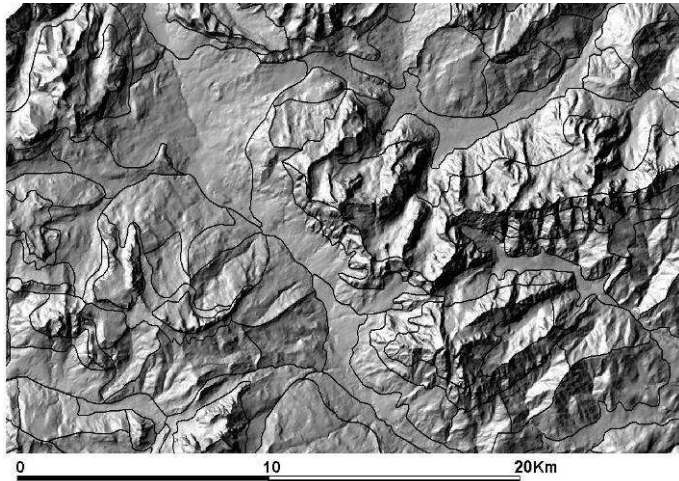


Figura 6. Pedopaesaggi tracciati sulla base della fotointerpretazione (rappresentazione hill-shade di un'area dolomitica intorno alla conca di Cortina).

classificazione fuzzy non supervisionata (*unsupervised fuzzy clustering*, Burrough *et al.*, 2000). Per ogni macroarea sono state impostate da 8 a 12 classi, descritte da un valore centroide per ogni parametro considerato. I parametri più significativi sono risultati essere l'accumulo di flusso e la pendenza; la quota è risultata rilevante solamente nell'area alpina mentre la forma del pendio nell'area prealpina (Ciampalini e Carnicelli, 2003). Queste elaborazioni hanno fornito un ulteriore criterio di controllo, prima, e di validazione, poi, dei limiti e del contenuto delle delineazioni. Non è stato possibile invece utilizzarle nella

descrizione delle delineazioni, avendo ogni macroarea classi differenti e non direttamente comparabili. Allo scopo di ottenere uno strumento efficace per la descrizione delle delineazioni, sono stati definiti dei diagrammi di classi di distribuzione quota-pendenza, sempre a partire dal DEM, con procedura automatizzata.

Il rilevamento di campagna della prima fase è stato pianificato grazie alle conoscenze dei suoli delle aree alpine e prealpine nelle regioni confinanti (Sartori *et al.*, 1997; Abramo e Michelutti, 1998). Sono state individuate e rilevate a scala di dettaglio sei aree campione di 15-30 km², scelte come rappresentative di ambienti diversi dal punto di vista essenzialmente geologico e fito-climatico. Nelle aree è stato possibile studiare la distribuzione spaziale dei diversi tipi di suoli a una scala di dettaglio (modelli suolo-paesaggio; King *et al.*, 1994; Favrot, 1989; Lagacherie, 2002), evidenziando il contributo dei diversi fattori di formazione. Le conoscenze acquisite hanno quindi permesso di migliorare man mano i criteri guida utilizzati per tracciare i limiti delle delineazioni. Molto utili per organizzare le informazioni raccolte, si sono rivelate delle tabelle a entrata multipla, dove le chiavi di entrata scelte sono la litologia, per grandi gruppi definiti sulla base della rilevanza dimostrata nel diversificare i processi pedogenetici, le fasce fitoclimatiche, la morfologia, e la vegetazione. Queste tabelle, aggiornate con l'avanzamento dei lavori, hanno permesso di evidenziare dove erano presenti maggiori lacune di informazioni, successivamente colmate con la seconda fase di rilevamento, realizzata per singoli punti, piccole aree e transetti.

Unità tipologiche di suolo, delineazioni e unità cartografiche di suolo

La fase successiva al rilevamento di campagna ha riguardato la definizione e la descrizione delle unità tipologiche di suolo secondo uno schema sviluppato in accordo con le regioni Emilia Romagna e Piemonte. La descrizione delle delineazioni, che inizialmente conteneva solo informazioni su geologia, morfologia, morfometria, uso del suolo e vegetazione che, a livello di prima ipotesi, erano correlabili con i processi pedogenetici e i caratteri dei suoli, è stata quindi integrata con le unità tipologiche di suolo e il loro modello di distribuzione. Nelle aree montane, dove minori sono le conoscenze e dove più evidenti sono i fattori in gioco e i processi in atto, ciò è stato reso possibile grazie alle tabelle di cui sopra, che collegano i fattori pedogenetici con le unità tipologiche di suolo, esplicitando in forma sintetica le

conoscenze acquisite sui modelli suolo-paesaggio. Infine le unità cartografiche di suolo sono state concettualizzate accorpando tra loro i contenuti informativi delle delineazioni che risultavano più simili (essenzialmente in termini di tipologie pedologiche) e sono state successivamente descritte sintetizzando le informazioni in esse contenute.

Conclusioni

Nello studio preliminare delle aree di pianura è stato possibile usufruire delle tecniche elaborate in precedenza in occasione di indagini a scala di semi-dettaglio, fornendo chiavi di interpretazione fondamentali in uno studio alla scala di riconoscimento, e quindi con una bassa densità di osservazioni (lo studio del microrilievo ne è un esempio). Nelle aree montane, invece, dove è stata utilizzata la fotointerpretazione tradizionale come strumento principale per la delineazione delle unità di pedopaesaggio, diversi tipi di analisi morfometrica, con il relativo studio di correlazione con i caratteri dei suoli, hanno fornito un valido strumento di controllo quantitativo per la correzione dei limiti delle delineazioni e la descrizione del contenuto. I rilevamenti pedologici di dettaglio nelle aree campione sono risultati molto utili per la comprensione dei processi pedogenetici. Le tabelle a entrata multipla, utilizzate come mezzo per organizzare le conoscenze sui modelli suolo-paesaggio, si sono rivelate di grande valore sia per la pianificazione del rilevamento di campagna, sia per l'identificazione dei suoli presenti nelle delineazioni; inoltre, hanno fornito le prime indicazioni per la costruzione della legenda della carta pedologica e potranno essere utilizzate in futuro per indagini a scala di maggior dettaglio. La varietà degli strumenti a disposizione ha permesso di utilizzare tecniche di rilevamento del suolo tradizionali insieme ad altre più innovative, il tutto reso più efficiente dall'integrazione in un sistema informativo territoriale. Le informazioni raccolte organizzate in un database geografico e semantico, potranno essere in futuro facilmente utilizzate per approfondimenti o per elaborazioni tematiche, in modo molto più efficiente rispetto alla cartografia tradizionale.

Bibliografia

ABRAMO E., MICHELUTTI G., 1998. Guida ai suoli forestali nella regione Friuli-Venezia Giulia. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Servizio della Selvicoltura, p. 160, Udine.

BURROUGH P.A., VAN GAANS P.F.M., MACMILLAN R.A., 2000. High resolution landform classification using fuzzy *k*-means. *Fuzzy sets and systems*, 113, 37-52.

CARNICELLI S., FERRARI G.A., WOLF U., 2001. Guida di rilevamento in campagna del progetto "Carta dei suoli in scala 1:250.000". 1^a Bozza di discussione. <http://www.soilmaps.it/fr_download.htm>.

CASTIGLIONI G.B., PELLEGRINI G.B., (a cura di) 1997. Carta Geomorfologica della Pianura Padana. SELCA, Firenze.

CIAMPALINI R., CARNICELLI S., 2003. Analisi comparata di algoritmi morfometrici in *GRASS* Atti "IV Meeting utenti italiani di *GRASS*", Firenze, 13-14 febbraio 2003.

DISSEGNA M., MARCHETTI M., VANNICELLI CASONI L., 1997. I sistemi di terra nei paesaggi forestali del Veneto. Direzione Foreste - Regione Veneto.

DUCHAUFOR P., 1983. *Pédologie*. Tomo I. Masson, Paris.

ERSAL, 1996. Manuale per la compilazione delle schede delle unità cartografiche – ver. 3.1. Milano.

FAO, 1998. World Reference Base for Soil Resources. *World Soil Resources Reports* 84. Roma.

FAVROT J. C., 1989. Une stratégie d’inventaire cartographique à grande échelle: la méthode des secteurs de référence. *Science du Sol*, 27, 351-368.

FINKE P., HARTWICH R., DUDAL R., IBAÑEZ J., JAMAGNE M., KING D., MONTANARELLA L., YASSOGLOU N., 1998. Georeferenced soil database for Europe - Manual of procedures, version 1.0. European Soil Bureau, EUR 18092 EN Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, pp. 32-36.

GIANDON P., RAGAZZI F., VINCI I., FANTINATO L., GARLATO A., MOZZI P., BOZZO G.P., 2001. La carta dei suoli del bacino scolante in laguna di Venezia. *Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo*, 50: 273-280.

KING D., JAMAGNE M., CHRETIEN J., HARDY R., 1994. Soil-space organisation model and soil functioning units in Geographic Information Systems. *15th International Congress of Soil Science, Transactions* – Vol. 6a, Acapulco, pp. 747-757.

LAGACHERIE P., 2002. Cartographies des sols et des leurs propriétés à un niveau sub-régional. Mémoire d’habilitation, Université de Montpellier.

NEWHALL F., 1972. Calculation of soil moisture regimes from climatic record. Rev. 4 Mimeographed, Soil Conservation Service, USDA, Washington DC.

SARTORI G., CORRADINI F., MANCABELLI A., WOLF U., 1997. Principali tipi di suoli forestali nella provincia di Trento. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol.*, 72: 41-54.

SOIL SURVEY STAFF, 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8th ed. USDA-NRCS. U.S. Gov. Print Office, Washington, DC.

WOLF U., 2000. Introduzione alla sequenza di lavoro “discendente” nella delineazione di pedopaesaggi. Base di discussione in allegato alla “Guida di Campagna per la Carta dei Suoli d’Italia in scala 1:250.000”. <http://www.soilmaps.it/fr_download.htm>.