

Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali
Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo Agricolo e Forestale

In collaborazione con:
International Union of Soil Sciences
Società Italiana della Scienza del Suolo
Commissione VI - Uso e Conservazione del Suolo

AA.VV., 2006. *Appendice: specifiche delle proprietà e qualità dei suoli*. In: Costantini, E.A.C. (Ed.), *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre*, Cantagalli, Siena, pp. 912.

Collana dei metodi analitici per l'agricoltura diretta da Paolo Sequi, vol. 7

CRA - Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze

Appendice: specifiche delle proprietà e qualità dei suoli

Introduzione	3
Acqua disponibile (AWC).....	3
Capacità di scambio cationico (CSC)	4
COLE (Coefficiente di estensibilità lineare)	4
Conducibilità elettrica (salinità).....	4
Contenuto di azoto totale.....	5
Contenuto di calcare attivo	5
Contenuto di calcare totale.....	5
Contenuto di calcio scambiabile.....	6
Contenuto di carbonio organico.....	6
Contenuto di magnesio scambiabile.....	6
Contenuto di microelementi assimilabili (Fe, Mn, Cu, Zn).....	6
Contenuto di potassio scambiabile	7
Disponibilità d'ossigeno.....	7
Drenaggio interno, disponibilità d'ossigeno, comportamento idrologico	8
Fessurabilità	10
Pendenza	10
Permeabilità e conducibilità idraulica satura	11
Pietrosità superficiale	12
Profondità utile alle radici.....	12
Reazione (pH in acqua)	13
Rischio d'inondazione (inondabilità)	13
Rischio di deficit idrico	14
Rocciosità.....	14
Saturazione in basi.....	15

Scheletro	15
Scorrimento superficiale (run-off)	15
Stabilità strutturale (MWD - Mean Weigth Diameter).....	16
Tessitura.....	17
Valori assoluti e percentuali di sodio scambiabile sul complesso di scambio (ESP).....	17
Valutazione del rapporto Mg/K.....	18
Bibliografia	18

Introduzione

Di seguito si riportano le specifiche delle proprietà e qualità dei suoli che sono state utilizzate nel presente manuale. Salvo altrimenti specificato, le fonti dalle quali sono state tratte sono: Gardin et al. (2002), Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (2000), Sbaraglia e Lucci (1994), Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Regione Emilia Romagna (2002), USDA (1993).

Acqua disponibile (AWC)

La capacità d'acqua disponibile (Available Water Capacity, AWC) è definita come la quantità d'acqua utilizzabile da una pianta di riferimento (girasole) trattenuta nella parte di suolo radicabile.

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (mm)</i>
Molto bassa	< 50
Bassa	50 - 100
Moderata	101 - 150
Elevata	151 - 200
Molto elevata	> 200

Capacità di scambio cationico (CSC)

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (meq 100g⁻¹)</i>
Molto bassa	< 5
Bassa	5 - 10
Moderatamente bassa	11 - 15
Moderatamente alta	16 - 24
Alta	25 - 50
Molto alta	> 50

COLE (Coefficiente di estensibilità lineare)

È dato dal rapporto dimensionale lineare tra campione umido alla capacità di campo e secco all'aria. Esprime la tendenza del suolo a rigonfiarsi e a contrarsi in seguito all'assorbimento e perdita di acqua dalle argille silicate.

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Basso	< 3,0
Moderato	3,0 - 5,9
Alto	6,0 - 9,0
Molto alto	> 9,0

Conducibilità elettrica (salinità)

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (dS m⁻¹ - 1:2,5 a 25°C)</i>
Trascurabile	0 - 0,5
Moderata	0,6 - 1,0
Forte	1,1 - 2,0
Molto forte	2,1 - 4,0
Eccessiva	> 4,0

Contenuto di azoto totale

La fonte del dato è Giardini (1986).

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (g kg⁻¹)</i>
Poveri	< 1,0
Mediamente dotati	1,0 - 1,5
Ben dotati	1,6 - 2,2
Ricchi	2,3 - 5,0
Eccessivamente dotati	> 5,0

Contenuto di calcare attivo

Esprime in maniera solo approssimativa la percentuale in peso dei carbonati finemente suddivisi e facilmente solubilizzabili. Più esattamente, corrisponde alla quota percentuale di ioni Ca⁺⁺ che reagiscono con ossalato di ammonio (determinazione col metodo calcimetrico Drouineau-Gallet). In suoli ricchi di sali, in particolare di gesso, il metodo fornisce valori non attendibili.

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Basso	< 5
Medio e alto	5 - 10
Molto alto	> 10

Contenuto di calcare totale

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Non calcareo	< 0,5
Scarsamente calcareo	0,5 - 1,0
Debolmente calcareo	1,1 - 5,0
Moderatamente calcareo	5,1 - 10,0
Molto calcareo	10,1 - 20,0
Fortemente calcareo	20,1 - 40,0
Estremamente calcareo	> 40,0

Contenuto di calcio scambiabile

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (meq 100g⁻¹)</i>
Molto basso	< 1,5
Basso	1,5 - 3,0
Medio	3,1 - 5,0
Alto	5,1 - 10,0
Molto alto	> 10,0

Contenuto di carbonio organico

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Molto scarso	< 0,45
Scarso	0,45 - 0,90
Medio	0,91 - 1,36
Elevato	1,37 - 1,81
Molto elevato	> 1,81

Contenuto di magnesio scambiabile

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (meq 100g⁻¹)</i>
Molto basso	< 0,4
Basso	0,4 - 0,8
Medio	0,9 - 1,2
Alto	1,3 - 1,6
Molto alto	> 1,6

Contenuto di microelementi assimilabili (Fe, Mn, Cu, Zn)

<i>Valutazione</i>	<i>Fe (mg kg⁻¹)</i>	<i>Mn (mg kg⁻¹)</i>	<i>Cu (mg kg⁻¹)</i>	<i>Zn (mg kg⁻¹)</i>
Molto basso	< 2	< 1	< 0,2	< 0,5
Basso	2 - 5	1 - 3	0,2 - 1	0,5 - 1
Medio	6 - 20	4 - 20	2 - 10	2 - 10
Alto	21 - 50	21 - 50	11 - 20	11 - 20
Molto alto	> 50	> 50	> 20	> 20

Contenuto di potassio scambiabile

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (meq 100g⁻¹)</i>
Molto basso	< 0,13
Basso	0,13 - 0,26
Medio	0,27 - 0,39
Alto	0,40 - 0,52
Molto alto	> 0,52

Disponibilità d'ossigeno

Si riferisce alla disponibilità di ossigeno per l'attività biologica nel suolo. Viene valutata in base alla presenza d'acqua libera, imbibizione capillare, tracce di idromorfia.

<i>Valutazione</i>	<i>Descrizione</i>
Buona	L'acqua è rimossa dal suolo prontamente, e/o non si verificano durante la stagione di crescita delle piante eccessi di umidità limitanti per il loro sviluppo.
Moderata	L'acqua è rimossa lentamente in alcuni periodi e i suoli sono bagnati solo per un breve periodo durante la stagione di crescita delle piante, ma abbastanza a lungo per interferire negativamente sulla crescita di piante mesofile.
Imperfetta	L'acqua è rimossa lentamente, ed il suolo è bagnato per periodi significativi durante la stagione di crescita delle piante; l'eccesso idrico limita notevolmente lo sviluppo delle piante mesofile.
Scarsa	L'acqua è rimossa così lentamente che il suolo è saturo periodicamente durante la stagione di crescita delle piante; l'eccesso idrico non permette la crescita della maggior parte delle piante mesofile.
Molto scarsa	L'acqua è rimossa dal suolo così lentamente da permanere in superficie durante la maggior parte del periodo di crescita delle piante.

Drenaggio interno, disponibilità d'ossigeno, comportamento idrologico

In funzione delle relazioni tra drenaggio interno e disponibilità d'ossigeno, viene riportata una descrizione del potenziale comportamento idrologico dei suoli nei confronti di alcune delle principali pratiche agronomiche.

<i>Valutazione</i>		<i>Descrizione comportamento idrologico</i>
<i>Drenaggio interno</i>	<i>Disponibilità di ossigeno</i>	
Eccessivamente drenato	Buona	Questi suoli hanno una conducibilità idraulica alta (da 10 a 100 $\mu\text{m s}^{-1}$) e molto alta ($>100 \mu\text{m s}^{-1}$) e un basso valore d'acqua utilizzabile (AWC bassa o molto bassa, $< 100 \text{ mm}$). Non sono adatti alle colture almeno che non vengano irrigati. Sono suoli privi di screziature.
Piuttosto eccessivamente drenato	Buona	Questi suoli hanno un'alta conducibilità idraulica (da 10 a 100 $\mu\text{m s}^{-1}$) ed un più alto valore d'acqua utilizzabile (AWC bassa o moderata, $> 50 \text{ mm}$, ma $< 150 \text{ mm}$). Senza irrigazione possono essere coltivate solo un ristretto numero di piante e con basse produzioni. Sono suoli privi di screziature.
Ben drenato	Buona	Questi suoli trattengono una quantità ottimale di acqua (AWC elevata o molto elevata, $> 150 \text{ mm}$), l'acqua è rimossa dal suolo prontamente, e/o non si verificano durante la stagione di crescita delle piante eccessi di umidità limitanti per il loro sviluppo. Sono suoli di solito privi di screziature nella zona radicata.
Moderatamente ben drenato	Moderata	Questi suoli sono abbastanza umidi in superficie per un periodo sufficientemente lungo da condizionare negativamente le operazioni d'impianto e raccolta delle colture mesofitiche, a meno che non venga realizzato un drenaggio artificiale. I suoli moderatamente ben drenati hanno comunemente uno strato a bassa conducibilità idraulica (da 0,1 a 0,01 $\mu\text{m s}^{-1}$) nel primo metro, un apporto d'acqua per infiltrazione o alcune combinazioni fra queste condizioni. Hanno figure d'ossidazione comuni (più del 4-5%) almeno nella parte bassa della zona radicata.

<i>Valutazione</i>		<i>Descrizione comportamento idrologico</i>
<i>Drenaggio interno</i>	<i>Disponibilità di ossigeno</i>	
Piuttosto mal drenato	Imperfetta	Questi suoli sono abbastanza umidi in superficie o per un periodo sufficientemente lungo da ostacolare gravemente le operazioni d'impianto, di raccolta o di crescita delle piante, a meno che non venga realizzato un drenaggio artificiale. I suoli piuttosto mal drenati hanno comunemente uno strato a bassa conducibilità idraulica, un elevato stato d'umidità nel profilo, un apporto d'acqua per infiltrazione o una combinazione fra queste condizioni. Generalmente hanno figure d'ossidazione da comuni ad abbondanti nella zona radicata; possono anche mostrare screziature da ristagno temporaneo dovute alla presenza di una suola d'aratura.
Mal drenato	Scarsa	Questi suoli sono generalmente umidi vicino o in superficie per una parte considerevole dell'anno, cosicché le colture a pieno campo non possono crescere in condizioni naturali. Le condizioni di scarso drenaggio sono dovute ad una zona satura, ad un orizzonte con bassa conducibilità idraulica, ad infiltrazione di acqua o ad una combinazione fra queste condizioni. Generalmente hanno figure d'ossidazione da comuni ad abbondanti entro i primi 50 cm.
Molto mal drenato	Molto scarsa	Questi suoli sono umidi vicino o in superficie per la maggior parte del tempo. Sono abbastanza umidi da impedire la crescita d'importanti colture (ad eccezione del riso), a meno che non vengano drenati artificialmente. Generalmente hanno screziature con chroma ≤ 2 abbondanti fin dalla superficie del suolo.

Fessurabilità

Descrive la tendenza del suolo a dar luogo a fessurazioni o crepacciature in seguito al succedersi di cicli d'essiccazione-contrazione e inumidimento-espansione. I suoli che fessurano hanno elevati quantitativi di argille a reticolo espandibile.

<i>Valutazione</i>	<i>Descrizione</i>
Forte	Suoli interessati da movimenti verticali (dovuti a cicli successivi e ripetuti d'espansione e contrazione delle argille) con intensità e frequenza tali da danneggiare gravemente gli apparati radicali e i manufatti.
Media	Suoli interessati da movimenti verticali (dovuti a cicli successivi e ripetuti d'espansione e contrazione delle argille) con intensità e frequenza tali da danneggiare moderatamente gli apparati radicali e i manufatti..
Bassa	Suoli non interessati da movimenti verticali oppure interessati da movimenti verticali con intensità e frequenza tali da non interferire significativamente con le radici delle piante e gli eventuali manufatti.

Pendenza

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Superficie pianeggiante	< 0,2
Superficie subpianeggiante	0,2 - 2
Superficie a pendenza debole	3 - 5
Superficie a pendenza moderata	6 - 13
Superficie a pendenza rilevante	14 - 20
Superficie a pendenza forte	21 - 35
Superficie a pendenza molto forte	36 - 60
Superficie a pendenza scoscesa	61 - 90
Superficie a pendenza ripida	> 90

Permeabilità e conducibilità idraulica satura

S'intende per permeabilità la stima in campagna della conducibilità idrica satura, che invece viene misurata in laboratorio.

Permeabilità	Codice	Classe di conducibilità idraulica satura Ksat ($\mu\text{m/s}$)	Proprietà dell'orizzonte
Elevata	1	molto alta > 100	Classe granulometrica frammentale, cineritica o pomicea. Molti pori verticali, medi o più grandi, che si estendono attraverso lo strato.
	2	alta (100-11)	Classe granulometrica mediale pomicea, scheletrico mediale, pomicea cenerosa, scheletrico cenerosa, idro-pomicea, che sia molto friabile, friabile, soffice o sciolta. Con suolo moderatamente umido o bagnato, struttura granulare moderatamente o fortemente sviluppata, poliedrica fortemente sviluppata di ogni dimensione o prismatica più piccola della molto grossolana, senza facce di pressione o slickensides. Pori verticali comuni, medi o più grandi, che si estendono attraverso lo strato.
Media	3	moderatamente alta (10-1,1)	Struttura poliedrica o prismatica molto grossolana e nessuna faccia di pressione o slickensides. Argilla uguale o maggiore del 35%, consistenza soffice, debolmente duro, friabile o molto friabile, senza facce di pressione o slickensides. L'argilla è "subactive" dopo aver sottratto dalla CSC la quantità = 2 (C.O. 1,7).
Media	4	moderatamente bassa (1,0-0,2)	Poche facce di pressione e/o slickensides. Massivo e molto o estremamente resistente, o debolmente cementato. Moderatamente cementato.
Bassa	5	bassa (0,1-0,01)	Facce di pressione e/o slickensides molte o comuni.
	6	molto bassa (< 0,01)	Indurito o molto fortemente cementato

Pietrosità superficiale

Frammenti litoidi superiori a 75 mm di diametro, presenti sulla superficie del suolo.

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Assente	0
Molto scarsa	0,1 - 0,3
Scarsa	0,4 - 1,0
Comune	1,1 - 3,0
Frequente	3,1 - 15,0
Abbondante	15,1 - 50,0
Molto abbondante	50,1 - 90,0
Affioramento di pietre	> 90,0

Profondità utile alle radici

Indica la profondità a strati impenetrabili alle radici. Si assume come orizzonte impenetrabile quello che presenta una radicabilità del 30% o inferiore. La radicabilità è stimata in funzione della compattezza, distribuzione dimensionale dei pori, aerazione, capacità di trattenere l'umidità, condizioni chimiche.

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (cm)</i>
Molto scarsa	< 25
Scarsa	25 - 50
Moderatamente elevata	51 - 100
Elevata	101 - 150
Molto elevata	> 150

Reazione (pH in acqua)

<i>Valutazione</i>	<i>Valori</i>
Estremamente acida	< 4,5
Fortemente acida	4,5 - 5,0
Moderatamente acida	5,1 - 6,0
Debolmente acida	6,1 - 6,5
Neutra	6,6 - 7,3
Debolmente alcalina	7,4 - 7,8
Moderatamente alcalina	7,9 - 8,4
Fortemente alcalina	8,5 - 9,0
Estremamente alcalina	> 9,0

Rischio d'inondazione (inondabilità)

Frequenza e durata

L'inondazione è la temporanea ricopertura della superficie del suolo da parte d'acqua fluitata da ogni tipo di sorgente. L'acqua poco profonda stagnante o fluitante per molto o poco tempo dopo una pioggia è esclusa da questa definizione. L'acqua ferma o che forma una copertura permanente viene esclusa da questa definizione. Le classi riportate di seguito esprimono la probabilità dell'evento nell'arco di 100 anni (si considera il tempo di ritorno sulla base di serie storiche documentate o in base alla testimonianza orale degli abitanti).

<i>Valutazione</i>	<i>Descrizione</i>
Assente	evento non prevedibile o con frequenza ed intensità irrilevante per l'uso agro-forestale
Lieve	1-5 volte 100 anni ⁻¹
Moderato	6-50 volte 100 anni ⁻¹
Alto	>50 volte 100 anni ⁻¹
Comune	le classi (2) e (3) per certi scopi possono essere raggruppate
Sconosciuto	dato non disponibile

<i>Valutazione</i>	<i>Durata</i>
Estremamente breve	< 4 h
Molto breve	4 - 48 h
Breve	2 - 7 gg
Lunga	7 gg - 1 mese
Molto lunga	> 1 mese

Rischio di deficit idrico

Si riferisce al rischio di periodi di deficit idrico nel suolo, in relazione alle caratteristiche interne e stazionali.

CLASSE	FENOMENI
Molto severo	Suoli sottili, pendenti e con esposizione meridionale e/o suoli con capacità idrica molto bassa ($AWC \leq 50$ mm)
Forte	Suoli poco profondi, pendenti e con esposizione meridionale e/o suoli con bassa capacità idrica ($50 < AWC \leq 100$ mm). Tollerato dalle specie più xerofile
Moderato	Suoli moderatamente profondi, in pendenza, o con moderata capacità idrica ($100 < AWC \leq 150$ mm). Tollerato più o meno bene da tutte le specie ma si verificano episodi di deficit idrico
Lieve	Suoli profondi con alta capacità idrica ($150 < AWC \leq 200$ mm), eventualmente con falda o falda sospesa profonda o molto profonda
Assente	Suoli molto profondi con capacità idrica molto alta ($AWC \leq 200$ mm), oppure suoli con falda o falda sospesa da poco profonda a più superficiale

Rocciosità

Rappresenta la percentuale di copertura degli affioramenti rocciosi (materiale con diametro > 500 mm), non rimuovibile con le normali lavorazioni.

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Assente	0
Scarsamente roccioso	0,1 – 2,0
Roccioso	2,1 – 10,0
Molto roccioso	10,1 – 25,0
Estremamente roccioso	25,1 – 90,0
Roccia affiorante	> 90

Saturazione in basi

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Molto bassa	< 35
Bassa	35 - 50
Media	51 - 60
Alta	61 - 75
Molto alta	> 75

Scheletro

Frammenti litoidi superiori a 2 mm di diametro, presenti nel profilo.

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (%)</i>
Assente	0
Scarso	0,1 - 5,0
Comune	5,1 - 15,0
Frequente	15,1 - 35,0
Abbondante	35,1 - 70,0
Molto abbondante	> 70,0

Scorrimento superficiale (run-off)

Lo scorrimento superficiale (detto anche “drenaggio esterno” o “runoff”) si definisce come perdita d’acqua da un’area per scorrimento sopra la superficie del suolo.

<i>Valutazione</i>
Trascurabile
Molto basso
Basso
Medio
Alto
Molto alto

Per la determinazione della classe di scorrimento superficiale si deve definire la pendenza della stazione e la conducibilità idraulica satura dell'orizzonte più limitante nel primo metro di profondità. La concavità è definita come un'area dalla quale dell'acqua non può uscire per scorrimento.

Pendenza (%)	Conducibilità idraulica satura					
	molto alta	alta	moder. alta	moder. bassa	bassa	molto bassa
Concavità	T	T	T	T	T	T
<1	T	T	T	B	M	A
1-5	T	MB	B	M	A	MA
6-10	MB	B	M	A	MA	MA
11-20	MB	B	M	A	MA	MA
≥ 20	B	M	A	MA	MA	MA

Stabilità strutturale (MWD - Mean Weigth Diameter)

Non esiste una tabella interpretativa universalmente accettata per la valutazione agronomica della stabilità strutturale degli aggregati misurata tramite setacciatura in acqua; non esiste, infatti, allo stato attuale, una metodologia ufficiale per la misura della stabilità di struttura. Si riporta una tabella di valutazione frutto del lavoro di ricerca condotto nell'ambito del Progetto "Valutazione dell'attitudine del territorio della provincia di Siena all'olivicoltura e alla viticoltura" (Costantini et al., 2006).

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (mm)</i>
Bassa	< 0,7
Media	0,7 - 1,4
Alta	> 1,4

Tessitura

Si riferisce alla distribuzione per classi di grandezza delle particelle elementari del suolo. Deriva da misura mediante determinazione di laboratorio e/o da stima di campo. Le proporzioni relative tra le principali frazioni granulometriche della terra fine (diametro < 2 mm) vengono descritte secondo i seguenti termini.

Termini generali	Classi fondamentali (USDA, 1993)
Grossolana	Sabbiosa
	Sabbiosa franca
Moderatamente grossolana	Franco sabbiosa
	Franco sabbiosa grossolana
	Franco sabbiosa fine
Media	Franco sabbiosa molto fine
	Franca
	Franco limosa
	Limosa
Moderatamente fine	Franco argillosa
	Franco argilloso sabbiosa
	Franco argilloso limosa
Fine	Argilloso sabbiosa
	Argilloso limosa
	Argillosa

Valori assoluti e percentuali di sodio scambiabile sul complesso di scambio (ESP)

<i>Valutazione</i>	<i>Valori assoluti (meq 100g⁻¹)</i>	<i>ESP (%)</i>
Normale	< 1,0	< 5,0
Leggermente alto	1,1 - 2,0	5,1 - 10,0
Alto	2,1 - 3,0	10,1 - 15,0
Molto alto	> 3,0	> 15,0

Valutazione del rapporto Mg/K

<i>Valutazione</i>	<i>Valori (meq meq⁻¹)</i>
Molto basso	< 0,5
Basso	0,5 - 1,0
Leggermente basso	1,1 - 2,0
Ottimale	2,1 - 6,0
Leggermente alto	6,1 - 10,0
Alto	> 10,0

Bibliografia

- COSTANTINI, E.A.C., BARBETTI, R., BUCCELLI, P., CIMATO, A., FRANCHINI, E., L'ABATE, G., PELLEGRINI, S., STORCHI, P., VIGNOZZI, N., 2006. *Zonazione viticola ed olivicola della provincia di Siena (2006)*. Grafiche Boccacci editore, Colle val d'Elsa (SI), 224.
- GARDIN, L., COSTANTINI, E.A.C., NAPOLI, R., 2002. *Guida alla descrizione dei suoli in campagna e alla descrizione delle loro qualità*. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo e Regione Toscana, Firenze, 83. www.soilmaps.it/download/.
- GIARDINI, L., 1986. *Agronomia generale*. Patron editore, Bologna, 597.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI, 2000. *Metodi d'analisi chimica del suolo*. Franco Angeli, Milano.
- SBARAGLIA, M., LUCCI, E., 1994. *Guida all'interpretazione delle analisi del terreno ed alla fertilizzazione*. Studio Pedon, Pomezia (Roma), 123.
- SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI - REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2002. *Guida alla descrizione delle Unità Tipologiche di Suolo*. Bologna, 66.
- USDA, 1993. *Soil Survey Manual*. Handbook 18, USDA, Washington D.C., 438.