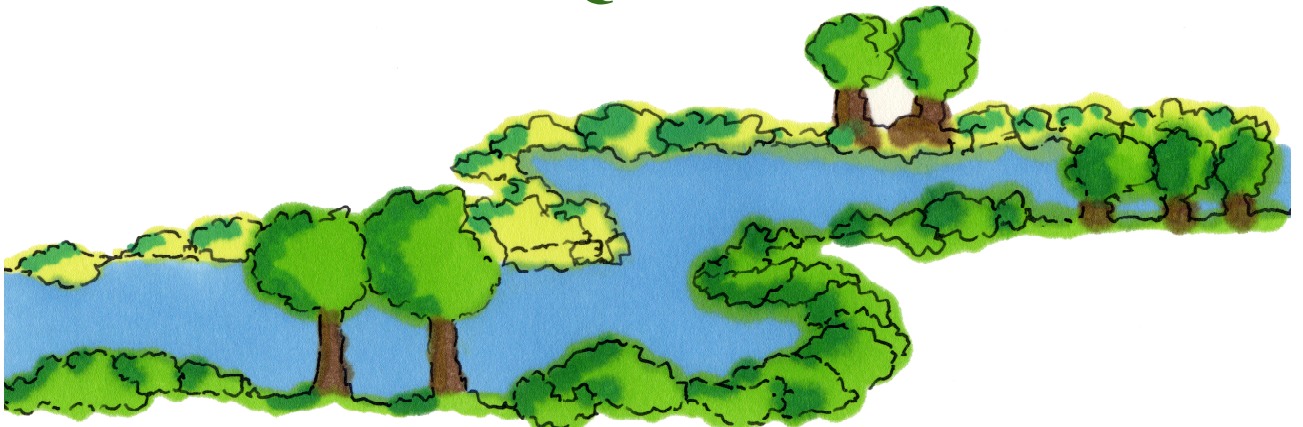


due capitolo

INDICATORI DI QUALITÀ DEL SUOLO



2. INDICATORI DI QUALITÀ DEL SUOLO

Anna Benedetti, Maria Teresa Dell'Abate, Silvia de Bertoldi
CRA - Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante

2.1. INDICATORI AMBIENTALI

La qualità ambientale di un'area o di un territorio può essere stimata e rappresentata con l'uso di opportuni indicatori ambientali. Questi possono essere definiti come strumenti in grado di rappresentare, con differenti livelli di approssimazione, particolari condizioni (eventi, processi, stati complessivi di qualità o criticità) dell'ambiente.

Un buon indicatore deve avere alcune caratteristiche riassumibili in: rappresentatività, accessibilità, affidabilità, operatività. Di regola la qualità di un dato sistema ambientale non può essere riassunta attraverso un unico parametro indicatore. Questa infatti deve combinare spesso informazioni relative a più indicatori che talvolta hanno scale di misura diverse e una diversa importanza ai fini delle valutazioni.

Differenti indicatori possono contribuire con importanza relativa diversa alla definizione di un unico obiettivo di qualità; occorre in questo caso ponderare in modo opportuno il peso dei singoli indicatori.

Ad esempio, l'inquinamento di un corso d'acqua non viene in genere sufficientemente descritto da un singolo parametro, ma utilizzando diversi indicatori (pH, conducibilità, presenza/assenza di inquinanti quali cianuri, metalli pesanti, ecc.).

Differenti indicatori possono quindi contribuire con importanza relativa diversa alla definizione di un unico obiettivo di qualità.

Dalla letteratura è possibile dedurre alcune caratteristiche qualificanti un indicatore, come ad esempio quelle proposte dall'OCSE (OECD, 1999).

Rilevanza politica ed utilità per gli utenti:

- Fornire un quadro rappresentativo delle condizioni ambientali, delle pressioni o delle reazioni della società al cambiamento dello stato dell'ambiente;
- Essere semplici, facili da interpretare ed in grado di mostrare i trend temporali;
- Essere reattivi ai cambiamenti ambientali ed alle attività umane collegate;
- Fornire una base per raffronti internazionali;
- Avere valenza nazionale o essere applicabili a tematiche regionali di rilevanza nazionale;
- Avere un valore soglia o di riferimento, in modo che gli utenti possano valutare il significato dei valori dell'indicatore.

Validità analitica:

- Essere teoricamente ben fondato in termini tecnici e scientifici;
- Essere basato su standard internazionali ed avere un consenso internazionale in termini di validità;
- Prestarsi ad essere collegato a modelli economici, a stime di previsione e a sistemi informativi.

Misurabilità:

- Essere facilmente disponibile o reso disponibile ad un rapporto costo/beneficio ragionevole;
- Essere adeguatamente documentato e di qualità accertata;
- Deve esserne possibile l'aggiornamento ad intervalli regolari secondo procedure ben definite.

Più schematicamente, dunque, un indicatore dovrebbe essere rappresentativo, accessibile ed applicabile.

Rappresentatività: l'indicatore deve essere chiaramente correlabile con un certo fenomeno o una certa caratteristica che si vuole rilevare o controllare; deve essere altamente correlabile con l'effetto suddetto, con una minima dispersione statistica; deve essere difficilmente occultabile da fattori di contorno; deve avere una validità sufficientemente generalizzabile a molte situazioni analoghe, anche se non identiche.

Accessibilità: deve essere facilmente misurabile e possibilmente monitorabile automaticamente; deve essere campionabile facilmente; deve avere una soglia di rilevabilità analitica accessibile con tecniche standard.

Affidabilità: deve avere valori minimi di errori sistematici.

Operatività: deve essere direttamente e facilmente utilizzabile per quantificare azioni di intervento, costi e benefici.

2.2. PARAMETRO, INDICE E INDICATORE: DEFINIZIONI

La prima difficoltà che si incontra nell'interpretare alcuni fenomeni ambientali deriva anche dall'uso improprio della terminologia. Non poche volte infatti vengono confusi gli indici con gli indicatori oppure con i parametri. Occorre fare chiarezza sul significato di alcuni vocaboli che vengono usualmente impiegati quando si parla di aspetti tecnico-normativi. Consultando il vocabolario della lingua italiana (Devoto e Oli, 1990), *parametro*, *indice*, *indicatore* sono così definiti:

Parametro: Variabile, indipendente o coordinata suscettibile di assumere tutti i valori reali o complessi. Punto di riferimento, criterio di misurazione e valutazione.

Indice: Elemento destinato ad indicare il valore della grandezza da misurare. Numero, rapporto che esprime una proprietà in modo qualitativo o quantitativo.

Indicatore: Elemento destinato a fornire dati specifici ai fini di un orientamento.

Date queste prime definizioni base dei termini è opportuno fornire ulteriori informazioni sulle funzioni di ciascun termine sopra indicato, in quanto spesso il loro significato non è sempre chiaro e le varie definizioni si possono sovrapporre a seconda dei casi. Ad esempio uno stesso elemento può essere, in funzione delle diverse situazioni, parametro, indice o indicatore.

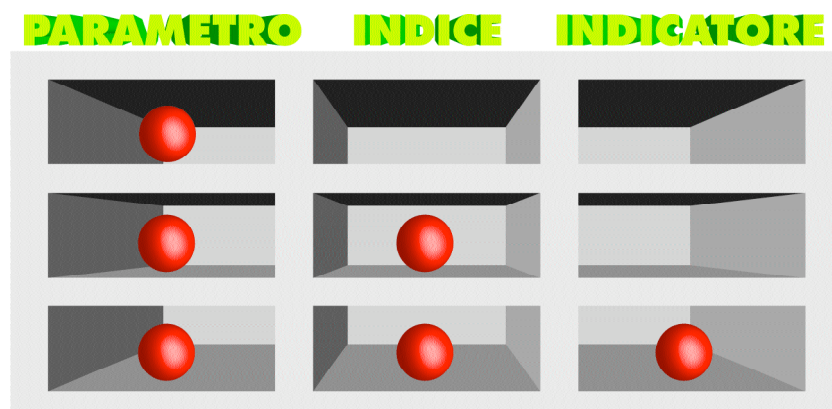
Queste definizioni possono adattarsi a vari settori, dalla matematica alla medicina alla meteorologia ecc.. È importante dunque, per applicare opportunamente le terminologie, comprenderne il significato. Probabilmente utilizzando l'esperienza che ciascuno di noi ha acquisito, per esempio in campo medico, sarà più facile trasporre successivamente la terminologia alla scienza del suolo.

Quando una persona avverte qualche brivido di freddo, un malessere diffuso, dolore alle articolazioni, la prima cosa che fa è di misurarsi la "febbre". Bene, in questo caso la temperatura corporea potrebbe essere un indicatore dell'influenza. La temperatura in genere è un *parametro* che applicato in campo medico diventa un *indice* di salute e successivamente un *indicatore* di una malattia. Infatti, la temperatura corporea dell'uomo presenta valori nella *norma* tra i 36°C e i 37°C. Se questa si abbassa o si alza diventa indice di una patologia, che per essere individuata necessita di accertamenti aggiuntivi. Certo è però che 40°C saranno indicatori di un'alterazione febbrile, mentre 34°C di un inizio di congelamento. Lo *standard*, invece, è riferibile al parametro prescelto (ad esempio la temperatura può essere misurata in gradi Celsius o Fahrenheit e lo standard è rappresentato dall'unità di misura prescelta).

Trasferendo questa terminologia alla scienza del suolo possiamo ad esempio assumere la sostanza organica come *indicatore* di qualità del suolo. Generalmente il contenuto in carbonio organico del suolo agrario è un *parametro* che identifica il contenuto in sostanza organica. Alle nostre latitudini il suo contenuto medio nei suoli agrari oscilla tra l'1 ed il 3%. Una diminuzione nel tempo di questa quantità potrebbe essere *indice* di depauperamento umico e può, se permane nel tempo, essere *indicatore* di perdita della fertilità del suolo. Allo stesso modo l'efficacia di un ammendamento può essere valutata attraverso la misura dell'incremento della quantità di sostanza organica, che diviene quindi un *indice* di efficienza della fertilizzazione utilizzata. La sostanza organica dunque, insieme ad altri

parametri, può quindi diventare *indice* e successivamente *indicatore* di qualità del suolo.

È bene sottolineare che un indice può essere nel contempo parametro e indicatore, mentre un parametro può non essere un indice e un indice può non essere un indicatore (Tab. 2.1).



TAB 2.1.
PARAMETRO, INDICE,
INDICATORE

Secondo l'OCSE (OECD, 1993) vengono date le seguenti definizioni:

Parametro: proprietà che si misura o osserva;

Indicatore: parametro, o valore derivato da un parametro, dal quale è possibile ricavare informazioni circa lo stato di un fenomeno, ambiente, area con un significato estendibile anche al di fuori di un fenomeno, ambiente, area, perché direttamente correlato al valore del parametro.

Indice: insieme di parametri o indicatori aggregati o pesati.

In definitiva secondo l'OCSE la definizione di un indicatore è un concetto molto ampio. Molte istituzioni e molti autori hanno dato una loro definizione di indicatore. Gallopin (1997 in OECD, working document) ad esempio riporta che gli indicatori sono descrivibili in vario modo come: parametri, variabili, misure, elaborazioni statistiche, parametri stimati valori, strumenti di misura, frazioni indici, parti di informazioni, modelli empirici, segnali.

Oltre alle definizioni date precedentemente, risultano utili anche quelle di *Standard* e *Norma*, che vengono usualmente impiegate per definire delle regole anche legislative, mentre nel linguaggio comune vengono utilizzate come sinonimi quando in realtà non lo sono affatto. Sempre riferendoci al vocabolario della lingua italiana (Devoto e Oli, 1990) possiamo quindi definire:

Standard: Elemento conforme ad un determinato modello assunto come normale.

Norma: Singolo precetto morale, tecnico, giuridico riferibile ad una formulazione imperativa determinata all'ambito della generalità per sottolineare l'assoluta obbligatorietà di un comportamento.

Possiamo avere dunque standard di qualità del suolo e norme che li regolano. Ci sono standard e norme ISO e CEN. Le norme emanate dall'Unione Europea (UE) sono note come norme EN.

2.3. STATO DELL'ARTE: INDICATORI DI QUALITÀ A LIVELLO INTERNAZIONALE

Dall'inizio degli anni '80 nel mondo si sta verificando un decremento della capacità produttiva del suolo in oltre il 10% delle terre coltivate, come risultato dell'erosione dei suoli, dell'inquinamento atmosferico, delle coltivazioni, dell'eccessivo pascolo, della salificazione e soprattutto della desertificazione. Come per l'aria e l'acqua anche per il suolo la sua qualità ha un grande effetto sulla salute e sulla produttività di un dato ecosistema e del suo ambiente.

Un set di indicatori base per valutare la salute e la qualità del suolo non è stato ancora ben definito, nonostante le diverse proposte sia della Soil Science Society of America (SSSA), che di vari organismi internazionali. Ciò è dovuto soprattutto alla dif-

difficoltà di definire e identificare che cosa rappresenta la qualità del suolo e come questa può essere stimata. La difficoltà di individuare caratteristiche fondamentali del suolo che possano servire come indicatori di qualità è data inoltre dai numerosi fattori chimici, fisici e biologici coinvolti e dalle loro variazioni nel tempo, nello spazio e nell'intensità.

Molte definizioni di qualità del suolo sono state date in questi ultimi anni, ma quella che sembra meglio riassumere il concetto è stata data da Doran e Parkin (1994), quale *“La capacità del suolo di interagire con l'ecosistema per mantenere la produttività biologica, la qualità ambientale e promuovere la salute animale e vegetale”*. In altre occasioni sono stati individuati tre criteri essenziali per la qualità del suolo (Rodale Institute, 1991).

Produttività: La capacità del suolo di aumentare la produttività biologica e delle piante.

Qualità ambientale: La capacità del suolo di attenuare le contaminazioni ambientali, i patogeni ed i danni esterni.

Salute degli organismi viventi: l'interrelazione tra la qualità del suolo e la salute delle piante, degli animali e dell'uomo.

Durante il congresso internazionale della International Society of Soil Science tenutosi a Montpellier (agosto 1998) si è parlato di qualità del suolo. In particolare McGrath (1998) ha espresso la qualità del suolo come quella funzione del suolo da cui la biosfera dipende per la sua continua sopravvivenza, schematizzandone i requisiti fondamentali nel seguente modo:

Produzione di fibre alimentari

Supporto per la crescita delle piante

Filtro per l'acqua e gli inquinanti

Funzionalità dell'ecosistema

Degradazione degli inquinanti organici.

Nel dicembre 1998 si è altresì tenuta a Roma, nell'ambito del Convegno Azione Cost 831 sulle biotecnologie del suolo per il ripristino, il monitoraggio e la conservazione della fertilità, una tavola rotonda sulla definizione della qualità del suolo (Benedetti et al., 2000). Richard Burns, che guidava il dibattito, alla domanda “Possiamo definire, manipolare o misurare la qualità del suolo?” ha suggerito di selezionare definizioni inerenti le funzioni del suolo, ribadendo l'importanza di considerare che i suoli sono diversi. Inoltre sono state avanzate altre osservazioni sulla procedura per la valutazione della qualità del suolo, in cui si sottolineavano i seguenti punti critici:

Che cosa è importante definire per raggiungere uno standard di qualità del suolo?

Possiamo misurare la qualità del suolo in ogni scala?

Quali mezzi di standardizzazione abbiamo a disposizione in grado di tenere in considerazione l'eterogeneità, le specie e la plasticità, non senza trascurare le proprietà chiave ed il tasso di trasformazione potenziale vs. i processi?

Dopo l'elencazione di tutti i tipi di misurazioni possibili, conclude che applicare un solo parametro per la qualità del suolo è irrealistico.

Nell'ambito del dibattito Paolo Nannipieri ha indicato che le proprietà chimiche e fisiche del suolo sono generalmente più stabili e quindi più semplici da individuare mentre i microrganismi del suolo essendo più sensibili sono suscettibili di variazioni indipendenti dalla qualità del suolo. Sta inoltre indagando sul significato delle differenti stime microbiologiche.

Phil Brookes ha commentato che gli effetti dell'inquinamento del suolo possono dipendere dai tipi di suolo e di conseguenza le caratteristiche abiotiche dovrebbero essere prese in considerazione quando si tratta di qualità del suolo.

Benché non siano state tratte delle conclusioni, sembra fondamentale separare i livelli di qualità e di salute/tossicità del suolo.

Parametri qualificativi

I parametri per la valutazione della qualità del suolo possono essere suddivisi in fisici, chimici e biologici, ma è fondamentale un'integrazione tra essi.

Attualmente anche presso gli organismi di normazione internazionale si sta discutendo molto in merito alla definizione di standard di qualità del suolo.

Ad esempio l'EPA (US Environmental Protection Agency) ha proposto come indicatori chimici della qualità del suolo ben 1800 parametri. Presso l'OCSE è in corso una attività per la definizione degli indicatori agro-ambientali tra i quali quelli inerenti la qualità del suolo. Tra tutti gli indicatori di area (ben 247) vengono proposti 58 indicatori per la qualità del suolo. Tra i diversi indicatori chimici troviamo il 34, specifico per il contenuto di sostanza organica stimata per mezzo di modelli e l'indicatore 64 per la sostanza organica del suolo, espressa in peso per unità di volume.

Per quanto riguarda gli indicatori fisici, troviamo il 61, specifico per la compattazione e la formazione di croste (deterioramento della struttura) misurato in percentuale dell'area dove si verificano formazioni di croste o compattamento.

Molto più ricche sono le tabelle proposte dall'ISO TC 190 "Soil Quality" per i parametri fisici, chimici e biologici indispensabili da prendere in considerazione nel ripristino dei suoli (tab.2.2; tab.2.3; tab.2.4):

TABELLA 2.2.

(ISO TC 190 "SOIL QUALITY" – SC7 "SOIL AND SITE ASSESSMENT" DOCUMENTO DI LAVORO)

PARAMETRI FISICI

PARAMETRI	STANDARD INTERNAZIONALI
Caratteristiche petrografiche	
Mineralogia	
Natura della roccia madre	
Profilo del suolo	
Tessitura	
Contenuto d'acqua	ISO 10537
Presenza di radici ecc.	
Conducibilità idraulica	DIS 11275-1 /DIS 11275-2
Pressione dell'acqua nei pori	CD 15048 /ISO 11276
Indice di plasticità	
Consistenza	
Stabilità della struttura	
Grado di infiltrazione	
Distribuzione della dimensione delle particelle	ISO 11277
Stato di aggregazione	DIS 11273-1
Scheletro	CD 11273-2
Densità apparente	FDIS 11272

TABELLA 2.3. (ISO TC 190 “SOIL QUALITY”– SC7 “SOIL AND SITE ASSESSMENT”, DOCUMENTO DI LAVORO)
PARAMETRI CHIMICI

PARAMETRI	STANDARD INTERNAZIONALI
PH	ISO 10390
Potenziale redox	ISO 11271
Salinità	
Sodio	
Carbonio organico totale	ISO 10694
Perdite alla calcinazione a specifiche temperature	
Capacità di scambio cationico	ISO 11260 /ISO 13526
Contenuto di sostanza secca	ISO 11465
Carbonati	ISO 10693
Conducibilità elettrica specifica	ISO 11265
Acidità di scambio	DIS 14254

TABELLA 2.4. (ISO TC 190 “SOIL QUALITY”– SC7 “SOIL AND SITE ASSESSMENT”, DOCUMENTO DI LAVORO)
PARAMETRI BIOLOGICI

PARAMETRI	STANDARD INTERNAZIONALI
Attività microbica	ISO 14239 / ISO 11266/ ISO 14238 / NP 15473
Specie vegetali nocive	
Tossicità per la pianta	ISO 11269
Tossicità per i microrganismi	
Presenza di patogeni	
Biomassa microbica	ISO 14240
Tossicità per la macrofauna	ISO 11268

La tabella 2.5, tratta da documenti elaborati dalla Soil Science Society of America, illustra l’impatto che hanno gli indicatori selezionati per la qualità del suolo su alcuni processi, mentre nella tabella 2.6 vengono riportati i parametri suggeriti dalla Soil Science Society of America (SSSA).

TABELLA 2.5. IMPATTO CHE HANNO GLI INDICATORI SELEZIONATI PER LA QUALITÀ DEL SUOLO SU ALCUNI PROCESSI (KARLEN ET. AL, 1997):

INDICATORI	IMPATTO SU ALCUNI PROCESSI DEL SUOLO
Sostanza organica	Ciclo dei nutrienti, ritenzione dei pesticidi e dell’acqua
Infiltrazione	Potenziale di percolamento, efficienza delle piante nell’uso dell’acqua, potenziale di erosione
Aggregazione	Struttura del suolo, resistenza all’erosione, emergenza delle colture, infiltrazione
pH	Disponibilità di nutrienti, assorbimento e mobilità dei pesticidi
Biomassa microbica	Attività biologica, ciclo dei nutrienti, capacità di degradare i pesticidi
Forme di azoto	Disponibilità per le colture, potenziale di percolamento, grado di mineralizzazione e di immobilizzazione
Densità apparente	Penetrazione delle radici delle piante, spazio riempito dall’aria e dall’acqua dei pori, attività biologica
Profondità dello strato superficiale	Volume radicale, disponibilità di acqua e nutrienti
Conduttività o salinità	Infiltrazione idrica, crescita delle colture, struttura del suolo
Nutrienti disponibili	Capacità di sostenere la crescita delle piante, rischio ambientale

TABELLA 2.6.

CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E BIOLOGICHE PROPOSTE DALLA SSSA COME INDICATORI BASE PER LA QUALITÀ DEL SUOLO E BASATE SULLA DEFINIZIONE DI DOREN E PARKIN (1994)

Caratteristiche del suolo	Metodologia
	Indicatori fisici
Tessitura del suolo	Metodo dell'idrometro
Profondità del suolo e degli apparati radicali	Estrazione e scavo del suolo
Densità apparente e infiltrazione	Determinazione di campo con l'uso di anelli di infiltrazione
Caratteristiche di ritenzione idrica	Contenuto idrico ad una tensione di 33 e 1500 kPa
Contenuto idrico	Analisi gravimetrica (perdita di peso nelle 24 ore a 105°C)
Temperatura del suolo	Termometro a mano
	Indicatori chimici
C e N organici totali	Combustione (metodo volumetrico)
pH	Determinazione di campo e di laboratorio con pHmetro
Conduttività elettrica	Determinazione di campo e di laboratorio con conduttimetro
N (NH ₄ e NO ₃), P e K minerali	Determinazione di campo e di laboratorio (metodo volumetrico)
	Indicatori biologici
C e N della biomassa microbica	Fumigazione/incubazione con cloroformio (metodo volumetrico)
N potenzialmente mineralizzabile	Incubazione anaerobica (metodo volumetrico)
Respirazione del suolo	Determinazione di campo per mezzo di anelli di infiltrazione coperti ed in laboratorio con la misura della biomassa
C biomassa /C organico totale Respirazione/biomassa	Stima della stabilità dell'ecosistema

2.4. STATO DELL'ARTE: INDICATORI DI QUALITÀ DEL SUOLO A LIVELLO NAZIONALE

A livello nazionale ancora non disponiamo di indicazioni legislative, ad eccezione della direttiva sulla bonifica dei siti contaminati (Art. 17 DL 5/2/97 n°22), che comunque non definisce un livello di qualità del suolo, bensì dei valori di accettabilità minima per alcuni parametri per una riconversione d'uso di quel suolo. Tuttavia non poche sono le attività in corso che condurranno all'identificazione di un numero di parametri in grado di definire le condizioni, o *status*, di qualità dei suoli italiani. Si citano qui alcune di queste iniziative:

Sulla spinta di numerosi atti normativi che nell'ultimo decennio sono stati emanati a livello comunitario per fissare norme sulle relazioni tra agricoltura e qualità dell'ambiente come ad esempio la Direttiva 91/676 sulla protezione delle acque dai nitrati (Benedetti e Sequi, 1995) la Società Italiana per la Scienza del Suolo ha istituito una nuova commissione "Suolo e Ambiente" nell'ambito della quale ha iniziato a lavorare un gruppo denominato "Suoli e siti contaminati". Molte regioni hanno attivato tavoli di concertazione per definire indici di inquinamento del suolo. Ad esempio le Regioni Toscana e Piemonte hanno la legge 20/93 "Linee guida per gli interventi di bonifica dei terreni contaminati" (8 marzo 1995). La Regione Friuli Venezia Giulia ha la legge 4 settembre 1991 n.42 "Norme in materia di recupero di aree degradate a seguito di attività di smaltimento dei rifiuti o estrattive", e così altre Regioni presentano leggi simili sulla tutela del territorio. A livello di normazione nazionale disponiamo ad esempio di standard UNI e di una guida UNI, sempre sull'inquinamento del suolo (UNICHIM, 1997). L'ANPA (Associazione Nazionale Protezione Ambiente) ha istituito con sede a Torino il Centro Tematico Nazionale suoli e siti contaminati, nell'ambito del Sistema nazionale conoscitivo e dei controlli in campo ambientale. In tabella 2.7 si riportano i set di indicatori proposti (Nappi, 2000). Un ulteriore passo è l'adozione, da parte della Commissione Europea, della *Strategia Tematica per la Protezione del Suolo* (CE, 2006), base per l'emanazione di una futura Direttiva Comunitaria (COM (2006) 231; SEC (2006) 1165; SEC (2006) 620).

Considerare solo l'inquinamento comunque è riduttivo; sarebbe utile, se non indispensabile, potere definire la qualità del suolo in termini assoluti per poi successivamente definirne eventuali pressioni in senso positivo o negativo. In questo contesto è nata l'iniziativa dell'*Osservatorio Nazionale Pedologico* del *Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali* di investire tempo e denaro nella realizzazione di un atlante di indicatori per la qualità del suolo, puntando inizialmente all'individuazione di alcuni parametri chimici, fisici e biologici.

Dal panorama scientifico descritto appare evidente come non esista un parametro o un gruppo minimo di essi univocamente definito per la qualità del suolo, ma di volta in volta i parametri vanno individuati in funzione delle destinazioni d'uso del suolo da un lato e delle problematiche territoriali dall'altro.

Come già detto, per l'Italia e per l'area mediterranea in generale le problematiche già presenti riguardano il pericolo di desertificazione, di erosione dei suoli, ecc. In questo contesto i parametri relativi alla quantità e alla qualità della sostanza organica del suolo, quelli tipici relativi alla porosità ed al grado di compattamento del suolo e quelli relativi alla quantità ed attività della biomassa microbica del suolo sembrano essere al momento i più idonei per definire le condizioni di qualità dei suoli italiani.

TABELLA 2.7. INDICATORI SSC-T-DOS-99-03, CENTRO TEMATICO NAZIONALE SUOLO E SITI CONTAMINATI

N°	Tema	Indicatori e/o indici	Priorità
DRIVING FORCES			
1	18/19/20/21	Uso del suolo	Prioritario
2	19/20	Densità di popolazione	Prioritario
3	19/20/21	Urbanizzazione e infrastrutture -(D/P)	Prioritario
4	21	% addetti ad attività produttive	Prioritario
5	21	Area destinata ad attività produttive	
6	20	N° e dimensione delle aziende agricole	Prioritario
7	20	Superficie totale aziende agricole (ST)	
8	20	Superficie agricola utilizzabile (SAU)	
9	20	Rapporto SAU/ST	Prioritario
10	20	Numero addetti in agricoltura	
11	20	Reddito degli addetti in agricoltura (UDE)	
12	20	Giornate di lavoro degli addetti in agricoltura	
PRESSURES			
13	20	Utilizzo di fertilizzanti minerali (N, P, K)	Prioritario
14	20	Fertilizzazione organica	Prioritario
15	20	Contenuto metalli pesanti nei fertilizzanti minerali ed organici	
16	20	Utilizzo di fitofarmaci (erbicidi, fungicidi, insetticidi)	Prioritario
33	20	Aree usate per agricoltura intensiva	Prioritario
17	19/20	Consistenza degli allevamenti zootecnici	Prioritario
18	20	Produzione di liquami zootecnici	
19	20	Contenuto metalli pesanti nei liquami zootecnici	
20	21	Siti potenzialmente contaminati	Prioritario

N°	Tema	Indicatori e/o indici	Priorità
21	21	Siti effettivamente contaminati	Prioritario
22	21	Siti industriali dismessi	Prioritario
23	21	Impianti di trattamento e smaltimento rifiuti	
24	21	Attività a rischio di incidente rilevante	Prioritario
25	21	Impianti di stoccaggio fuori terra o interrati	
26	21	Diffusione e localizzazione degli impianti produttivi per tipologie potenzialmente inquinanti	
27	21	Consumo di sostanze tossiche organiche ed inorganiche da parte delle attività produttive	
28	21	Siti di estrazione di minerali prima categoria	Prioritario
29	21	Siti di estrazione di minerali seconda categoria	Prioritario
30	21	Scarichi idrici industriali e misti	
31	21	Produzione di rifiuti pericolosi	
32	21	Aree di spagliamento sul suolo di scarichi fognari	
33	20	Aree usate per agricoltura intensiva	Prioritario
34	20	Cambio nelle pratiche d'uso agricolo	
35	19	Rischio di compattazione in relazione al numero e potenza delle trattrici	Prioritario
36	18/19	Perdita di zone umide per bonifica -(P/I)	
37	19	Grandi movimenti di terra nelle aree agricole	Prioritario
STATES			
38	18/21	pH del suolo	Prioritario
39	18	Capacità di scambio cationico del suolo	Prioritario
40	18/19	Tessitura del suolo	Prioritario
41	18/19	Contenuto in sostanza organica del suolo	Prioritario
42	19	Contenuto di sostanza organica umificata	
43	18	Contenuto in P assimilabile e K scambiabile del suolo	
44	18/21	Contenuto in metalli pesanti totali del suolo	Prioritario
44a	18	Contenuto in As	Prioritario
44b	18	Contenuto in Cd	Prioritario
44c	18	Contenuto in Cr	Prioritario
44d	18	Contenuto in Cu	Prioritario
44e	18	Contenuto in Hg	Prioritario
44f	18	Contenuto in Ni	Prioritario
44g	18	Contenuto in Pb	Prioritario
44h	18	Contenuto in Zn	Prioritario
STATES			
45	18	Contenuto in metalli pesanti assimilabili del suolo	
46	18	Contenuto di fitofarmaci nel suolo	
47	18	Bilancio di nutrienti nel suolo (input/output di nutrienti)	Prioritario
48	19	N potenzialmente mineralizzabile	
49	19	C e N della biomassa microbica	
50	19	C biomassa / C organico totale	
51	19	Respirazione del suolo	Prioritario
52	19	Respirazione/biomassa	
53	19	Carica microbica	
93	19	Erosione Eolica	Prioritario
54	19	Attività enzimatica	
55	19	Biodiversità -(S/I)	
56	19	Porosità del suolo	

N°	Tema	Indicatori e/o indici	Priorità
57	19	Conducibilità idraulica satura	
58	19	Grado di compattamento e suscettibilità al compattamento	
59	19	Strati compatti lungo il profilo	
60	19	Croste superficiali e suscettibilità alla loro formazione	
61	19	Crepacciamento	
62	19	Perdita di struttura	
63	19	Erodibilità	Prioritario
64	21	Sostanze organiche inquinanti nel suolo	
65	21	Limitazioni d'uso del suolo -(S/I)	
88	18/19	Conducibilità elettrica	
89	18/19	Profondità del suolo	Prioritario
90	19	Ritenzione idrica	
91	19	Pendenza del suolo	
92	19	Erosione Idrica	Prioritario
96	18/19	Salinizzazione	
98	19	Rischio di desertificazione	Prioritario
IMPACTS			
66	18	Contenuto di nitrati nelle acque sotterranee	Prioritario
67	18	Contenuto di fitofarmaci nelle acque sotterranee	Prioritario
68	18	Contenuto di P tot nelle acque superficiali	
69	18	Apporti di N e P a fiumi e mari	
70	21	Incidenti rilevanti riscontrati	Prioritario
71	21	Sversamenti sul suolo per eventi accidentali	Prioritario
72	21	Contenuto di metalli pesanti nella falda	
73	21	Sostanze organiche inquinanti nella falda	
74	21	Sostanze inorganiche inquinanti nella falda	
75	19	Rilascio di sedimento da aree agricole -(I/P)	Prioritario
97	19	Superficie totale percorsa da incendi	Prioritario
RESPONSE			
76	20	Aree destinate a set-aside (Reg.CEE 1094/88)	
77	20	Aziende che aderiscono a misure agroambientali (Reg.CEE 2078-2080/92,)	
78	20	Aziende convertite all'agricoltura biologica (Reg. CEE 2092/91)	
79	20	Utilizzo di sostanza organica di qualità in agricoltura	
80	20	Vendita macchine agricole per localizzazione concimi	
81	20	Vendita macchine agricole per localizzazione erbicidi	
83	18/19/20	Superficie di aree protette	Prioritario
84	20/21	Cambiamento di uso del suolo -(R/I)	
85	21	Piani regionali di bonifica	Prioritario
86	21	Siti bonificati	Prioritario
87	21	Aziende che hanno attuato un S.G.A. (Sistema di Gestione Ambientale) secondo EMAS e/o ISO 14000	Prioritario
94	21	Costo stimato per gli interventi di bonifica	Prioritario
95	20	Superfici adibite a coltivazioni a basso impatto ambientale	Prioritario

2.5 METODI UFFICIALI DI ANALISI

Il tema della standardizzazione a livello nazionale e della successiva ufficializzazione dei metodi analitici per il suolo è strettamente connesso con quello dell'identificazione di indicatori di qualità del suolo. L'uso di un linguaggio analitico comune è infatti importante per ridurre eventuali problemi di interpretazione dei dati.

La Società Italiana della Scienza del Suolo, insieme all'Osservatorio Nazionale Pedologico del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, da anni sta lavorando alla redazione di una collana di metodi analitici per l'agricoltura, diretta dal Prof. Paolo Sequi, molti dei quali sono stati approvati come metodi nazionali di riferimento. Ad oggi, vi sono i metodi ufficiali di analisi del suolo, che ampliano la lista di metodi ufficiali pubblicati con DM 11/05/92, Suppl. Ord. G.U. n. 121 del 25/5/92: analisi fisica del suolo (DM 01/08/97 Suppl. Ord. G.U. n. 204 del 02/09/97), analisi chimica del suolo (DM 13/09/99 Suppl. Ord. G.U. n. 248 del 21/10/99), analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico (DM 23/03/2000 Suppl. Ord. G.U. n. 87 del 13/4/2000), analisi microbiologica del suolo (DM 08/07/2002 Suppl. Ord. G.U. n. 179 del 01/08/2002), analisi biochimica del suolo (DM 23/02/2004 Suppl. Ord. G. U. n. 47 del 13/03/2004), analisi mineralogica del suolo.

2.6 BIBLIOGRAFIA

- Benedetti A., Sequi P. (coordinatori). 1995. *Codice di Buona Pratica Agricola*. Quaderno della collana Progetto PANDA n°1. Edagricole.
- Benedetti A., Tittarelli F., Pinzari F., de Bertoldi S. 2000. *Proceedings of joint WGs meeting of the Cost Action 831, Biotechnology of soil: monitoring, conservation and remediation*. Rome, 10-11 December 1998. Directorate general XII Science Research and development .
- CE- Commissione Europea. 2006. *A strategy to keep Europe's soils robust and health*. <http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>
- Devoto G., Oli G.C. 1990. *Il dizionario della lingua italiana*. Felice LeMonnier, Firenze.
- Doran, J.W., T.B. Parkin. 1994. *Defining and Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, 677 Sgoe Rd., Madison WI 53711, USA. In *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSS Special Publication n.35.
- Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E. 1997. *Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation*. Soil Science Society of America Journal 61: 4-10.
- Mc Grath, S. 1998. *Soil Remediation: Criteria and indicators of soil quality*. Proceedings of the 16th World Congress of Soil Science, Montpellier (cd-rom).
- Ministero per le Politiche Agricole – Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. 1997. *Metodi di analisi fisica del suolo* (coord. M. Pagliai). Franco Angeli Editore.
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali – Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. 2000. *Metodi di analisi chimica del suolo* (coord. P. Violante). Franco Angeli Editore.
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali – Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo. 2001. *Metodi di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico* (coord. G. Mecella). Franco Angeli Editore.
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali – Osservatorio Nazionale Pedologico. 2002. *Metodi di analisi microbiologica del suolo* (coord. G. Picci e P. Nannipieri). Franco Angeli Editore.
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali – Osservatorio Nazionale Pedologico. 2004. *Metodi di analisi biochimica del suolo* (coord. A. Benedetti e L. Gianfreda). Franco Angeli Editore.
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali – Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo Agricolo e Forestale. 2005. *Metodi di analisi mineralogica del suolo* (coord. P. Adamo). Franco Angeli Editore.
- Nappi P. 2000. *Rappresentare la qualità del suolo mediante indicatori e indici: l'esperienza del Centro Tematico Nazionale suolo e siti contaminati*. Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali 118°, vol. XXIV, pp.249-274.
- OECD. 1993. *OECD Core set of indicators for environmental performance reviews – A synthesis report by the group on the state of the environment*. Environmental Monographs no. 83. OECD7GD(93)179. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- OECD. 1999. *Environmental indicators for agriculture*, vol.2, *Issues and Design*. The York Workshop, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- Rodale Institute. 1991. *Conference report and abstract, Int. Conf. On the Assessment and Monitoring of Soil Quality*. Emmaus, PA. 11-13 July 1991. Rodale Press. Emmaus, PA.
- UNICHIM. 1997. *Linee guida per la valutazione di terreni e falde contaminati: aspetti normativi e analisi di rischio*. Manuale n°185.