RegioneEmilia-Romagna
Area Geologia, Suoli e Sismica

Consiglio Nazionale delle Ricerche | Istituto per la BioEconomia

CARTA DELLA DOTAZIONE IN SOSTANZA ORGANICA DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

strato 0-30 cm

scala 1:50.000

2023

3^ edizione

NOTE ILLUSTRATIVE

a cura di:

Paola Tarocco — *Area Geologia, Suoli e Sismica - RER*

Fabrizio Ungaro — *Consiglio Nazionale delle Ricerche*

A cura di:

Paola Tarocco - Area Geologia, Suoli e Sismica. Settore Difesa del Territorio – Regione Emilia-Romagna

Fabrizio Ungaro - CNR – Istituto per la Bioeconomia

In copertina:

foto Archivio Area Geologia, Suoli e Sismica

Immagine coordinata:

Simonetta Scappini
Area Geologia, Suoli e Sismica - Settore Difesa del Territorio – Regione Emilia-Romagna

Il presente documento è rilasciato secondo i termini della licenza Creative Commons 4.0 Attribution (Attribuzione). I contenuti (salvo marchi, segni distintivi o altro diversamente specificato) possono essere riprodotti, distribuiti, comunicati, esposti, rappresentati e modificati rispettando la seguente condizione:
citazione della fonte (“Regione Emilia-Romagna”) e il titolo del documento.
Una sintesi della licenza si trova alla pagina https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it
Per eventuali aggregazioni o rielaborazioni dei contenuti finalizzate alla realizzazione di prodotti diversi dall'originale, pur permanendo l'obbligo di citazione della fonte, si declina ogni responsabilità

RegioneEmilia-Romagna

Direzione Generale cura del territorio e dell’ambiente
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
Viale della Fiera 8, 40127 Bologna
telefono: 051 5274792
fax: 051 5274208
e-mail: segrgeol@regione.emilia-romagna.it
PEC: segrgeol@postacert.regione.emilia-romagna.it
Sito web: http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cosa-fa-la-regione-2

INDICE

1 INTRODUZIONE 5

2 DEFINIZIONI 5

2.1 Sostanza organica 5

2.2 Efficienza degli ammendanti organici 6

2.3 Funzione strutturale della materia organica 6

3 DESCRIZIONE DELLA CARTA 7

3.1 Dotazione di sostanza organica per province di terre in scala 1:1.000.000 9

3.2 Dotazione di sostanza organica per distretti agricoli 13

3.3 Dotazione di sostanza organica per zone altimetriche 15

4 METODOLOGIA UTILIZZATA 16

5 CONSULTAZIONE DELLA CARTA SUL WEB 17

5.1 Elenco dei siti di consultazione e loro caratteristiche 17

5.2 Consultazione sul GeoViewER Moka 18

5.3 Consultazione sul sito basato su GOOGLE EARTH 19

5.4 Consultazione sul sito CATALOGO DEI SUOLI REGIONALE 20

5.5 Scaricamento dati 21

5.6 Consultazione come servizio WMS 22

6 ALLEGATO. DESCRIZIONE DELLE PROVINCE DI TERRE 23

7 BIBLIOGRAFIA 25

1 INTRODUZIONE

La "Carta della dotazione in sostanza organica dei suoli della regione Emilia-Romagna" descrive qualitativamente il contenuto di sostanza organica nei primi 30 cm di suolo, in funzione della classe tessiturale del suolo stesso.
Questa terza edizione segue l'aggiornamento della carta del contenuto percentuale di carbonio organico e della tessitura dei suoli regionali del 2023. Gli aggiornamenti sono resi possibili dalla continua attività di rilevamento che l'area Geologia, Suoli e Sismica del settore Difesa del Territorio e il settore programmazione, sviluppo del territorio e sostenibilità delle produzioni promuovono grazie a fondi provenienti sia dalla DG Cura del territorio e dell'ambiente che dalla DG Agricoltura, caccia e pesca tramite il Piano di Sviluppo Rurale.

Questo elaborato vuole fornire informazioni utili per l'applicazione di tecniche agricole più razionali e sostenibili promosse dalla Regione Emilia-Romagna (RER) attraverso il Programma di Sviluppo Rurale (PSR) al fine di ottenere prodotti di qualità garantita, nel rispetto dell'ambiente e della salute dell'uomo. La conoscenza della dotazione di sostanza organica dei terreni può contribuire al conseguimento di tali finalità, integrando così le norme e le indicazioni tecniche contenute nei disciplinari di produzione integrata (D.P.I.). Essa inoltre può orientare territorialmente l'adesione alle azioni dei programmi di sviluppo rurale volte all'incremento o quantomeno alla conservazione della sostanza organica e consentire successivamente la valutazione dell'efficacia dell'applicazione delle azioni.

I disciplinari di produzione integrata prevedono la pratica della fertilizzazione organica anche con l'obiettivo di favorire e proteggere la funzione strutturale della sostanza organica.
Se da un lato si vuole favorire il mantenimento e/o l'incremento del contenuto di sostanza organica nei suoli, dall'altro le stesse pratiche forniscono elementi nutritivi che vanno commisurati alle reali esigenze delle colture. In particolare, è necessario contenere gli apporti di azoto per limitare il rischio di inquinamento delle acque in conseguenza dei fenomeni di lisciviazione. Come meglio riportato nei paragrafi successivi, i quantitativi massimi di ammendanti organici utilizzabili annualmente sono funzione della dotazione in sostanza organica del suolo.

2 DEFINIZIONI

2.1 Sostanza organica

La sostanza organica (SO) nel suolo rappresenta circa l'1-3 % della fase solida in peso e il 12-15% in volume; ciò significa che essa costituisce una grossa parte delle superfici attive del suolo e, quindi, ha un ruolo fondamentale sia per la nutrizione delle piante (mineralizzazione e rilascio degli elementi nutritivi, sostentamento dei microrganismi, trasporto di P e dei microelementi alle radici, formazione del complesso di scambio dei nutrienti) e sia per la struttura del terreno (aerazione, aumento della capacità di ritenzione idrica, limitazione nella formazione crosta superficiale, limitazione del compattamento e dell'erosione).

Data la complessità strutturale della sostanza o materia organica in laboratorio si preferisce eseguire la determinazione del contenuto di carbonio organico (espresso come percentuale in peso) che per convenzione può essere ricondotto al valore di sostanza organica (espressa come percentuale in peso) attraverso il fattore di Van Bemmelen (S.O. = 1,724 C.O. Jackson, 1965).
I valori analitici di CO alla base della elaborazione geo-statistica sono stati determinati con due metodi di laboratorio:

1. Walkley and Black modificato (D.M. 13/9/99 Metodo VII.3)
2. Analizzatore Elementare (D.M. 13/9/99 Metodo VII.1- ISO10694).

Nella presente analisi, a carattere esclusivamente regionale, i metodi VII.3 e VII.1. sono stati ritenuti confrontabili.

Il contenuto di SO dei suoli dipende da diversi fattori ambientali quali clima (temperature, umidità), tipo e condizione dei suoli, vegetazione e nei suoli agricoli dipende molto anche dall'uso e dal tipo di gestione. Spesso i terreni agricoli ne sono deficitari in quanto le intense lavorazioni favoriscono la mineralizzazione e gli scarsi apporti tramite i residui colturali non sono sufficienti a ripristinare la sostanza organica perduta.
Data la diversa capacità dei suoli di immagazzinare SO i D.P.I. propongono di valutarne il contenuto in funzione della classe tessiturale secondo il seguente schema:

GIUDIZIO	Dotazione di sostanza organica %			
	Terreni sabbiosi (S-SF-FS)	Terreni medio impasto (F-FL-FA-FAS)	Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L)	CLASSE DI DOTAZIONE PER SCHEDE STANDARD
Molto basso	<0,8	<1,0	<1,2	Scarsa
Basso	0,8-1,4	1,0-1,8	1,2-2,2	
Medio	1,5-2,0	1,9-2,5	2,3-3,0	Normale
elevato	>2,0	>2,5	>3,0	Elevata

Tabella 1. Schema di valutazione secondo D.P.I. - Norme Generali, 2023

2.2 Efficienza degli ammendanti organici

Ai fini dell'utilizzazione agronomica si considerano ammendanti quei fertilizzanti, come ad esempio il letame bovino maturo, in grado di migliorare le caratteristiche del terreno e che diversamente da altri effluenti zootecnici come i liquami e le polline rilasciano lentamente ed in misura parziale l'azoto in essi contenuto. Come caratteristiche minime di riferimento si può assumere che detti materiali debbano avere un contenuto di sostanza secca > al 20% ed un rapporto C/N maggiore di 11. Mediamente si considera che nell'anno di distribuzione circa il 40% dell'ammendante incorporato nel suolo subisca un processo di completa mineralizzazione.

2.3 Funzione strutturale della materia organica

L'apporto di ammendanti (letame, compost e digestato palabile) con lo scopo di mantenere e/o accrescere il contenuto di sostanza organica nei terreni è una pratica da favorire. D'altra parte, apporti eccessivi effettuati con una logica di "smaltimento" aumentano i rischi di perdite di azoto e di inquinamento ambientale.

Sono pertanto fissati i quantitativi massimi utilizzabili annualmente in funzione del tenore di sostanza organica del terreno come riportati in Tabella 2.

Classe di dotazione in sostanza organica	Apporti massimi annuali (t s.s./ha)
Scarsa	15
Normale	13
Elevata	9

Tabella 2. Apporti massimi di ammendanti organici in funzione della dotazione del terreno in sostanza organica secondo D.P.I - Norme Generali, 2023

3 DESCRIZIONE DELLA CARTA

La “Carta della dotazione in sostanza organica dei suoli della regione Emilia-Romagna”, come più ampiamente descritto nel paragrafo METODOLOGIA UTILIZZATA, è il risultato di una elaborazione che a partire da valori di tessitura, argilla, limo e sabbia e di sostanza organica tiene conto della distribuzione dei suoli in ragione. Ne esce un quadro descrittivo che riflette non solo la distribuzione dei suoli ma anche le pratiche colturali che insistono sui suoli influenzandone il contenuto in sostanza organica.

Di fatto si sono utilizzate le carte prodotte nel 2022 nell’ambito di una convenzione fra la regione Emilia-Romagna (area Geologia, Suoli e Sismica del Settore Difesa del Territorio) e il CNR-IBE di Firenze. Le carte sono raster a pixel di 100 m x 100m e rappresentano i valori di sabbia, limo, argilla, scheletro e carbonio organico percentuale per lo strato 0-30 cm. Per la stima di questi parametri (si veda per una descrizione più puntuale della metodologia adottata le rispettive note illustrative) si sono adottati approcci diversi fra la pianura e l’Appennino.

Nell’ambiente di **pianura** è si è utilizzato un approccio basato su simulazioni **geostatistiche** (in modo analogo alla carta pubblicata nel 2015), il quale, a partire da valori puntuali di carbonio organico, tiene conto della distribuzione dei suoli a cui questi valori si riferiscono condizionando la stima al valore medio delle delineazioni della carta dei suoli in scala 1:50,000.

Nell’ambiente dell’**Appennino**, a causa del ridotto numero di dati puntuali disponibili, si è utilizzato invece un approccio di Digital Soil Mapping (DSM) che si basa su algoritmi di tipo regressivo per stimare la distribuzione spaziale delle caratteristiche dei suoli utilizzando come predittori un numero variabile di covariate. Queste sono tipicamente variabili di tipo continuo, quali ad esempio la quota e altri parametri derivati dal modello digitale di elevazione (DEM), le variabili meteo-climatiche, e gli indici spettrali e vegetazionali da remote sensing. A queste si accompagnano spesso variabili di tipo categorico quali ad esempio l’uso del suolo, e le unità della carta dei suoli a diversi livelli, di scala. Poiché non esistono metodi di DSM che siano in assoluto migliori di altri e che l’individuazione dello strumento più adatto dipende fortemente dal contesto oggetto di studio (Guevara et al., 2018), l’approccio seguito ha utilizzato degli script di R per testare diversi algoritmi e selezionare il migliore sulla base di statistiche di validazione, relative ad un sub-set di dati indipendenti non utilizzati per la calibrazione del modello spaziale.

Il dato stimato della sostanza organica **risulta più preciso in pianura** che in Appenino, dovuto sia alla maggiore quantità di dati disponibili sia alla metodologia di stima utilizzata. La geostatistica, infatti, restituisce il valore misurato nel punto di osservazione (es. restituisce nel pixel i dati dei siti che vi ricadono dentro), mentre il DSM, essendo basato su algoritmi di tipo regressivo, tende a penalizzare i valori estremi e a restituire valori stimati caratterizzati da una minore dispersione intorno al valore medio. La parte montana presenta meno dati puntuali, mal distribuiti e una carta dei suoli meno accurata dato che la carta dei suoli 50k è disponibile solo in parte del territorio. Per questo motivo è necessario il contributo di covariate spaziali note su tutta l’area di studio a supporto della procedura di stima della distribuzione spaziale dei parametri pedologici.

La carta della dotazione della sostanza organica è accompagnata da una indicazione sull’attendibilità del dato che, di fatto, è quello riferito al valore di carbonio organico in quanto meno sicuro rispetto al dato di tessitura.

Lo schema di giudizio sulla dotazione di SO (Tabella 1) contenuto nei disciplinari di produzione integrata è calibrata sulla realtà regionale. Si fonda sul presupposto che la capacità di accumulare sostanza organica è suolo-specifica, ossia dipende non solo da fattori climatici e di gestione agronomica del suolo ma anche dalle caratteristiche chimico-fisiche del suolo stesso, tra cui appunto la composizione granulometrica ossia il contenuto di argilla, limo e sabbia. Generalmente i suoli sabbiosi hanno una minore capacità di accumulo rispetto ai suoli argillosi, un contenuto di SO superiore a 1.5% nei suoli grossolani viene giudicato già un contenuto medio, diversamente nei suoli argillosi lo stesso giudizio prevede contenuti di SO almeno del 2.3%.

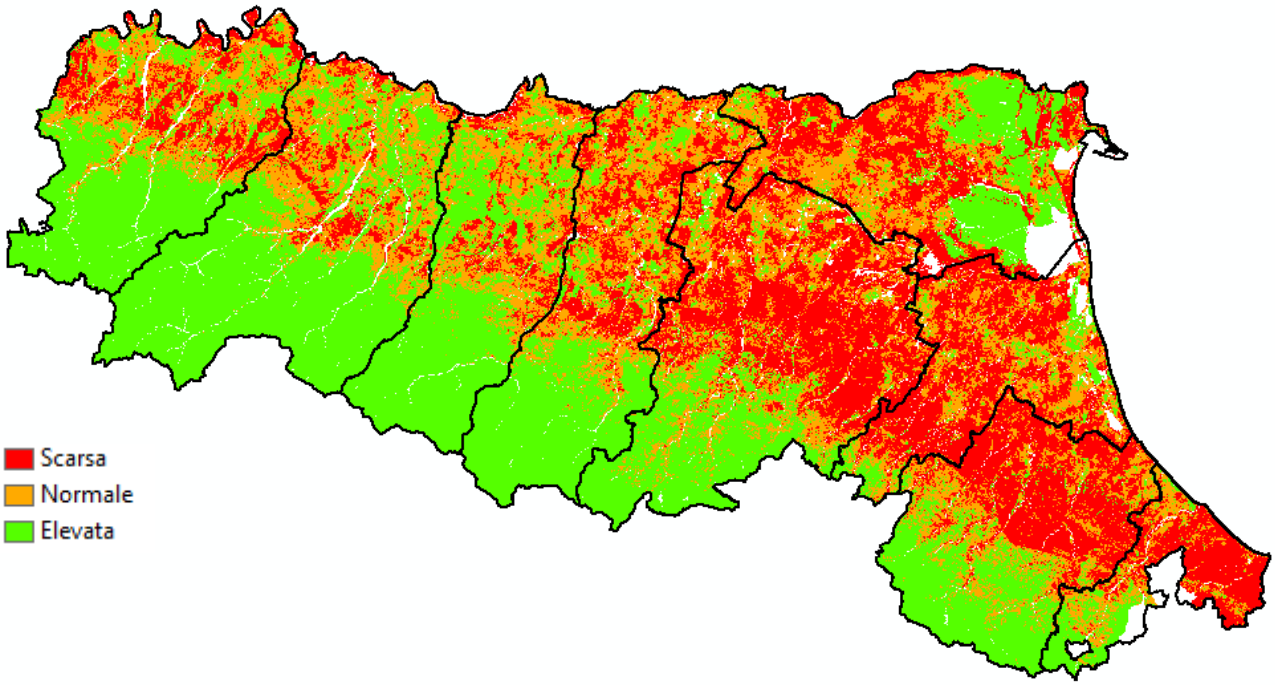


Figura 1. Carta della dotazione in sostanza organica secondo classi da D.P.I - Norme Generali, 2023

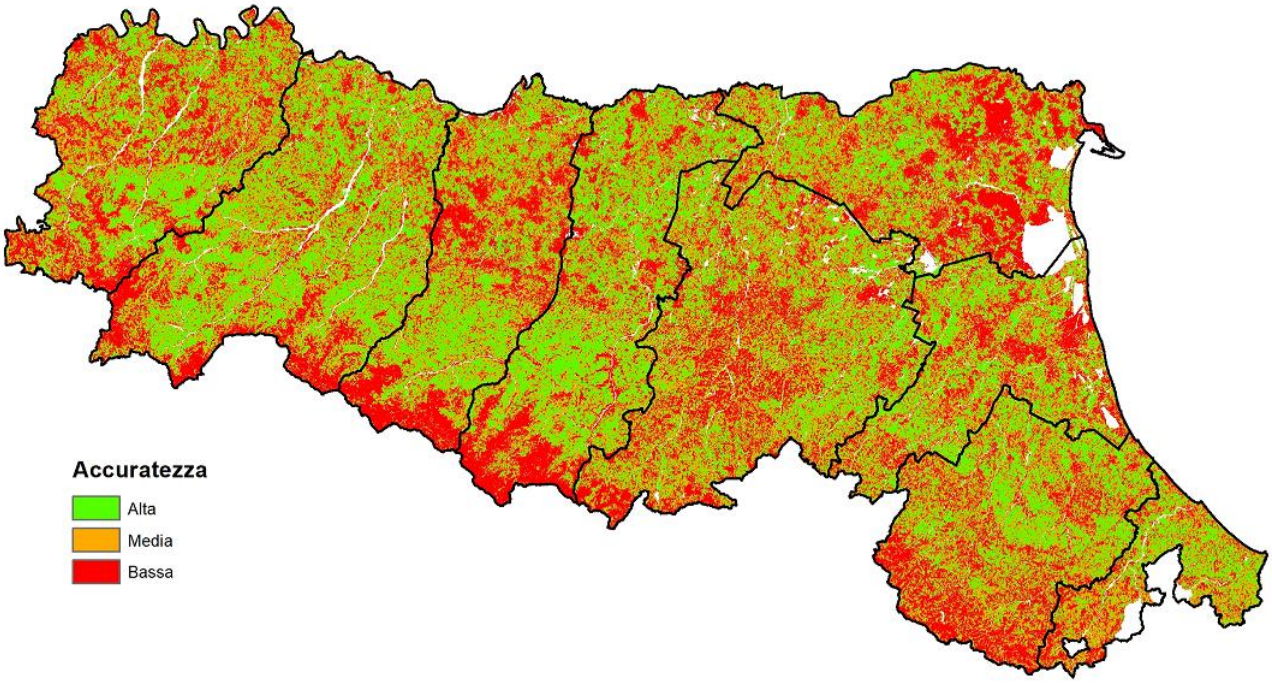


Figura 2. Carta dell'attendibilità della stima (indice qualitativo di accuratezza cartografica)

3.1 Dotazione di sostanza organica per province di terre in scala 1:1.000.000

Nelle descrizioni della distribuzione geografica della dotazione di sostanza organica nel testo si farà riferimento alle **province di terre** che rappresentano le unità di suolo-paesaggio della regione alla **scala 1:1.000.000**. Nell'allegato la descrizione per esteso delle unità.
Nella tabella 3 vi sono, per ogni provincia di terre, la diffusione percentuale delle classi di dotazione di SO per ogni gruppo tessiturale. Nella tabella 4, invece, vi sono, per ogni provincia di terre, i valori medi di sostanza organica % per ogni gruppo tessiturale.

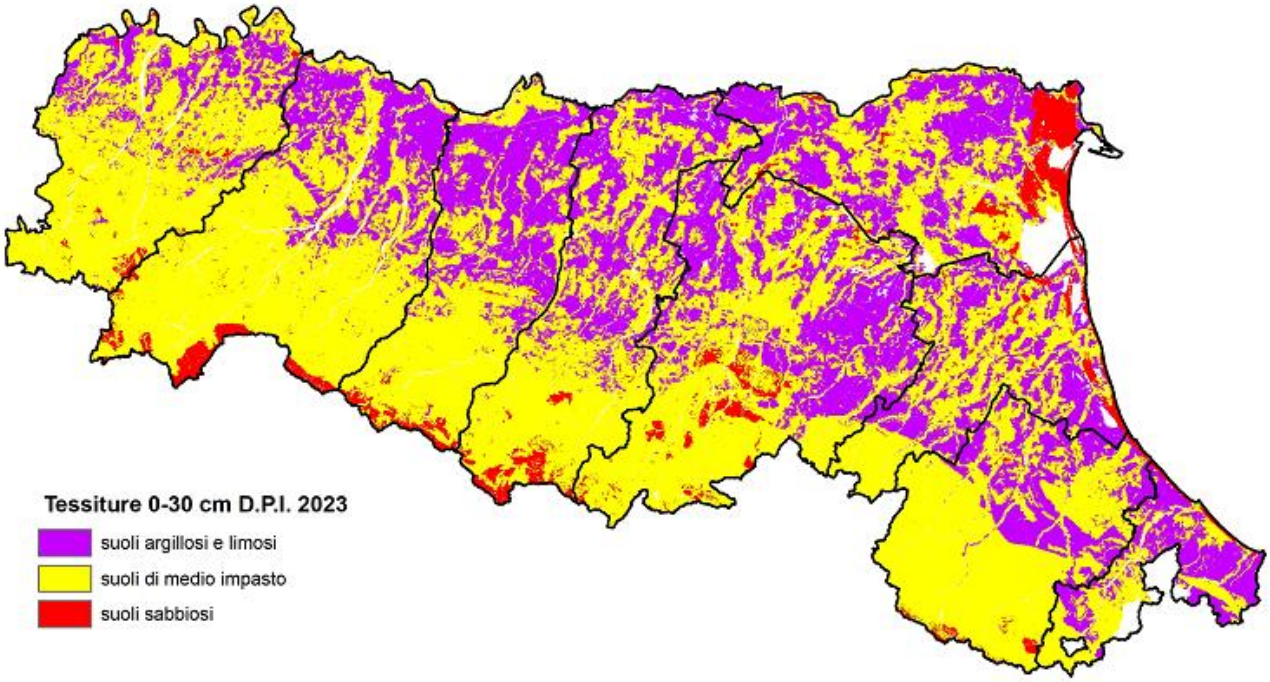


Figura 3. Distribuzione dei suoli secondo la classe tessiturale dell'orizzonte superficiale come da schema di valutazione secondo D.P.I. - Norme Generali, 2023

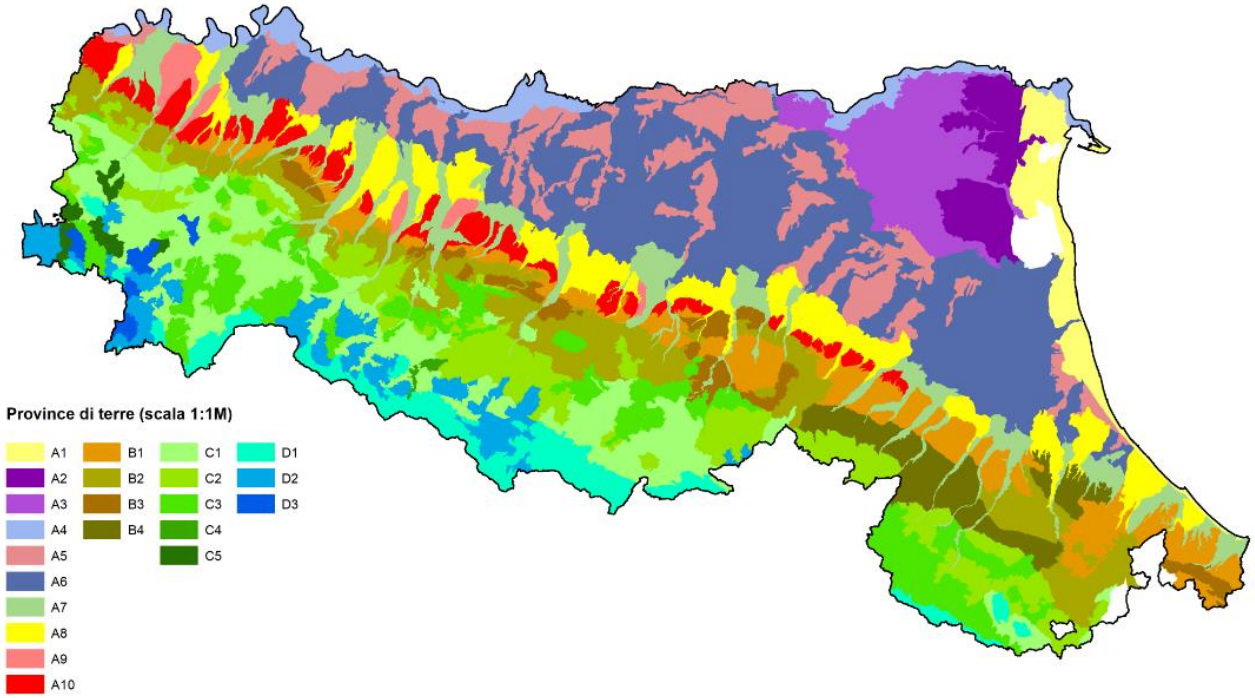


Figura 4. Carta delle province di terre (scala 1:1.000.000) ed. 2021

AMBIENTE	L2	Diffusione percentuale delle classi di dotazione di sostanza organica								
		Terreni argillosi e limosi			Terreni medio impasto			Terreni sabbiosi		
PIANURA	A1	2.77	4.46	2.34	3.71	8.02	7.76	**23.78**	13.89	21.65
	A2	2.30	1.65	**44.18**	4.67	4.15	**34.37**	0.06	0.05	5.91
	A3	16.47	16.72	9.46	**32.32**	18.60	3.38	0.46	0.31	0.03
	A4	9.58	5.78	1.67	**33.82**	25.69	5.02	5.14	0.85	0.41
	A5	25.23	**45.07**	17.36	1.85	3.57	1.62	0.03	0.10	0.01
	A6	19.54	17.06	4.32	**24.62**	22.72	7.78	0.81	0.58	0.11
	A7	13.52	9.66	5.21	**20.40**	22.07	17.39	0.34	0.25	0.12
	A8	**28.42**	21.06	8.25	17.04	14.42	10.06	0.05	0.01	0.01
	A9	11.46	16.55	10.07	6.34	26.19	29.25		0.02	0.02
	A10	21.66	7.32	1.28	**33.17**	26.65	9.52		0.00	0.06
BASSO APPENNINO	B1	**60.91**	2.77	0.10	13.82	14.49	2.56		0.28	4.32
	B2	25.02	14.95	2.78	3.88	**29.85**	21.05		0.00	0.07
	B3	8.54	2.04	0.12	14.60	**49.55**	20.27		0.05	2.98
	B4	1.99	0.06	0.02	41.65	**42.98**	12.78		0.00	0.00
MEDIO APPENNINO	C1	0.04	0.42	0.70	0.11	5.77	**89.10**		0.00	0.59
	C2	0.07	0.30	0.21	1.11	17.33	**78.67**		0.00	0.30
	C3	0.01	0.12	0.70	0.19	4.65	**89.82**		0.04	3.79
	C4			0.05			**86.47**			0.14
	C5		0.01	0.05		0.85	**97.52**			0.73
ALTO APPENNINO	D1			0.25		0.01	**60.09**			39.30
	D2		0.00	1.09			**97.35**			1.20
	D3			0.07			**61.78**			37.67

Tabella 3. Dotazione di sostanza organica (**diffusione %**) per tipi tessiturali per ambienti a scala 1:1.000.000. In rosso la dotazione scarsa, in arancione la dotazione normale e in verde la dotazione elevata. Le % tengono in conto solo le superfici "terrestri", escludendo quindi dal conteggio corsi e corpi d'acqua inclusi nell'unità.

AMBIENTE	L2	Contenuto percentuale medio di sostanza organica								
		Terreni argillosi e limosi			Terreni medio impasto			Terreni sabbiosi		
PIANURA	A1	1.91	2.61	4.01	1.58	2.17	3.33	1.00	1.71	3.06
			2.76			2.50			1.92	
	A2	1.57	2.67	7.50	1.45	2.14	**14.91**	0.96	1.66	25.07
			7.00			12.04			23.62	
	A3	1.86	2.59	4.12	1.45	2.09	3.28	1.15	1.65	9.99
			2.66			1.79			1.90	
	A4	1.85	2.56	3.47	1.39	2.13	2.90	0.81	1.70	2.92
			2.29			1.80			1.08	
	A5	1.95	2.60	3.36	1.51	2.16	2.87	1.24	1.68	2.44
			2.56			2.12			1.60	
	A6	1.89	2.58	3.43	1.54	2.13	2.91	1.15	1.68	2.32
			2.35			1.98			1.45	
	A7	1.77	2.59	3.53	1.42	2.16	3.07	0.94	1.67	2.48
			2.35			2.16			1.46	
	A8	1.87	2.58	3.51	1.43	2.14	3.01	1.13	1.78	
			2.36			2.06			1.61	
	A9	1.84	2.56	3.80	1.45	2.23	3.15		1.69	3.46
			2.67			2.57			2.11	
	A10	1.66	2.52	3.47	1.41	2.15	2.98		1.81	3.14
			1.96			1.93			2.89	
BASSO APPENNINO	B1	1.73	2.41	3.47	1.57	2.11	2.95		1.85	2.48
			1.77			1.96			2.44	
	B2	1.92	2.55	3.26	1.70	2.22	2.84		1.84	2.71
			2.22			2.42			2.57	

AMBIENTE	L2	Contenuto percentuale medio di sostanza organica								
		Terreni argillosi e limosi			Terreni medio impasto			Terreni sabbiosi		
	B3	1.92	2.46	3.39	1.68	2.18	2.87		1.91	2.72
		2.04			2.26			2.70		
	B4	1.70	2.57	3.51	1.57	2.14	2.74		1.68	2.64
		1.84			1.98			2.20		
MEDIO APPENNINO	C1	2.10	2.71	3.64	1.79	2.32	3.34		1.88	3.43
		3.22			3.27			3.42		
	C2	2.03	2.65	3.42	1.76	2.27	3.08		1.66	3.18
		2.81			2.92			3.17		
	C3	1.85	2.72	3.56	1.76	2.30	3.36		1.89	3.05
		3.31			3.30			3.04		
	C4			3.79			3.59			3.48
		3.79			3.59			3.48		
	C5		2.90	3.69		2.40	3.66			3.70
		3.59			3.65			3.70		
ALTO APPENNINO	D1			4.98		2.36	4.95			5.89
		4.98			4.94			5.89		
	D2		2.73	4.78			4.52			4.99
		4.78			4.52			4.99		
	D3			4.06			4.88			5.29
		4.06			4.88			5.29		

Tabella 4. **Contenuto %di sostanza organica** per tipi tessiturali per ambienti a scala 1:1.000.000. In rosso la dotazione scarsa, in arancione la dotazione normale e in verde la dotazione elevata. Nelle righe bianche i valori medi di SO per tipi tessiturali

In pianura i **suoli sabbiosi** sono i suoli prevalenti della piana costiera (**A1**), hanno valori medi di SO di circa 1.92% e si distribuiscono per il 24% nella classe di dotazione scarsa con un contenuto medio di SO di 1% e per il 22 % nella classe elevata con un contenuto medio del 3%; la classe normale ha invece un contenuto medio del 1.7%. Nel resto della pianura sono poco diffusi, tranne che nella piana a meandri del Po (A4) dove hanno un contenuto medio di SO pari a 1.08% e si trovano per lo più nella classe di dotazione scarsa (5%) con un contenuto medio del 0.8%.
Nel basso Appennino si trovano nell'unità delle argille e sabbie plioceniche (B1), con una percentuale di diffusione del 4% nella classe di dotazione elevata e valore medio di SO del 2.9%. Nel medio Appennino si trovano, con percentuali analoghe al precedente, nell'unità sui sui flysch arenaceo-pelitici (C3) sulle sulle arenarie, sempre in classe elevata con contenuto di SO medio del 3%. Nell'Alto Appennino invece sono piuttosto diffusi: si trovano nell'unità sulle arenarie (D1) e sulle Ofioliti (D3), con diffusione del 39% nel primo caso e del 38% nel secondo caso e valori medi di SO di 6% e 5% rispettivamente.

In pianura i **suoli di medio impasto** sono i suoli prevalenti, con l'eccezione delle valli della bassa pianura appenninica (A5) e delle conoidi e terrazzi dell'alta pianura (A8).
Nel caso dei dossi e delle aree di transizione della bassa piana alluvionale appenninica (A6) sono prevalenti rispetto ai suoli argillosi (55% contro il 41%) e sono distribuiti fra la classe di dotazione scarsa (25% di diffusione con valore di SO di 1.54%) e normale (23% di diffusione con valore medio di SO di 2.13%). Anche nella piana deltizia superiore, abbandonata del Po (A3) i suoli di medio impasto coesistono con i suoli argillosi (55% e 43% rispettivamente), collocandosi prevalentemente nella classe di dotazione scarsa (32% di diffusione con valore medio di SO di 1.45%).
Nel caso invece delle restanti unità questi si collocano come diffusione fra il 60 e il 69%. Questi suoli prevalgono (65%) nella piana a meandri del Po (A4), dove si dividono fra le classi di dotazione scarsa (34% diffusione, 1.4% SO) e normale (26% diffusione, 2.13% SO); hanno diffusione simile (60%) nelle conoidi e nei terrazzi dell'alta pianura alluvionale appenninica (A7), dove prevale leggermente la classe normale (22% diffusione, 2.16% SO).
Sono prevalenti anche nelle unità su suoli più antichi: nelle conoidi terrazzati dell'alta pianura alluvionale appenninica (A9) raggiungono il 62% e si collocano principalmente nella dotazione elevata (29% diffusione, 3% SO). Ciò è dovuto al fatto che questi suoli si trovano per lo più nella parte Ovest della regione, dove il contenuto di carbonio organico è elevato. Nel margine appenninico (A10) questi suoli raggiungono il 69% e si dividono fra la dotazione scarsa (33% diffusione, 1.4% SO) e normale (27% diffusione, 2.1% SO).
Nota a parte meritano i **suoli organici** nel Ferrarese delle valli del Mezzano e delle valli di più antica bonifica intorno a Jolanda di Savoia (A2). Questi, infatti, si sono sviluppati su depositi torbosi di aree in passato palustri ed hanno un naturale elevato contenuto di SO già in superficie. I suoli a tessitura media raggiungono il 42% e si collocano prevalentemente nelle classi a dotazione alta, con valore di sostanza organica del 14.9%.

Nel basso Appennino questi suoli sono assolutamente prevalenti (84%) sulle peliti e le arenarie (B3), ma soprattutto sulla Marnosa Arenacea Romagnola, dove coprono il 97% della superficie. In entrambi i casi ricadono prevalentemente nella classe normale (B3: 50% diffusione, 2.18% SO; B4: 43% diffusione, 2.14% SO), ma sulla Marnosa Arenacea una discreta quota (42%) ricade nella classe scarsa (1.57% il valore di SO). Nell'unità delle argille instabili (B2) i suoli a tessitura media occupano il 55% della superficie e si suddividono fra dotazione normale (30% diffusione, 2.22% SO) ed elevata (21% diffusione, 2.84% SO).

Nel medio Appennino i suoli a tessitura media sono assolutamente prevalenti, con percentuali di diffusione fra l'87 e il 97%. Sono quasi tutti collocati nella classe di dotazione elevata, con valori di sostanza organica fra il 3.1 e 3.7%.
Nell'alto Appennino sono pure predominanti (97%) nell'unità sui flysch calcareo-marnosi e peliti (D2), mentre condividono il territorio con i suoli sabbiosi nelle unità sulle arenarie (D1) e sulle ofioliti (D3). Anche qui quasi tutti nella classe di dotazione elevata, con valori di sostanza organica fra il 5 e 5.9%.

In pianura i **suoli** argillosi e limosi caratterizzano principalmente (88%) le valli della bassa pianura alluvionale appenninica (A5), dove ricadono prevalentemente nella classe di dotazione normale (45% diffusione, 2.6% di SO), il 25% hanno una dotazione scarsa con un contenuto medio di SO di 1.95% e il restante ha una dotazione alta con una media di 3.4% di SO. Sono in prevalenza anche nelle conoidi e nei terrazzi dell'alta pianura alluvionale appenninica (A8) con il 58%, anche se i suoli di medio impasto sono pure presenti con il 43% di diffusione. In questi ambienti i suoli argillosi ricadono prevalente nella classe di dotazione scarsa (28% diffusione, 1.87% SO), seguiti dalla classe normale (21% diffusione, 2.58% SO).
Prevalgono anche nella piana deltizia inferiore del Po (48%) e in questo ambiente ricadono prevalentemente nella dotazione elevata, con un valore medio di SO del 7.5%. Sono piuttosto diffusi (43%) anche nella piana deltizia superiore del Po (A3), dove sono equamente distribuiti fra le classi di dotazione scarsa (1.86% SO) e normale (2.59% SO).
Sono subordinati nelle unità su suoli più antichi: nelle conoidi terrazzati dell'alta pianura alluvionale appenninica (A9) raggiungono il 38% e si collocano principalmente nella dotazione normale (17% diffusione, 2.56% SO). Nel margine appenninico (A10) questi suoli raggiungono il 30% e si trovano soprattutto nella classe di dotazione scarsa (22% diffusione, 1.66% SO).
La classe elevata, pur avendo una certa diffusione a Reggio Emilia, Parma e Ferrara, non è quasi mai prevalente (tranne che nell'unità A2) e questo a conferma dell'alto potenziale di accumulo che i suoli argillosi dei nostri ambienti ancora hanno.

Nel basso Appennino i suoli argillosi sono prevalenti nell'ambiente delle argille e sabbie plioceniche (B1), dove occupano il 64% del territorio con assoluta prevalenza (62%) nella classe di dotazione scarsa (1.73% di SO). Raggiungono una buona diffusione (43%) anche nell'unità delle argille instabili (B2), dove si suddividono fra la classe di dotazione scarsa (25% diffusione, 1.92% SO) e normale (15% diffusione, 2.55% SO).
Ne resto dell'Appennino questi suoli sono pochissimo diffusi.

3.2 Dotazione di sostanza organica per distretti agricoli

Se si osserva la **distribuzione delle classi di dotazione** in funzione dei **distretti agricoli** (figura 5) nel complesso si evidenziano tendenze diverse (tabella 5).

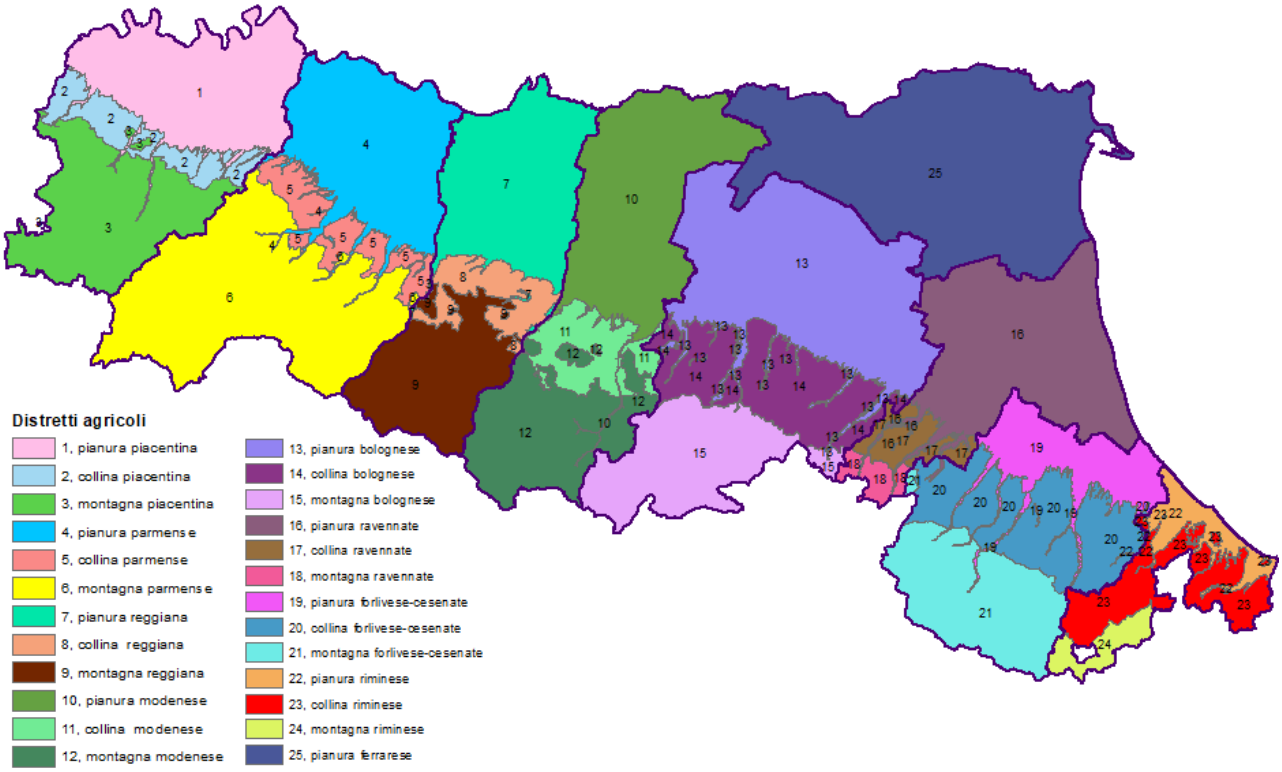


Figura 5. Distribuzione dei 25 distretti agricoli

Ambiente	Distretto	Provincia	Contenuto di SO in %				Diffusione % relativa delle classi di dotazione di SO		
			Minimo	Massimo	Media	DevSt	ELEVATA	NORMALE	SCARSA
Pianura	1	Piacenza	0.002	9.13	2.21	0.66	23.32	43.10	33.58
	4	Parma	0	9.53	2.58	0.65	36.56	47.04	16.40
	7	Reggio E.	0.003	41.31	2.71	0.82	36.85	44.25	18.90
	10	Modena	0.002	12.77	2.23	0.56	14.19	**48.89**	36.92
	13	Bologna	0	10.03	1.93	0.54	5.06	33.17	61.77
	16	Ravenna	0.002	8.14	2	0.52	8.53	36.81	54.67
	19	Forli-Cesena	0.003	5.17	1.89	0.48	4.63	29.15	**66.22**
	22	Rimini	0.003	4.6	1.96	0.55	6.21	37.69	56.09
	25	Ferrara	0	49.89	3.86	5.28	29.87	30.79	39.34
	Totale pianura		0	49.89	**2.56**	2.59	**20.13**	**38.44**	**41.43**
Collina	2	Piacenza	0.16	5.47	2.28	0.36	21.96	51.38	26.67
	5	Parma	1.21	5.68	2.25	0.32	15.59	**57.09**	27.32
	8	Reggio E.	0.17	6.02	2.52	0.38	32.33	51.75	15.92
	11	Modena	0.3	4.63	2.43	0.39	**34.31**	41.39	24.30
	14	Bologna	0.16	6.38	2.15	0.47	22.07	32.67	45.27
	17	Ravenna	0.16	4.19	1.69	0.31	2.82	16.41	**80.77**
	20	Forli-Cesena	0.16	4.65	1.89	0.41	9.20	28.09	62.71
	23	Rimini	0.16	4.62	2.07	0.57	16.29	25.72	57.99
	Totale collina		0.16	6.38	**2.13**	0.48	**18.67**	**36.14**	**45.19**
Montagna	3	Piacenza	1.58	9.25	3.6	0.84	94.61	5.19	0.20
	6	Parma	1.57	16.33	3.78	0.96	96.52	3.42	0.06
	9	Reggio E.	1.96	22.03	3.89	1.23	98.45	1.54	0.01
	12	Modena	1.52	11.02	3.86	1.23	96.97	3.01	0.02
	15	Bologna	1.51	9.83	3.35	0.97	86.85	12.83	0.32
	18	Ravenna	1.47	3.72	2.49	0.39	54.25	38.76	6.99
	21	Forli-Cesena	0.17	8.79	3.23	0.88	81.49	16.75	1.76
	24	Rimini	1.74	6.44	3.28	0.62	84.67	14.74	0.59
	Totale montagna		0.07	22.03	**3.62**	1.04	**92.32**	**7.23**	**0.46**

Tabella 5. Valori statistici di SO% e diffusione delle classi di dotazione per ogni distretto agricolo

Nella zona di pianura la classe di dotazione elevata ha una certa diffusione con il 37% nei distretti di Reggio Emilia e Parma anche se non è mai la prevalente; la classe normale è invece prevalente a Piacenza, Parma, Reggio Emilia e Modena, mentre nei restanti distretti la classe più diffusa è invece la scarsa. Questa distribuzione riflette il diverso indirizzi produttivo di questi ambienti: Reggio Emilia e a seguire Parma e Modena sono infatti caratterizzati dalla diffusione di colture foraggere legate alle produzioni zootecniche e casearie che ancora oggi sono diffuse nel territorio; diversamente avviene nei restanti distretti dove prevalgono i seminativi intensivi e le colture arboree. Ferrara ha il 30% del territorio in classe elevata in virtù della presenza di suoli organici nelle valli bonificate, al di fuori delle quali però predomina la classe scarsa.

Nel complesso l'area di pianura si attesta prevalentemente nelle situazioni di dotazione scarsa (41%) e normale (38%).

Nella **zona collinare** i distretti di Reggio Emilia e Modena la classe di dotazione elevata ha una certa diffusione (32% e 34% rispettivamente) anche se non è mai la prevalente; per quanto riguarda le classi di dotazione normale e scarsa il trend è lo stesso della pianura ossia prevale la normale in Emilia, la scarsa in Romagna con una punta dell'81% di dotazione scarsa nella collina ravennate (a causa della elevata diffusione di colture arboree, spesso non inerbite, che scatenano importanti fenomeni di erosione e di conseguenza perdita di fertilità del suolo). A sfavore della Romagna gioca anche il fatto che prevalgono suoli a tessitura media e grossolana (formazione geologica della Marnosa-Arenacea) e pendenze in medie più elevate.

Nel complesso l'area di collina si attesta prevalentemente nelle situazioni di dotazione scarsa (45%) e normale (36%).

Completamente differente è invece l'andamento nella **zona montana**, dove l'elevata diffusione di boschi e prati permanenti comporta la prevalente diffusione in tutte le province della classe di dotazione elevata, in genere superiore all'80%, con una punta del 98% nella montagna reggiana. Fa eccezione la montagna ravennate (che interessa comunque una superficie piuttosto limitata) in cui la dotazione elevata si ritrova nel 52% del territorio ed è abbastanza diffusa la dotazione normale (39%).

Nel complesso l'area di montagna si attesta nella situazione di dotazione elevata (92%).

3.3 Dotazione di sostanza organica per zone altimetriche

Se si osserva la **distribuzione delle classi di dotazione** in funzione delle zone altimetriche utilizzate da AGREA (figura 6) le tendenze osservate (tabelle 6 e 7) sono simili a quelle evidenziate nella tabella 5.

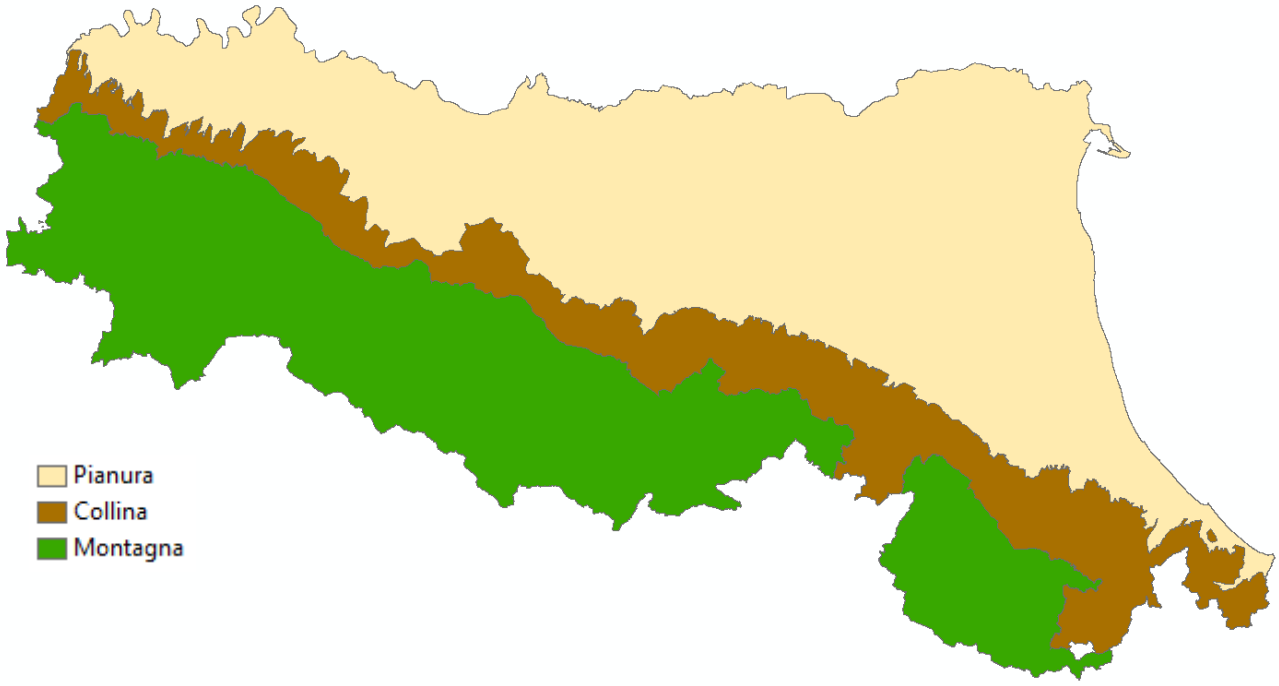


Figura 6. Zone altimetriche secondo AGREA, 2022

Zona altimetrica	Contenuto di SO in %				Diffusione % relativa delle classi di dotazione di SO		
	Minimo	Massimo	Media	DevSt	ELEVATA	NORMALE	SCARSA
PIANURA	0	49.89	2.60	2.68	19.49	36.86	38.42
COLLINA	0	10.03	2.04	0.55	14.51	30.88	52.57
MONTAGNA	0.06	22.03	3.47	1.07	83.35	12.57	2.47

Tabella 6. Valori statistici di SO% e diffusione delle classi di dotazione per zona altimetrica

Zona altimetrica	parametri	Terreni argillosi e limosi			Terreni medio impasto			Terreni sabbiosi		
PIANURA	SO%	1.89	2.59	4.42	1.48	2.14	5.09	1.00	1.70	7.57
	DIFF. %	18.05	18.82	8.99	18.61	17.06	9.12	1.76	0.97	1.37
COLLINA	SO%	1.76	2.51	3.38	1.53	2.16	2.94	1.10	1.81	2.46
	DIFF. %	34.19	6.12	1.20	18.34	24.63	11.99	0.05	0.12	1.31
MONTAGNA	SO%	2.04	2.58	3.67	1.67	2.25	3.57	1.18	1.82	5.26
	DIFF. %	1.02	1.73	0.77	1.45	10.83	76.51	0.00	0.02	6.07

Tabella 7. Contenuto medio % di sostanza organica per tipi tessiturali e zone altimetriche

4 METODOLOGIA UTILIZZATA

La carta di dotazione della sostanza organica è stata realizzata mediante l'incrocio di due tematismi, sulla base della tabella 1:

1. Carta del contenuto % di Carbonio Organico 0-30 cm (2023)
2. Carta della tessitura dei suoli 0-30 cm (2023)

Per la metodologia di costruzione delle due carte si rimanda alle rispettive note illustrative elencate in bibliografia.

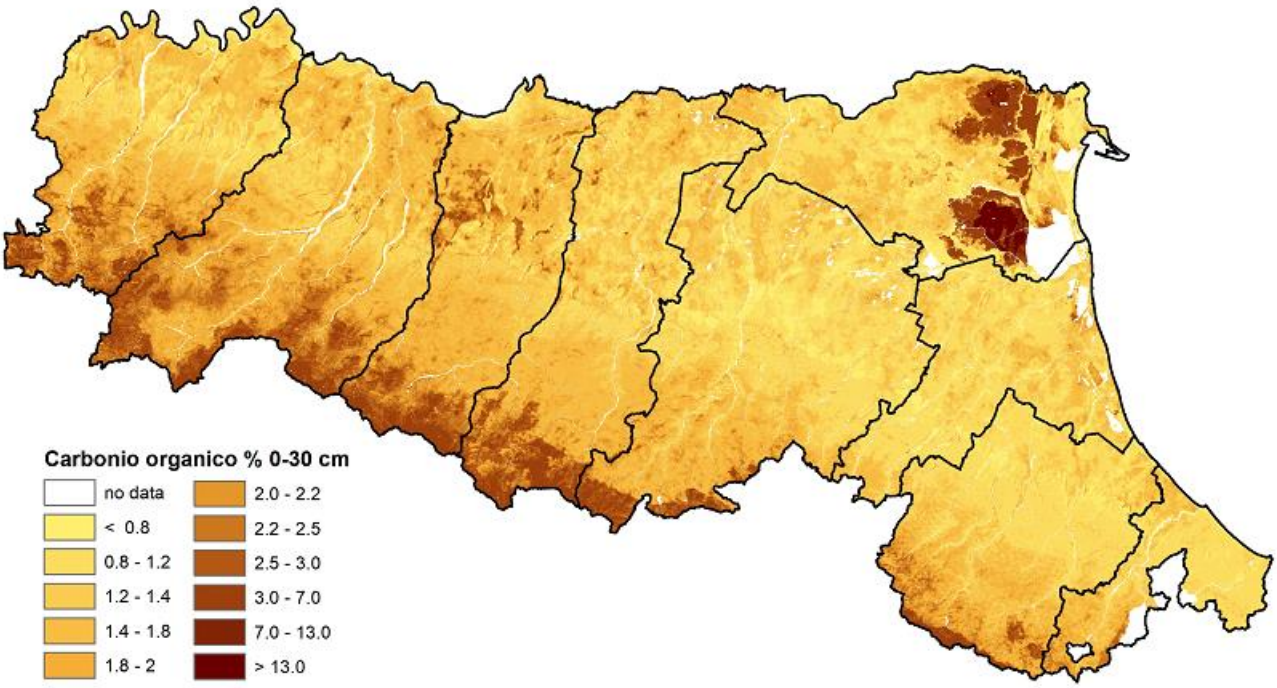


Figura 7. Carta del Carbonio Organico % 0-30 cm nei suoli regionali, terza edizione (2023)

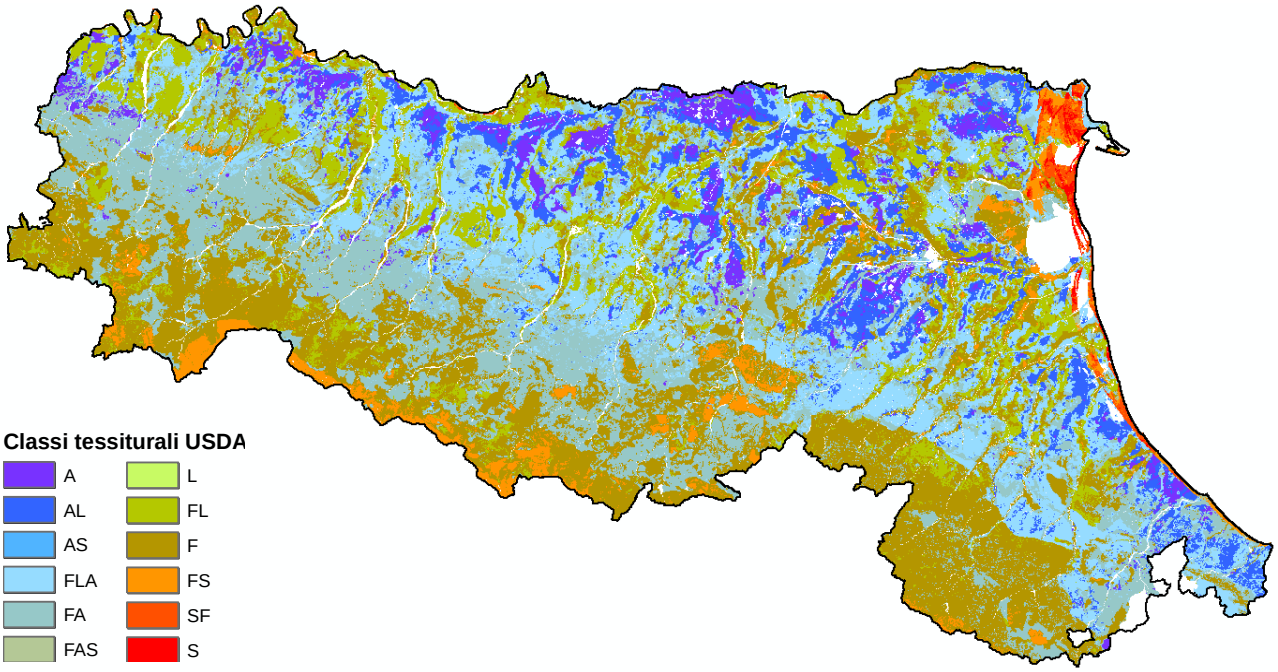


Figura 8. Carta delle classi tessiturali 0-30 cm nei suoli regionali, seconda edizione (2023)

5 CONSULTAZIONE DELLA CARTA SUL WEB

5.1 Elenco dei siti di consultazione e loro caratteristiche

La carta della dotazione di sostanza organica dell'Emilia-Romagna è consultabile su numerosi **siti WEBGIS**[1]**.** Nella tabella sottostante vi è un elenco dei siti disponibili e loro collocazione. Nelle pagine seguenti ogni sito viene descritto in modo dettagliato.

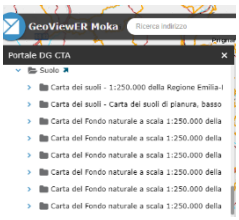
SITO	NOTE	URL
I suoli dell'Emilia-Romagna	Sito che contiene tutte le carte dei suoli e derivate, rivolto a tutti gli utenti. Sono consultabili legende, catalogo dei suoli e glossario. È sviluppato su GOOGLE EARTH, per cui permette la navigazione 3D, la disponibilità di foto aeree di diversi anni e la possibilità di sovrapporre dati dell'utente. **La carta della dotazione di sostanza organica aggiornata non è ancora disponibile.**	http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/
Catalogo dei suoli dell'Emilia-Romagna	Veloce e di facile utilizzo, è diretto in particolare ad utenti del settore agricolo. Erede dello storico sito attivo sin dal 1998, permette il calcolo del piano di concimazione utilizzando, oltre che dati analitici in possesso degli utenti, anche i dati presenti nelle banche dati regionali. È presente un wizard di riconoscimento dei suoli. **La carta della dotazione di sostanza organica aggiornata non è ancora disponibile.**	https://agri.regione.emilia-romagna.it/Suoli/
GeoViewER Moka 	Visualizzatore del portale MinERva della Direzione Cura dell'Ambiente e del territorio. Sono disponibili tutte le cartografie prodotte dalla Direzione in ambito ambientale, pianificatorio e dei trasporti. Dal sito MinERva sono scaricabili i dati sotto forma di shapefile/raster e tabelle collegate.	https://datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/geoviewer2
Mappe Emilia-Romagna	Visualizzatore del Geoportale regionale. Sono disponibili tutte le cartografie prodotte dalla regione Emilia-Romagna, fra cui anche le carte dei suoli nella sezione Informazioni Geoscientifiche. Permette la visualizzazione in 3D. Dal geoportale sono scaricabili i dati sotto forma di shapefile/raster e tabelle collegate (nella sezione WMS). **La carta della dotazione di sostanza organica aggiornata non è ancora disponibile.**	https://mappe.regione.emilia-romagna.it/

Tabella 8. Elenco dei siti WEBGIS in cui è possibile visualizzare e consultare la carta della dotazione di sostanza organica

[1] https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/suoli/conoscere-suolo/siti-web-sul-suolo-in-emilia-romagna.

5.2 Consultazione sul GeoViewER Moka

La carta della dotazione di sostanza organica è consultabile al momento solo dal visualizzatore del portale Minerva (GeoViewER Moka) [2]. Dal pannello di destra (Portale DG CTA) dal gruppo Suolo si aggiunge la carta della dotazione di sostanza organica cliccando sull'icona del WMS oppure dalla sezione metadati cliccando su Anteprima.

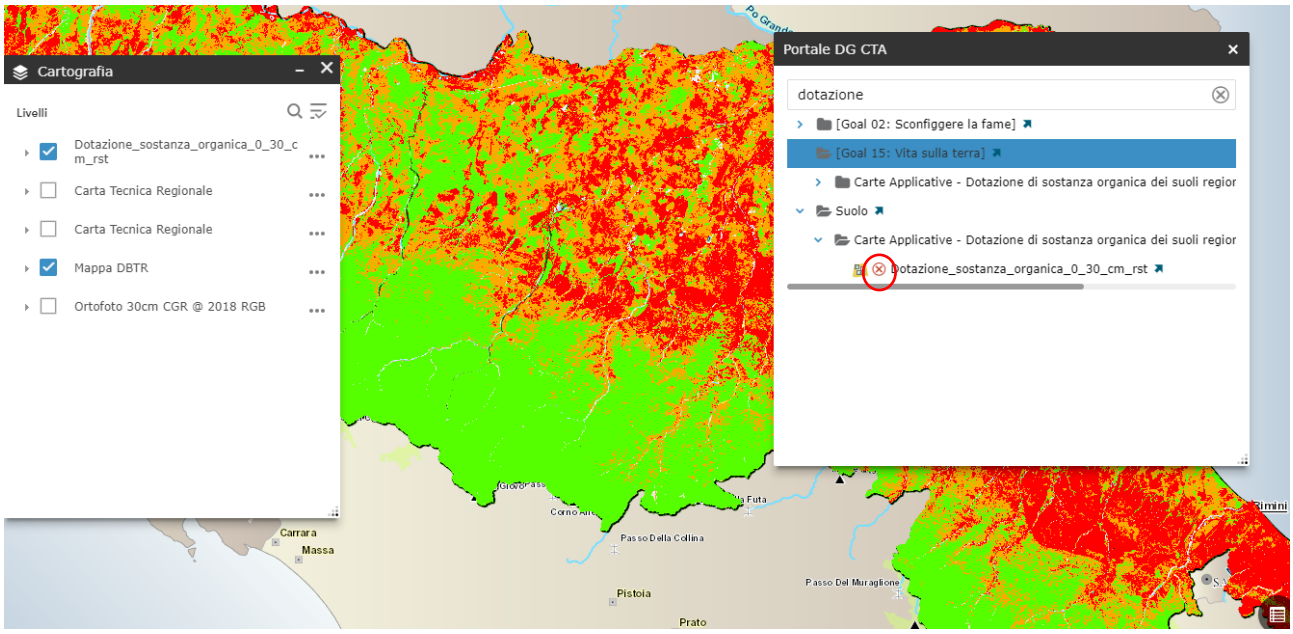


Figura 9. Schermata di esempio della carta della dotazione di sostanza organica sul GeoViewER

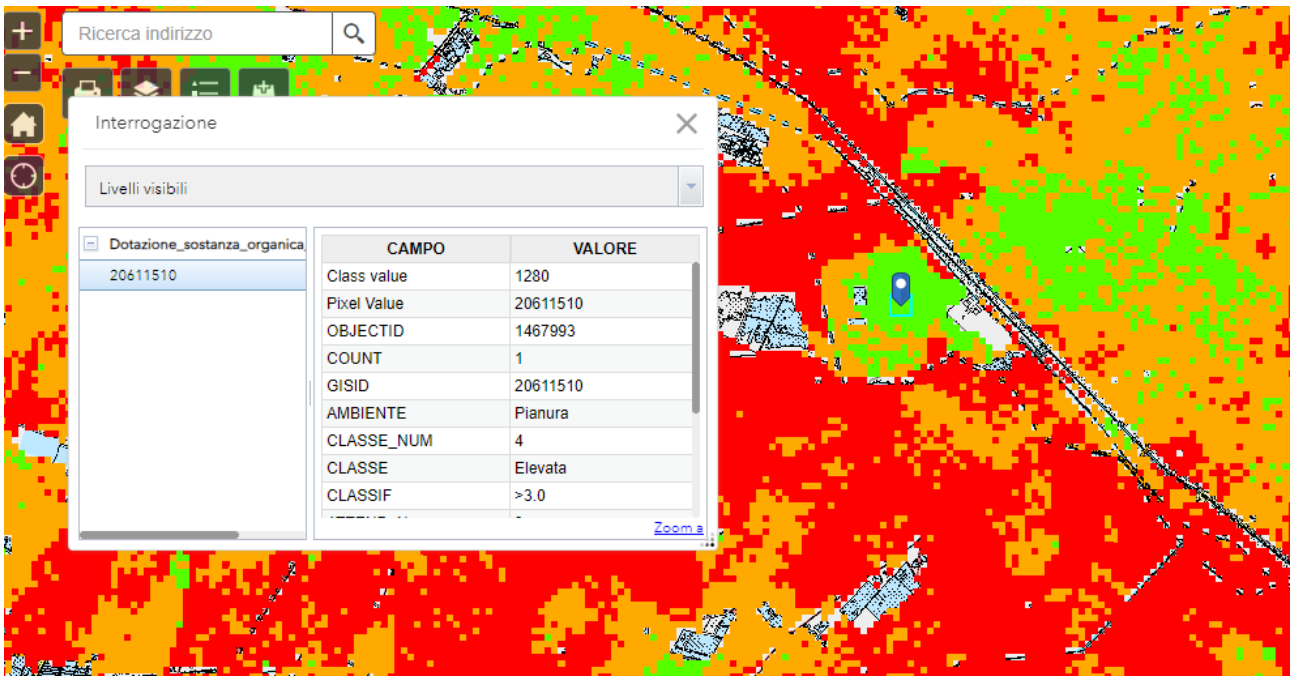


Figura 10. Esempio di interrogazione della carta di dotazione della sostanza organica sul GeoViewER

[2] https://datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/geoviewer2

5.3 Consultazione sul sito basato su GOOGLE EARTH

La carta della dotazione di sostanza organica dei suoli di pianura (edizione 2015) è consultabile sul sito **I suoli dell'Emilia-Romagna**[3], definito brevemente CARTPEDO, nella sezione **Carte applicative**. La terza edizione non è ancora disponibile.

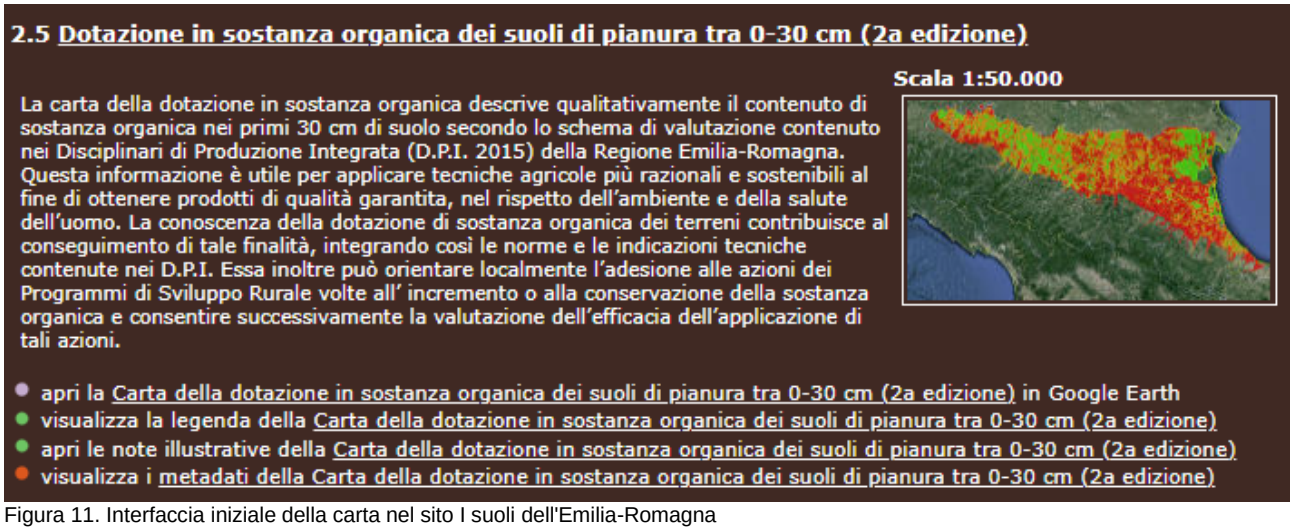


Figura 11. Interfaccia iniziale della carta nel sito I suoli dell'Emilia-Romagna

Questo sito è di facile utilizzo e usa come base cartografica GOOGLE EARTH. Presenta il vantaggio di poter essere personalizzato a piacere in quanto l'utente può sovrapporre alle cartografie proposte nel sito i suoi tematismi personalizzati.

Attivando il link Carta della dotazione di sostanza organica dei suoli di pianura tra 0-30 cm (2° edizione) si apre la carta su base Google Earth.

La rappresentazione del territorio avviene attraversa una struttura a maglia costituita da celle con lato di **500 m**.

Il valore attribuito a ciascuna cella descrive in termini qualitativi, CLASSE o GIUDIZIO, la dotazione in sostanza organica dei suoli in funzione della loro classe tessiturale secondo lo schema della tabella 1 (da D.P.I., 2015). Il valore si riferisce ai primi 30 cm di suolo con una scala di dettaglio di 1:50.000.

Il dato assente è stato assegnato agli alvei di piena ordinaria e ai corpi d'acqua.

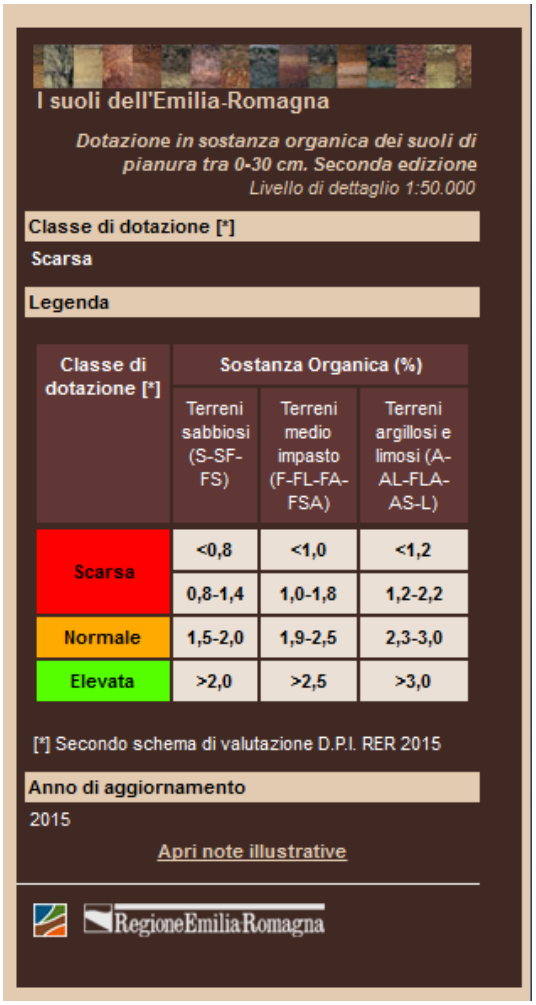


Figura 12. Interfaccia di consultazione delle singole celle

[3] http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/

5.4 Consultazione sul sito CATALOGO DEI SUOLI REGIONALE

La carta della **dotazione in sostanza organica dei suoli di pianura (ed. 2015)** è consultabile anche sul sito **Catalogo dei suoli dell'Emilia-Romagna**[4].

La terza edizione non è ancora disponibile.

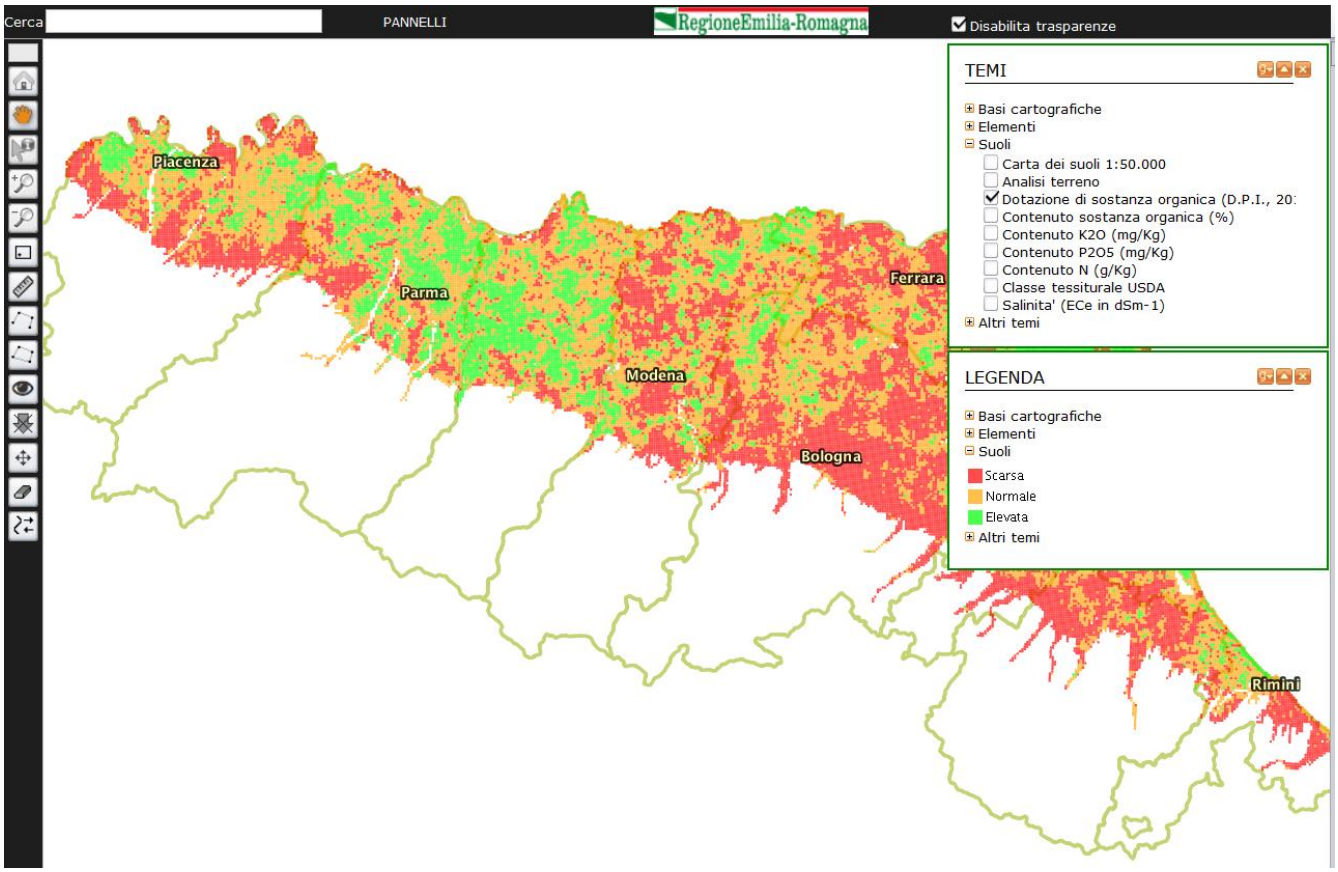


Figura 13. Home page del sito Catalogo dei suoli con la rappresentazione della Carta della Dotazione di Sostanza Organica

[4] https://agri.regione.emilia-romagna.it/Suoli/

5.5 Scaricamento dati

Lo scaricamento dei dati si effettua sul sito Minerva[5] nel gruppo SUOLI sotto forma di file zippato preconfezionato. Nel file si trovano due **strati raster** georeferenziati nel sistema di riferimento RDN2008 UTM zona 32N (EPSG 7791).

- **DOTAZ_SO_0_30.tif**: dotazione di sostanza organica
- **DOTAZ_SO_0_30_ACC.tif**: attendibilità della stima

Dopo avere trovato lo strato Carta della dotazione di sostanza organica sul motore di ricerca, si clicca dal pulsante Esplora la sottovoce Download e il file si scarica direttamente (figura 13).

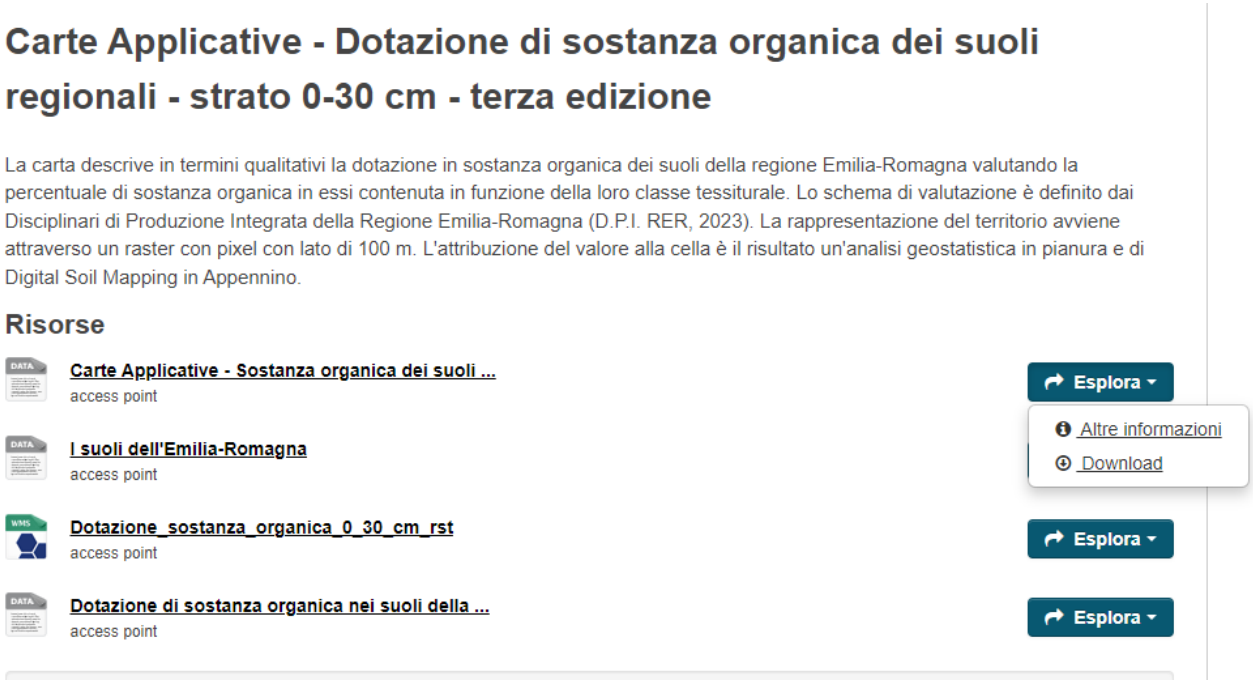
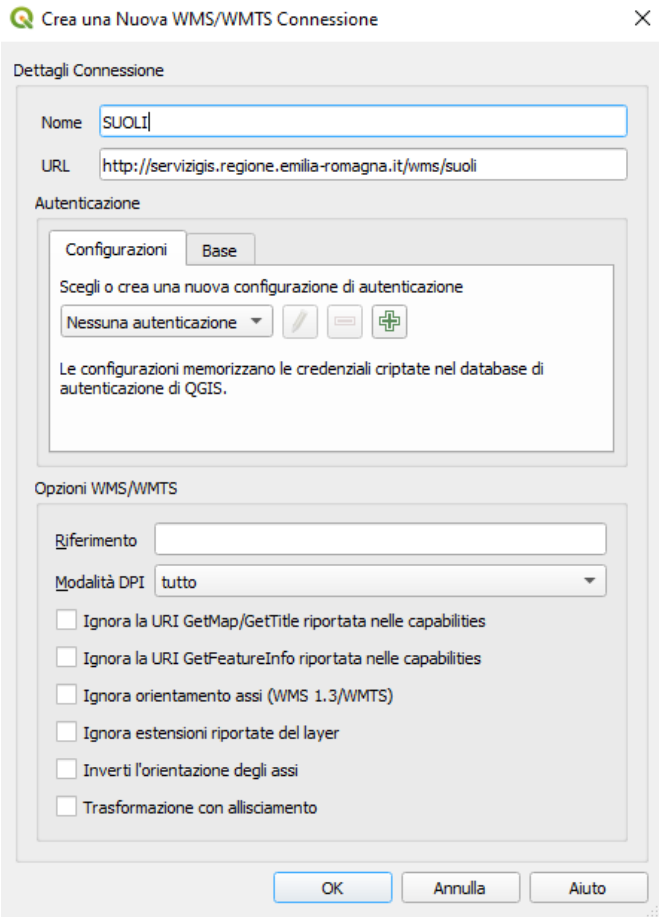


Figura 14.Scaricamento delle carte della dotazione di sostanza organica

[5] https://datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/group/suolo

5.6 Consultazione come servizio WMS



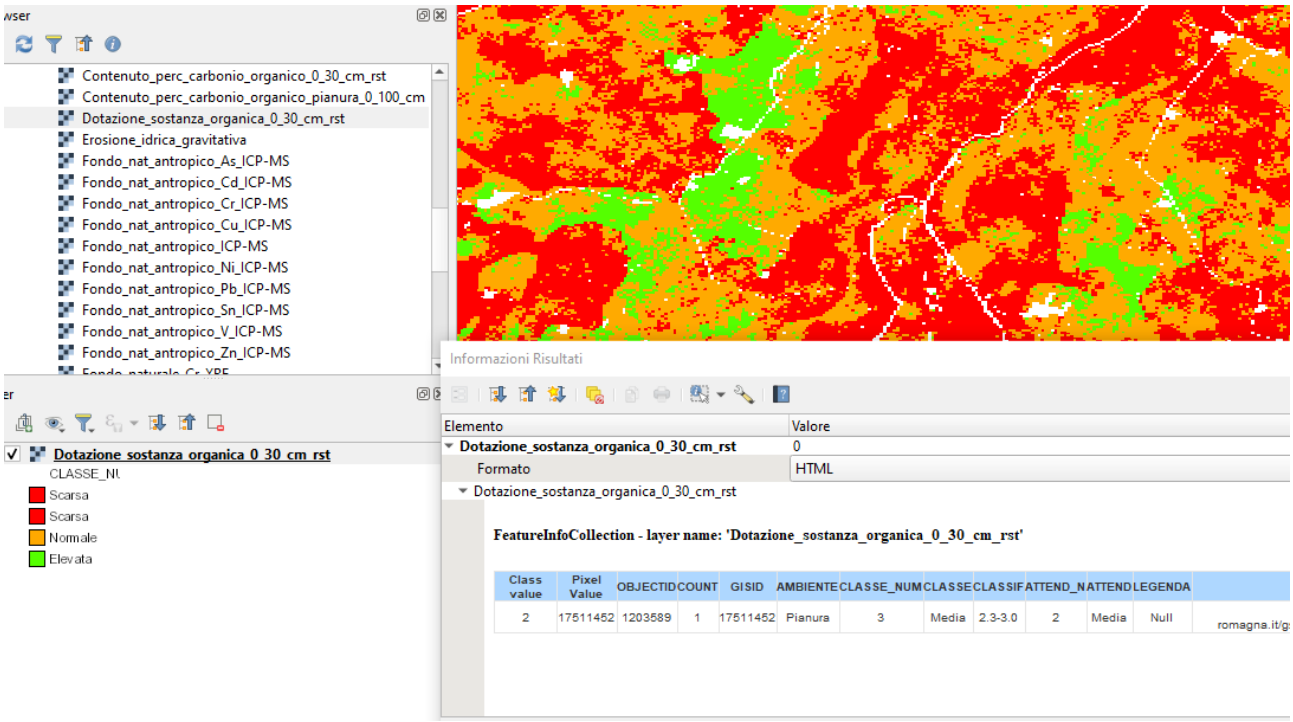
La carta della dotazione di sostanza organica può anche essere consultata come servizio WMS mediante l'URL https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wms/suoli utilizzando un programma GIS (es. ArcMap, Qgis ecc).

Di lato si fa un esempio utilizzando **Qgis**, liberamente scaricabile da Internet.

La carta della dotazione della sostanza organica (**Dotazione_sostanza_organica_0_30_cm_rst**) è vestita sulla base delle classi come indicato nella tabella 1 e nella figura 15.

La visualizzazione delle informazioni in QGIS è disponibile (solo nelle versioni dalla 3.28 in poi) anche nel formato ELEMENTO che elenca i campi in verticale ma in ordine alfabetico.

Figura 15. Immissione delle capabilities in Qgis



6 ALLEGATO. DESCRIZIONE DELLE PROVINCE DI TERRE

A. PIANURA (Soil Region[6] 18.8)	
A1	Suoli nella piana costiera e fronte deltizia, bassa differenziazione del profilo (Olocene), idromorfia poco profonda, tessitura prevalentemente grossolana
A2	Suoli nella piana deltizia inferiore, abbandonata del Po (Olocene), idromorfia poco profonda, tessitura prevalentemente fine, con diversa abbondanza di materiali torbosi
A3	Suoli nella piana deltizia superiore, abbandonata del Po (Olocene), idromorfia poco profonda, tessitura media, subordinatamente fine
A4	Suoli nella piana a meandri del Po ad alterazione biochimica con evidenze di riorganizzazione interna dei carbonati (Olocene), diffusa idromorfia profonda, tessitura media, subordinatamente grossolana
A5	Suoli in aree morfologicamente depresse della bassa piana alluvionale appenninica con fenomeni più o meno accentuati di contrazione e rigonfiamento delle argille (Olocene), idromorfia poco profonda o profonda, tessitura fine
A6	Suoli dei dossi e delle aree di transizione della bassa piana alluvionale appenninica, ad alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati (Olocene), locale idromorfia profonda, tessitura da media a fine, localmente grossolana
A7	Suoli nei conoidi e nei terrazzi dell'alta pianura alluvionale appenninica, ad alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati, (Olocene), tessitura media, media-ghiaiosa, subordinatamente fine
A8	Suoli nei conoidi e nei terrazzi dell'alta pianura alluvionale appenninica, ad alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati, con moderata, localmente forte, differenziazione del profilo (Olocene), tessitura da media a fine, localmente ghiaiosi.
A9	Suoli nei conoidi terrazzati dell'alta pianura alluvionale appenninica, localizzati in prossimità delle principali aste fluviali, ad alterazione biochimica con forte differenziazione del profilo (Pleistocene), tessitura media o moderatamente fine, con presenza di ghiaia a profondità variabile
A10	Suoli in aree morfologicamente rilevate della pianura, antichi (Pleistocene), con tracce di alterazione geochimica, ricchi in sesquiossidi, completamente decarbonatati o con accumulo dei carbonati negli orizzonti profondi, a tessitura da media a fine.
B. BASSO APPENNINO (Soil Region 78.1)	
B1	Suoli del basso Appennino delle argille e sabbie plioceniche, con terrazzi pleistocenici, poco evoluti d'erosione per ruscellamento, calanchi, roccia affiorante; suoli subordinati a moderata o forte differenziazione del profilo, per alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati; locali lembi residui di suoli antichi, con tracce di alterazione geochimica.
B2	Basso Appennino delle argille instabili, poco evoluti d'erosione per ruscellamento, calanchi, roccia affiorante e a moderata differenziazione del profilo per soliflusso e reptazione agricola;
B3	Basso Appennino delle peliti e delle arenarie; a differenziazione del profilo o moderata per fenomeni di ruscellamento; suoli subordinati poco evoluti d'erosione per ruscellamento
B4	Basso Appennino della Marnosa Arenacea Romagnola, a forte differenziazione del profilo; suoli subordinati a debole differenziazione del profilo d'erosione per ruscellamento e/o per interventi antropici

[6] Costantini E., Urbano F, L'Abate G. Soil Regions of Italy, 2004

C. MEDIO APPENNINO (Soil Region 78.2)	
C1	Suoli del medio Appennino sulle argille instabili, ad alterazione biochimica con decarbonatazione incipiente, a differenziazione del profilo moderata per ruscellamento, colate di terra, deformazioni plastiche, smottamenti; suoli subordinati poco evoluti d'erosione per ruscellamento
C2	Suoli del medio Appennino sui flysch calcareo-marnosi, a differenziazione del profilo moderata per ruscellamento, colate, soliflusso, reptazione agricola, con decarbonatazione incipiente, localmente parziale/completa/relativa ad alcuni orizzonti; suoli subordinati poco evoluti per erosione
C3	Suoli del medio Appennino sui flysch arenaceo-pelitici, ad alterazione biochimica, decarbonatati, a forte differenziazione del profilo; suoli subordinati con decarbonatazione incipiente, a differenziazione del profilo moderata per ruscellamento
C4	Suoli del medio Appennino sui gessi e calcari cavernosi, ad alterazione biochimica con decarbonatazione incipiente, a debole o moderata differenziazione del profilo per ruscellamento; suoli subordinati a forte differenziazione del profilo, decarbonatati
C5	Suoli del medio Appennino su rocce ofiolitiche a differenziazione del profilo moderata per ruscellamento, colate, soliflusso, reptazione agricola, con decarbonatazione incipiente; suoli subordinati poco evoluti per erosione
D. ALTO APPENNINO (Soil Region 35.7)	
D1	Suoli dell'alto Appennino sulle arenarie, ad alterazione biochimica, ad acidificazione da debole a moderata negli orizzonti superficiali; localmente forte negli orizzonti superficiali, a forte differenziazione del profilo
D2	Suoli dell'alto Appennino sui flysch calcareo-marnosi e peliti, ad alterazione biochimica, decarbonatati; a forte differenziazione del profilo con frequente debole acidificazione negli orizzonti superficiali, subordinatamente a debole differenziazione del profilo
D3	Suoli dell'alto Appennino sulle Ofioliti, ad alterazione biochimica, ad acidificazione debole, frequentemente moderata negli orizzonti superficiali; a differenziazione del profilo forte, localmente debole

Figura 16. Visualizzazione del servizio WMS DOTAZIONE_SO

7 BIBLIOGRAFIA

6° Censimento dell'agricoltura (2010) http://www.istat.it/it/emilia-romagna

COM 2006/232 definitivo. Direttiva del parlamento europeo che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE. http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_it.pdf.

COM (2021) 699 definitivo. Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699

Giustolisi, O., Savic, D. A., 2006 A symbolic data-driven technique based on evolutionary polynomial regression. Journal of Hydroinformatics, 8 (3), 207–222

McBratney, A.B., Mendonça Santos, M.L., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. Geoderma, 117, 3-52.

MacQueen J. B. (1967): "Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability", Berkeley, University of California Press, 1:281-297

MEUSIS https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/meusis-multi-scale-european-soil-information-system

Pebesma, E.J., 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. Computers & Geosciences, 30: 683-691.

Regione Emilia-Romagna, Disciplinare di produzione integrata. Norme generali. Ediz. 2023 pag. 66 https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/produzioni-agroalimentari/temi/bio-agro-climambiente/agricoltura-integrata/disciplinari-produzione-integrata-vegetale/Collezione-dpi/dpi_2023/norme/norme_generali-2023.pdf/@@download/file/Norme_generali%202023.pdf

Regione Emilia-Romagna. Campioni analisi terreni (SACT) della regione Emilia-Romagna (2021) https://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/ANALISI_TERRENI_SACT.pdf

Regione Emilia-Romagna. Carta dei suoli della Regione Emilia-Romagna in scala 1:50.000. Edizione 2021https://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/carta_suoli_50k.pdf.

Regione Emilia-Romagna. Carta del contenuto percentuale di Carbonio Organico nei suoli della regione Emilia-Romagna strato 0-30 cm. Terza edizione. 20203 http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/ NOTE_ILLUSTRATIVE_CORG_0_30.pdf.pdf

Regione Emilia-Romagna. Carta della tessitura dei suoli della regione Emilia-Romagna strato 0-30 cm. 2023. Seconda edizione https://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/tessitura_0_30.pdf

R version 3.2.0, 2015. The R Foundation for Statistical Computing, https://www.r-project.org/

RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL http://www.rstudio.com/ versione 0.98.1103.

Fernandez-Ugalde, O; Scarpa, S; Orgiazzi, A.; Panagos, P.; Van Liedekerke, M; Marechal A. & Jones, A. LUCAS 2018 Soil Module. Presentation of dataset and results, EUR 31144 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 2022, ISBN 978-92-76-54832-4, doi:10.2760/215013, JRC129926

Ungaro, F., Calzolari, C., Tarocco, P., Giapponesi, A. and Sarno, G. 2005. Quantifying spatial uncertainty of soil organic matter indicators using conditional sequential simulations: a case study in Emilia Romagna plain (Northern Italy). Canadian Journal of Soil Science, 85, 499-510

Ungaro F., Staffilani F., Tarocco P, 2010. Assessing and mapping topsoil organic carbon stock at regional scale: a Scorpan Kriging approach conditional on soil map delineations and land use Land Degrad. Develop. DOI: 10.1002/ldr.998

Ungaro F., Calzolari C. Carta del contenuto percentuale e dello stock di carbonio delle frazioni granulometriche, e della salinità dei suoli della pianura emiliano-romagnola (0-30 cm). Rapp. 2.1 Ott. 2015 https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/archivio_pdf/suoli/Rapporto_2_1_ottobre_2015.pdf/at_download/file/Rapporto_2_1_ottobre_2015.pdf