



Regione Emilia-Romagna
AREA GEOLOGIA, SUOLI E SISMICA

Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto per la BioEconomia

**CARTA DEL
CARBONIO ORGANICO
IMMAGAZZINATO NEI SUOLI
DELLA REGIONE
EMILIA-ROMAGNA
strato 0-30 cm**

scala 1:50.000

2023
3^a edizione

NOTE ILLUSTRATIVE

a cura di:

**Fabrizio Ungaro
Paola Tarocco
Alessandra Aprea**

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Area Geologia, Suoli e Sismica - RER
Area Geologia, Suoli e Sismica - RER

A cura di:

Fabrizio Ungaro - CNR – Istituto per la Bioeconomia

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

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

In copertina:

foto\guillaume-bolduc-uBe2mknURG4-unsplash.jpg

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



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.....	6
3	DESCRIZIONE DELLA CARTA	7
4	METODOLOGIA UTILIZZATA	13
5	CONSULTAZIONE DELLA CARTA SUL WEB	19
5.1	Elenco dei siti di consultazione e loro caratteristiche.....	19
5.2	Consultazione sul sito Cartografia dei suoli dell’Emilia-Romagna (MokaSuoli)	20
5.3	Consultazione sul sito basato su GOOGLE EARTH.....	21
5.4	Consultazione sul GeoViewER Moka	22
5.5	Consultazione sul visualizzatore del Geoportale dell’Emilia-Romagna.....	23
5.6	Scaricamento dati dal portale minERva	24
5.7	Consultazione come servizio WMS	25
6	ALLEGATO. DESCRIZIONE DELLE PROVINCE DI TERRE.....	26
7	BIBLIOGRAFIA	28



CARTA DEL CARBONIO ORGANICO IMMAGAZZINATO NEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA STRATO 0-30 cm.
SCALA 1:50.000. TERZA EDIZIONE



1 INTRODUZIONE

La sostanza organica è uno dei componenti principali del suolo ed è costituita per quasi il 60% di carbonio (C).

La presenza della sostanza organica influenza enormemente la fertilità chimica, fisica e biologica dei suoli, oltre ad essere parte integrante dei cicli bio-geo-chimici degli ecosistemi terrestri.

A partire dai processi fotosintetici che fissano l'anidride carbonica (CO₂) atmosferica nei tessuti vegetali, il carbonio organico viene trasferito al suolo in seguito alla decomposizione e trasformazione della materia organica proveniente dalle piante o dagli animali. Il livello di carbonio organico presente nei suoli è il risultato di un bilancio di lungo periodo tra apporti (input) e perdite per mineralizzazione (output). I processi di mineralizzazione determinano rilascio di C atmosferico, sotto forma di CO₂ andando ad incrementare le emissioni di gas clima alteranti (GHGs).

A seconda del bilancio tra input e output il suolo può essere "sorgente" di anidride carbonica, cioè immette CO₂ in atmosfera, o "pozzo", assorbendo CO₂ dall'atmosfera. Nei suoli naturali l'equilibrio tra carbonio immagazzinato e carbonio perso dipende dalle caratteristiche naturali del sistema, ossia dal clima, dalla vegetazione e dal tipo di suolo. Nei sistemi agricoli, oltre che da questi fattori, molto dipende dalle tecniche colturali praticate. La messa a coltura di suoli naturali determina emissioni in atmosfera di CO₂, così come accade con la semplificazione dei sistemi agricoli, la separazione delle produzioni vegetali da quelle animali e le continue lavorazioni. Per contro, l'introduzione di pratiche di coltivazione più sostenibili, come quelle dell'agricoltura conservativa, potrebbero invertire tale tendenza e far sì che anche il suolo agricolo svolga la funzione di accumulo.

Il ruolo cruciale svolto dai suoli nel ciclo del carbonio è riconosciuto dalle convenzioni su desertificazione, cambiamento climatico e biodiversità. Il Protocollo di Kyoto sottolinea che il suolo svolge una funzione importante per l'immagazzinamento del carbonio, che deve essere tutelata e, se possibile, anche rafforzata.

La Decisione N.529/2013 del Parlamento Europeo riconosce che le attività di uso del suolo, dei suoi cambiamenti di uso e di silvicoltura (LULUCF), di cui i suoli agricoli fanno parte, hanno un'importanza cruciale nelle politiche ambientali dell'Unione Europea. I suoli sono visti come "serbatoi" che possono immagazzinare una quota significativa delle emissioni totali di GHGs contribuendo agli obiettivi di riduzione del 20% delle emissioni entro il 2020 a norma della Decisione 406/2009/CE.

Per le molteplici funzioni che svolge il carbonio organico del suolo, la Commissione Europea nella "Strategia tematica per la protezione del suolo" (COM2006/231) individua nella diminuzione del contenuto di carbonio organico nei suoli una grave minaccia ed un elemento di degrado del suolo. Inoltre, nel 7° programma di azione per l'ambiente (7°PAA, Decisione N.1386/2013/UE), pone come obiettivo "*un mondo esente dal degrado del suolo nel contesto dello sviluppo sostenibile*" (Conclusioni di Rio+20 "The future we want"), riconoscendo le minacce a cui è sottoposto il suolo come minacce per l'intera umanità.

Nel 2021 la Commissione Europea ha approvato la "Strategia del Suolo per il 2030" COM(2021) 699 (sotto l'ombrello del Green Deal) con diversi obiettivi, fra i quali c'è anche quello di favorire l'accumulo di carbonio organico nei suoli, per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, anche attraverso azioni legislative che proteggano e vincolino le zone umide e i suoli organici.

Per far sì che le strategie europee e nazionali siano efficaci è necessario avere piena conoscenza del territorio e delle sue potenzialità a livello locale. A tal fine la Regione Emilia-Romagna promuove il continuo aggiornamento della banca dati dei suoli regionali e garantisce la divulgazione dei dati raccolti attraverso la produzione e la pubblicazione di cartografie tematiche.

La "Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli della regione Emilia-Romagna" descrive il contenuto di carbonio organico (SOC Stock) nei primi 30 cm di suolo (in Mg*ha⁻¹). Tale elaborato fornisce non solo i valori di contenuto attuale di SOC nei suoli regionali ma permette anche di evidenziare le differenze capacità di accumulo dei suoli in ragione alle loro proprietà chimico-fisiche, al loro diverso uso e gestione, nonché di stimare i potenziali di accumulo in seguito a variazioni d'uso o a modifiche di gestione



2 DEFINIZIONI

Il **carbonio organico del suolo (SOC)** è una componente della materia organica del suolo (SOM) ed è con essa in stretta relazione. La materia organica del suolo deriva essenzialmente dai residui vegetali e animali che giunti al suolo vanno incontro a processi di decomposizione, fermentazione e trasformazione operata dagli organismi viventi del suolo sotto l'influenza della temperatura, dell'umidità e delle condizioni del suolo stesso. Data la complessità strutturale della materia organica, in laboratorio si preferisce eseguire la determinazione del contenuto di carbonio organico che per convenzione può essere ricondotto al valore di sostanza organica (SO) attraverso il fattore di Van Bemmelen ($SO = 1,724 CO$, Jackson, 1965). La determinazione di laboratorio fornisce valori di carbonio organico (CO) espressi in percentuale o meglio in $g \cdot kg^{-1}$.

I valori analitici di CO alla base della elaborazione geo-statistica sono stati determinati con due metodi di laboratorio: Walkley and Black modificato (D.M. 13/9/99 Metodo VII.3) e 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 SOC è uno dei principali indici di qualità del suolo.

Il **carbonio organico immagazzinato nel suolo (SOC Stock)** esprime il contenuto di carbonio organico in un dato volume di suolo. Il SOC Stock è quindi anche funzione della densità apparente del suolo, del contenuto in scheletro ed è riferito ad uno spessore di 30 cm e ad una superficie unitaria; è espresso in $Mg \cdot ha^{-1}$.

La stima di SOC Stock a livello territoriale deve tener conto oltre ai tipi di suoli presenti e al loro contenuto di CO%, anche delle aree prive di suolo, che di fatto annullano le capacità di immagazzinamento del suolo.

Il SOC Stock oltre ad essere indice di qualità è anche un indice della capacità di immagazzinamento di carbonio del suolo ossia della capacità di sequestrare CO_2 dall'atmosfera, può quindi essere espressione della capacità di mitigazione dei cambiamenti climatici da parte del suolo.



3 DESCRIZIONE DELLA CARTA

La “Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli della regione Emilia-Romagna”, come più ampiamente descritto nel paragrafo Metodologia Utilizzata, è il risultato di due diversi tipi di elaborazione a seconda dell’ambiente (pianura e Appennino) e della numerosità dei dati presenti. Entrambe le elaborazioni, a partire da valori puntuali di carbonio organico, tessitura e scheletro, tengono conto della distribuzione dei diversi tipi di suolo nel territorio regionale. 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.

Nell’ambiente di **pianura** è stato 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, sabbia, limo, argilla e scheletro, tiene conto della distribuzione dei suoli a cui questi valori si riferiscono condizionando la stima al valore medio delle delimitazioni 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 del carbonio organico immagazzinato **risulta più preciso in pianura** che in Appennino, 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 rappresentazione del territorio avviene attraverso una struttura a maglia costituita da celle con lato di 100m in formato raster. Il valore di SOC Stock attribuito ad ogni pixel è un valore mediato che tiene conto anche del contributo nullo delle superficie prive di suolo; queste sono state calcolate a partire dalla Carta dell’uso del suolo 2017 ed.2020.

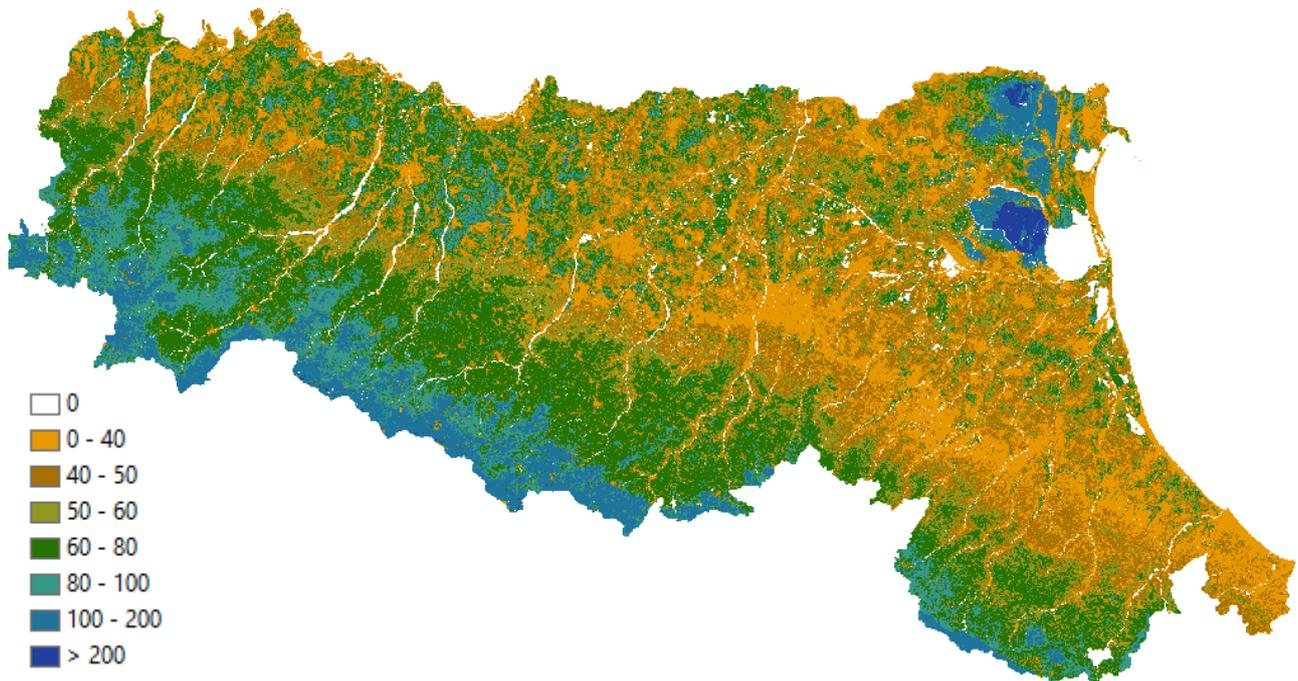


Figura 1. Carta del carbonio organico immagazzinato (Mg/ha) nei suoli della regione Emilia-Romagna" terza edizione (2023)

Il livello di **accuratezza** è definito in termini di deviazione standard del del valore stimato in ciascuna cella del grid: minore la deviazione standard, più accurata la stima. Considerando che la distribuzione spaziale dei parametri è stimata in modo diverso in pianura e in Appennino anche la relativa accuratezza viene stimata in modo diverso, ma all'utente è restituita con un giudizio qualitativo in termini di classi di accuratezza (alta, media, bassa) in modo da rendere comparabili i valori.

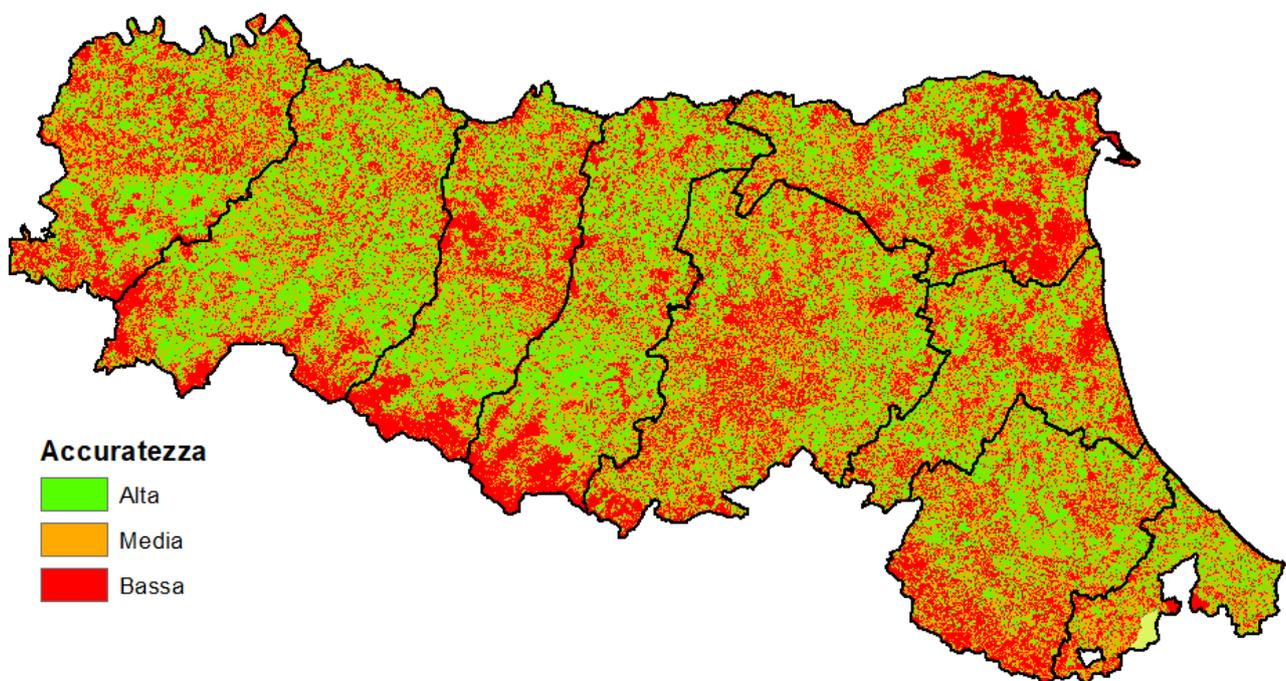


Figura 2. Carta dell'attendibilità della stima (indice qualitativo di accuratezza cartografica)

Nelle descrizioni della distribuzione geografica del valore del carbonio organico immagazzinato nel testo si farà riferimento alle **province di terre** che rappresentano le unità di suolo-paesaggio della regione alla **scala 1:1.000.000** (fig. 3). Nell'allegato a pag. 24 la descrizione per esteso delle unità.



Per ogni unità è stato calcolato il valore medio di carbonio organico stoccato nello strato 0-30 cm (Mg/ha o t/ha) e lo stock totale, che è la somma dello stock delle singole celle 100 x 100 (previa correzione per non suolo e % superficie regionale) e si misura in Mt (mega tonnellate ossia $t^* 10^6$).

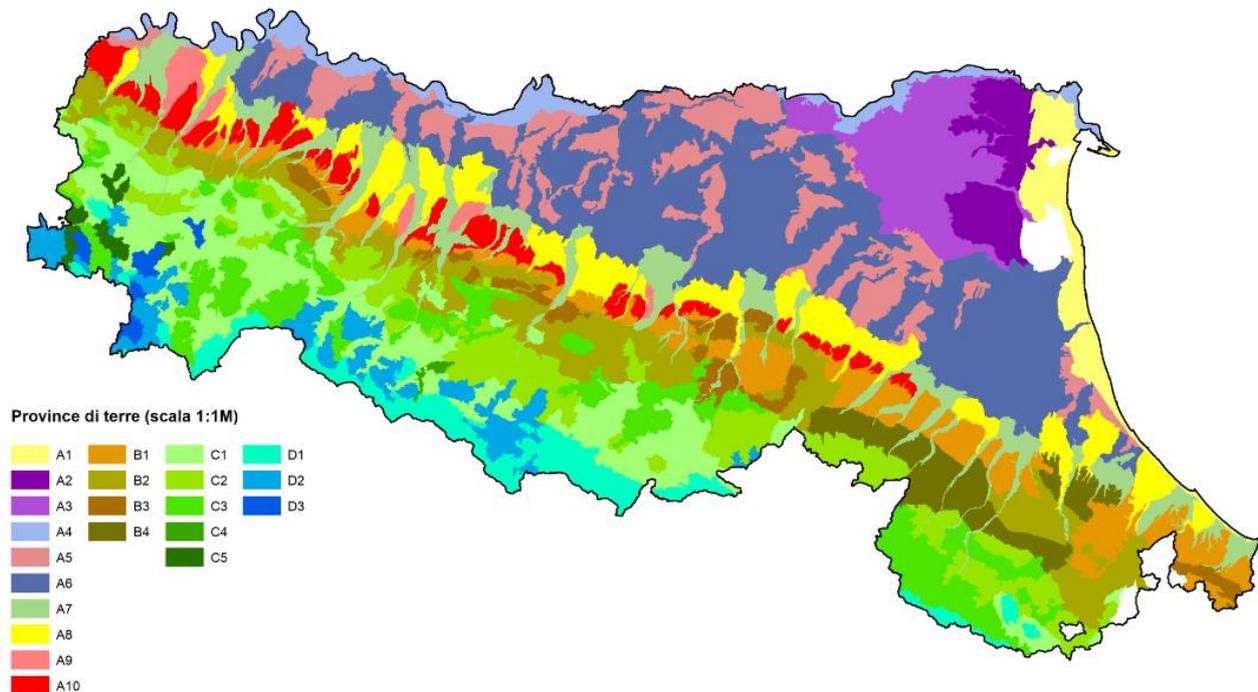


Figura 3. Carta delle province di terre (scala 1:1.000.000) ed. 2021 (livello L2)

La pianura della Regione Emilia-Romagna, che si estende su una superficie di circa 12.032 Km² (di cui circa il 19% è occupata da acque e suolo impermeabilizzato), è caratterizzata da uno stock medio di carbonio organico, considerando i primi 30 cm di suolo, di circa **59 Mg/ha**, che scende a **52 Mg/ha** se si considera la percentuale di suolo urbanizzato per cella. In Appennino, sempre nello stesso intervallo di riferimento 0-30 cm, il contenuto medio di carbonio organico è di circa **65 Mg/ha**, che scende a **61 Mg/ha** se si considera la percentuale di suolo urbanizzato per cella.

Considerando tutta l'area del territorio regionale, si osserva un contenuto medio di poco superiore ai **62 Mg/ha**, che scende a circa **56 Mg/ha** se si considera la percentuale di suolo urbanizzato per cella.

In **pianura**, le zone dove sono immagazzinate le maggiori quantità di carbonio organico sono nella piana deltizia inferiore (unità A2) nel Ferrarese grazie alla diffusione di suoli sviluppatasi su depositi torbosi di aree in passato palustri ed ora bonificate (valore medio 148 Mg/ha); nel Parmense destra Taro e in provincia di Reggio Emilia dove l'elevato contenuto di carbonio organico (rispettivamente 57 e 56 Mg/ha) è da ricondursi alle colture foraggere, sia avvicendate che di prati stabili legate alle produzioni zootecniche e casearie (distretto del formaggio Parmigiano-reggiano).

Nel resto dell'Emilia si trovano valori discreti, ad eccezione dei grandi dossi (Taro, Crostolo, Secchia, Panaro e Reno) della bassa pianura alluvionale (unità A6) dove i valori di carbonio sono più bassi per la presenza diffusa della frutticoltura e viticoltura (con valori medi pari a 48, e 42 Mg/ha nelle province di Modena e Bologna rispettivamente). A maggior ragione questo è ancora più evidente in Romagna, dove la frutticoltura è largamente presente. In queste aree con l'evoluzione dell'uso e della gestione del suolo successivi agli anni '50 sono molto diminuite le colture foraggere ed è venuto meno nello stesso tempo l'apporto di sostanza organica da deiezioni zootecniche, anche se negli ultimi anni si sta notando un'inversione di tendenza dovuto alla sempre più diffusa pratica dell'inerbimento di vigneti e frutteti.

I valori più bassi di carbonio si riscontrano dove prevalgono i suoli sabbiosi ossia nella pianura costiera (unità A1, 45 Mg/ha) e nella piana a meandri (unità A4, 43 Mg/ha); valori molto bassi si trovano anche nei suoli desaturati del margine appenninico (unità A10, 42 Mg/ha), in particolare nelle province di Bologna (31 Mg/ha) e Ravenna (33 Mg/ha).

In Appennino si osserva un trend generale crescente con la quota con valori medi di stock nei primi 30 cm che vanno da **48 mg/ha** nel basso appennino, a **71 Mg/ha** nel medio e **107 Mg/ha** nell'alto appennino.



Per quanto riguarda il **basso Appennino** I suoli su sabbie e argille plioceniche (Unità B1) sono caratterizzati dai valori medi più bassi, pari a ca. 42 Mg/ha, con un trend negativo da nord-ovest a sud-est, caratterizzato da valori medi superiori a 46 Mg/ha nel basso appennino piacentino, parmense e reggiano, con valori compresi tra 43 e 44 Mg/ha nel basso appennino modenese e bolognese, e infine con valori inferiori a 40 Mg/ha nel basso appennino romagnolo. Valori medi superiori a 50 Mg/ha caratterizzano l'unità B2 su argille instabili, con un range di valori medi compresi tra i 58 Mg/ha nel reggiano e i 40 Mg/ha nel forlivese. Le peliti e le arenarie del basso appennino (unità B3) hanno un contenuto medio di 51 Mg/ha, con valori mediamente più elevati nel reggiano (56 Mg/ha) e più bassi nel riminese (43 Mg/ha). La Marnosa Arenacea Romagnola del basso appennino (unità B4) è infine caratterizzata da valori medi di ca. 46 Mg/ha.

Lo stock medio nelle unità L2 del **medio Appennino** varia dai 80 Mg/ha dei suoli su gessi e calcari cavernosi (unità C4) ai 66 Mg/ha dei suoli sui flysch calcareo-marnosi (unità C2); i suoli del medio appennino su argille instabili (unità C1) e quelli su flysch arenaceo-pelitici (unità C5) hanno valori medi pari a 73 e 74 Mg/ha rispettivamente, mentre tenori mediamente più elevati (77 Mg/ha) caratterizzano i suoli su rocce ofiolitiche (unità C5). Nelle unità del medio appennino C1, C2 e C3 si osserva un trend generalmente decrescente tra Piacenza e Modena o Bologna, trend che poi si inverte per risalire nelle province romagnole con un massimo in quella di Rimini.

Nell'**alto Appennino** valori mediamente più elevati si osservano nei suoli su arenarie con un valore medio sui 30 cm di 114 Mg/ha (unità D1), mentre i valori mediamente più bassi (98 Mg/ha) caratterizzano i suoli su sui flysch calcareo-marnosi e peliti (unità D2). Valori intermedi, pari a 103 Mg/ha, si osservano infine nei suoli su ofioliti (unità D3).

L1	L2	ha	Stock medio Mg/ha					Stock totale Mt
			Media	Mediana	DevSt	Min	Max	
Pianura	A1	46945	45.39	44.33	25.48	0.00	194.97	2.1
	A2	49916	148.06	133.62	66.72	0.00	647.36	6.9
	A3	97968	48.31	47.30	18.08	0.00	251.38	4.9
	A4	48927	43.45	44.17	17.20	0.00	140.48	2.0
	A5	155447	55.47	54.67	15.64	0.00	307.04	9.5
	A6	374707	47.53	47.26	16.52	0.00	180.48	17.1
	A7	129405	47.15	46.20	22.89	0.00	147.42	4.2
	A8	135132	46.16	45.22	20.19	0.00	176.80	7.7
	A9	19272	54.55	55.51	21.79	0.04	136.83	1.2
	A10	63621	42.49	41.49	17.40	0.00	174.75	3.1
Basso Appennino	B1	124184	42.0	41.9	11.0	1.6	108.0	5.2
	B2	162315	52.5	53.6	13.9	3.6	127.8	8.5
	B3	38314	51.2	51.6	11.7	3.8	110.3	2.0
	B4	61838	46.0	45.9	10.4	1.3	97.2	2.8
Medio Appennino	C1	190501	72.7	73.8	13.4	4.7	146.6	13.9
	C2	150479	66.3	67.3	12.1	6.1	123.3	10.0
	C3	144651	74.0	74.6	13.5	4.1	129.7	10.7
	C4	1812	78.8	79.9	11.0	6.6	103.7	0.1
	C5	11720	76.8	78.6	15.7	4.7	125.6	0.9
Alto Appennino	D1	80970	113.9	112.9	24.0	6.2	447.3	9.2
	D2	67435	98.3	98.8	16.4	6.9	170.9	6.6
	D3	11288	103.4	106.6	21.8	7.0	177.9	1.2
Alvei e corpi d'acqua		114	37.1	31.0	33.8	1.6	193.7	0.0
REGIONE		2185145	56.52	54.163	26.841	0	647.36	123.5

Tabella 1. Elaborazione dalla "Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli emiliano-romagnoli" 3°ed. 2023 per province di terre



Proseguendo la disamina e facendo riferimento ai 25 distretti agricoli in cui è stata suddivisa la Regione in base all'uso del suolo e alla gestione agricola, la situazione si articola in modo leggermente differente.



Figura 4. Carta dei 25 distretti agricoli della regione Emilia-Romagna

Ambiente	Cod	Distretti agricoli	Superfici suolo ¹ ha	SOC Stock medio (Mg/ha)	SOC Stock totale (Mt)
Pianura	1	Piacenza	118800.594	50.98	5.71
	4	Parma	124351.972	58.78	6.70
	7	Reggio Emilia	117224.641	57.79	6.48
	10	Modena	140900.63	49.00	6.56
	13	Bologna	196529.701	43.18	7.88
	16	Ravenna	156062.85	45.08	6.51
	19	Forli-Cesena	59285.348	40.20	2.26
	22	Rimini	24221.784	34.99	0.81
	25	Ferrara	263273.567	51.87	16.23
		Totale Pianura	1200651.087	52.22	59.13
Collina	2	Piacenza	33863.883	53.17	1.8
	5	Parma	35158.915	52.11	1.8
	8	Reggio Emilia	30801.776	56.18	1.7
	11	Modena	36564.082	54.53	2.0
	14	Bologna	85194.136	48.23	4.1
	17	Ravenna	19651.424	38.29	0.7
	20	Forli-Cesena	89746.466	43.54	3.9
	23	Rimini	52583.355	46.75	2.3
		Totale collina	383564.037	48.46	18.37
Montagna	3	Piacenza	106322.979	79.91	8.4
	6	Parma	184839.456	82.95	15.1
	9	Reggio Emilia	81444.509	84.93	6.8
	12	Modena	91074.023	83.81	7.6
	15	Bologna	88552.556	74.45	6.5
	18	Ravenna	10653.195	57.76	0.6
	21	Forli-Cesena	88136.518	73.09	6.4
	24	Rimini	15476.777	74.71	0.9
		Totale montagna	666500.013	75.98	52.32

Tabella 2. Elaborazione dalla "Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli emiliano-romagnoli" 3^aed. 2023 per distretti agricoli

¹ le superfici sono calcolate a partire dalla carta dell'Uso del suolo 2017 ed.2020 rasterizzata a 100m a cui sono stati applicati gli indici di Non Suolo di Corticelli S. et al. (2008).



Provincia	seminativi annuali	prati avvicendati	prati permanenti e pascoli	legnose agrarie	SAU	arboricoltura da legno	boschi
Piacenza	41077.53	7761.99	929.15	386.9	50155.57	553.87	460.48
Parma	28632.56	28799.06	2027.86	324.44	59783.92	336.15	482.27
Reggio Emilia	27162.6	24947.87	8318.24	7621.50	68050.21	730.15	586.69
Modena	51204.17	18833.91	579.57	14403.14	85020.79	512.8	865.96
Bologna	85498.79	17281.96	2049.14	10920.83	115750.72	322.33	2403.38
Ravenna	56321.13	14627.02	651.1	3'639.65	104238.9	199.43	1709.70
Forli-Cesena	20046.9	5529.22	1099.97	13542.91	40219	193.49	1935.04
Rimini	6534.53	2660.87	178.18	2'197.18	11570.76	79.78	539.9
Ferrara	146061.02	14814.44	606.4	15310.84	176792.7	841.02	790.21
Pianura	462539.23	135256.34	16439.61	97347.39	711582.57	3769.02	9773.63

Tabella 3. Superficie investita dalle aziende per tipo di coltivazione e provincia e con localizzazione del centro aziendale. Superficie in ettari. Emilia-Romagna - Censimento Agricoltura 2010 (i dati del censimento 2022 non sono ancora disponibili)

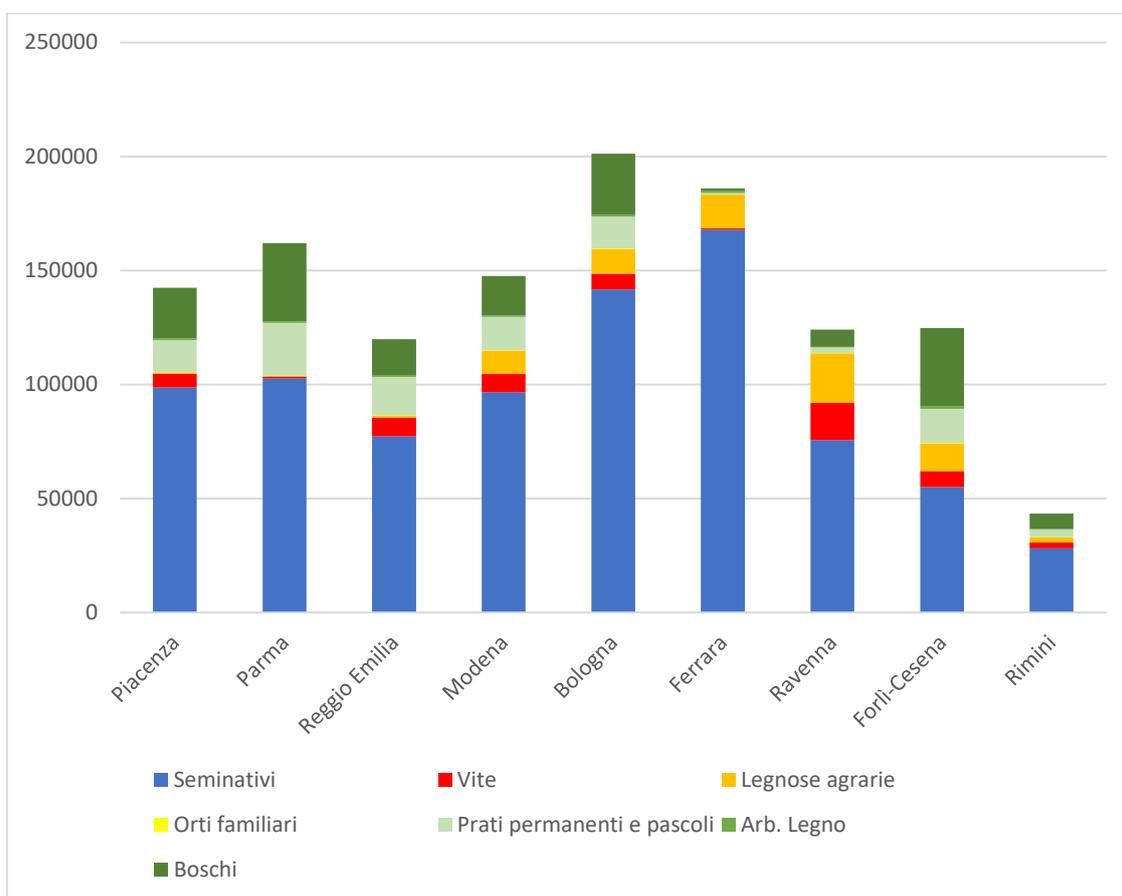


Figura 5. Superficie investita dalle aziende per tipo di coltivazione e provincia, con localizzazione del centro aziendale (da tabella 3). Emilia-Romagna - Censimento Agricoltura 2010

Superficie (ettari)									
Seminativi	Coltivazioni legnose agrarie	Orti familiari	Prati permanenti e pascoli	Superficie agricola utilizzata (SAU)	Arboricoltura da legno	Boschi	Superficie agricola non utilizzata	Altra superficie	Superficie totale (SAT)
863,473	118,192	709	62,450	1,044,824	5,252	178,660	35,575	61,678	1,326,011

Dato regionale ISTAT Censimento Agricoltura 2020



4 METODOLOGIA UTILIZZATA

Come già anticipato nel paragrafo 3, per la stima dei dati necessari alla costruzione dello stock sono state usate due metodologie differenti in pianura ed in Appennino.

Le elaborazioni, basate su simulazioni geostatistiche condizionali in base a criteri diversi in funzione delle variabili considerate, hanno permesso la produzione delle seguenti carte, alle cui note illustrative si rimanda per una sintetica descrizione della metodologia utilizzata; per approfondimenti Report CNR, ottobre 2015 (vedi in bibliografia):

- Carta del contenuto percentuale di carbonio organico tra 0-30 cm;
- Carta della tessitura dei suoli tra 0-30 cm (sabbia, limo, argilla, scheletro, classe tessiturale);

Queste elaborazioni, rappresentate con una griglia regionale con celle di 100m di lato, sono state utilizzate per produrre la carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli (SOC stock).

Il computo dello stock, che esprime il contenuto di carbonio organico in $Mg \cdot ha^{-1}$, necessita la conoscenza della densità apparente dei suoli ($Mg \cdot m^{-3}$). Questa è stata calcolata tramite pedofunzione (PTF) a partire dalle tre frazioni granulometriche, dal contenuto in CO%, considerando il contenuto in scheletro al fine di ottenere una stima della densità corretta per la sola terra fine, e infine corretta in funzione della % in scheletro dei primi 30 cm.

La pedofunzione (Ungaro e Calzolari, 2015), calibrata con algoritmi EPR (*Evolutionary Polynomial Regression*, Giustolisi e Savic 2006) ha la forma seguente:

$$BD (Mg \cdot m^{-3}) = -0.0087761 \cdot argilla \cdot Dg^{0.5} \cdot Sg + 0.00018865 \cdot argilla^2 + -5.8382e-007 \cdot limo \cdot argilla^2 \cdot Sg \cdot Corg^{0.5} + 9.5647e-009 \cdot limo^2 \cdot argilla \cdot Sg^2 \cdot Corg^2 + 2.1366e-008 \cdot sabbia^{0.5} \cdot limo^2 \cdot argilla^2 \cdot Dg \cdot Sg^2 + 1.5661$$

La pedofunzione è stata applicata a 44,052 celle del grid a 100 m, mentre in corrispondenza di 2,704 celle con valori stimati di CO $\geq 2.5\%$ è stata utilizzata la PTF calibrata da Hollis et al. (2012) su un data set europeo, che ha la seguente forma:

$$BD_{Org} = 1.4903 - 0.33293 \times \ln(C \text{ org}\%).$$

Il dato di densità apparente è stato quindi corretto per il contenuto in scheletro stimato per ciascuna cella grid in base al valore medio calcolato per tutte le delineaizioni (587) contenenti osservazioni con scheletro (N = 6,785); i valori di scheletro superficiale variano da 0 a 70%. La distribuzione dei valori di scheletro % è illustrata nella figura 8.

La correzione del valore di densità apparente stimato (Torri et al., 1994) è stata applicata a tutte le celle con contenuto medio in scheletro superiore o uguale al 10%; le celle interessate dalla correzione sono state in totale 31. Il valore della densità apparente della terra fine così ottenuto, BD_{fc} ($Mg \cdot m^{-3}$, figura 9), è stato utilizzato per il calcolo dello stock di C nei primi 30 cm di suolo per unità di superficie ($Mg \cdot C \cdot ha^{-1}$) applicando la relazione:

$$C_{stock} = (1 - f_{skel}) \cdot C_{org}\% \cdot 30 \cdot BD_{fc} \cdot 100$$

Le tonnellate di CO₂ equivalenti riferite allo spessore 0-30 cm possono essere infine calcolate come:

$$CO_2 \text{ eq.} = C_{stock} \cdot 44/12$$

Come si è detto il carbonio organico immagazzinato nei suoli è espresso in $Mg \cdot C \cdot ha^{-1}$, si tratta cioè di un valore quantitativo riferito ad uno strato di suolo spesso 30 cm e ad una superficie di un ha. L'unità territoriale della carta è la cella di lato 100 m quindi di 10.000 m² (1ha), non sempre però l'intera cella è occupata interamente da suolo in grado di immagazzinare carbonio organico, si dovrà quindi di volta in volta scorporare le aree prive di suolo o perché artificialmente impermeabilizzate o perché naturalmente prive di suolo es. calanchi, spiagge, valli salmastre etc e nel caso di calcoli complessivi sull'intera pianura considerare anche che alcune celle hanno porzioni di territorio fuori regione.

Per poter attribuire ad ogni cella l'effettiva superficie occupata da suolo è stata usata la Carta dell'Uso del suolo 2017 ed. 2020 in scala 1:25.000 ed il lavoro svolto da Corticelli S. et al. (2008) che ha attribuito ad ogni categoria della carta dell'uso del suolo un indice di "suolo" e un indice di impermeabilizzato (tabella 6); l'indice



di NoSoil usato deriva da 1-indice "suolo". I valori dell'indice di impermeabilizzazione sono stati aggiunti in alcune categorie mancanti nell'edizione 2008 (per es. impianti fotovoltaici).

Il valore di SOC stock è stato quindi corretto in funzione della superficie effettiva di suolo presente in ciascuna cella. Sono a **valore di Cstock zero** tutte le celle che hanno area prevalente in alveo o in corpi d'acqua.

Indice di NoSoil attribuito a ciascuna cella deriva dal seguente calcolo;

$$\text{ind_NOsoil} = \text{somma } An * \text{Ind_Nosuolon} / \text{AREA_RER}$$

Dove **ind_NOsoil**= indice di NON suolo della cella

An = superfici dell'ennesimo uso del suolo

Ind_Nosuolon = indice di non suolo di ciascun ennesimo uso del suolo

AREA_RER = area regionale all'interno di ciascuna cella

$$C_StockNOs = Cstock (1 - \text{ind_NOsoil})$$

Di seguito la rappresentazione dei parametri utilizzati per il calcolo dello stock di carbonio.

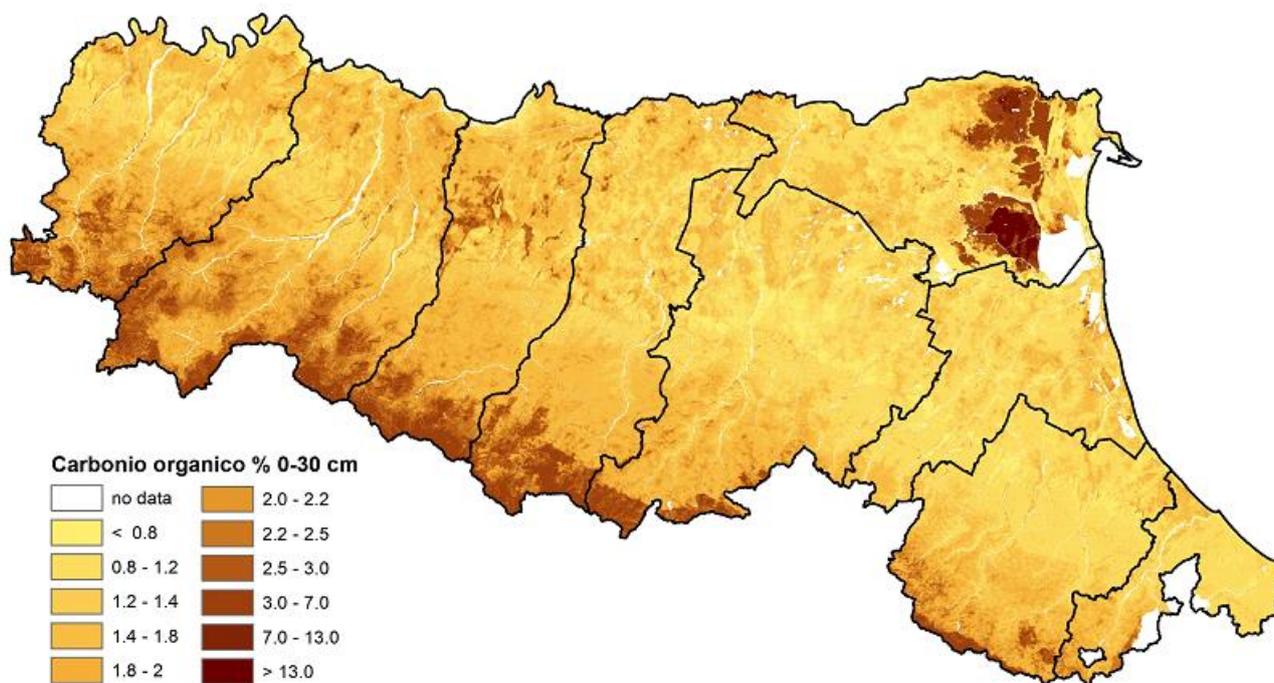


Figura 6. Carta del Carbonio Organico % 0-30 cm nei suoli regionali

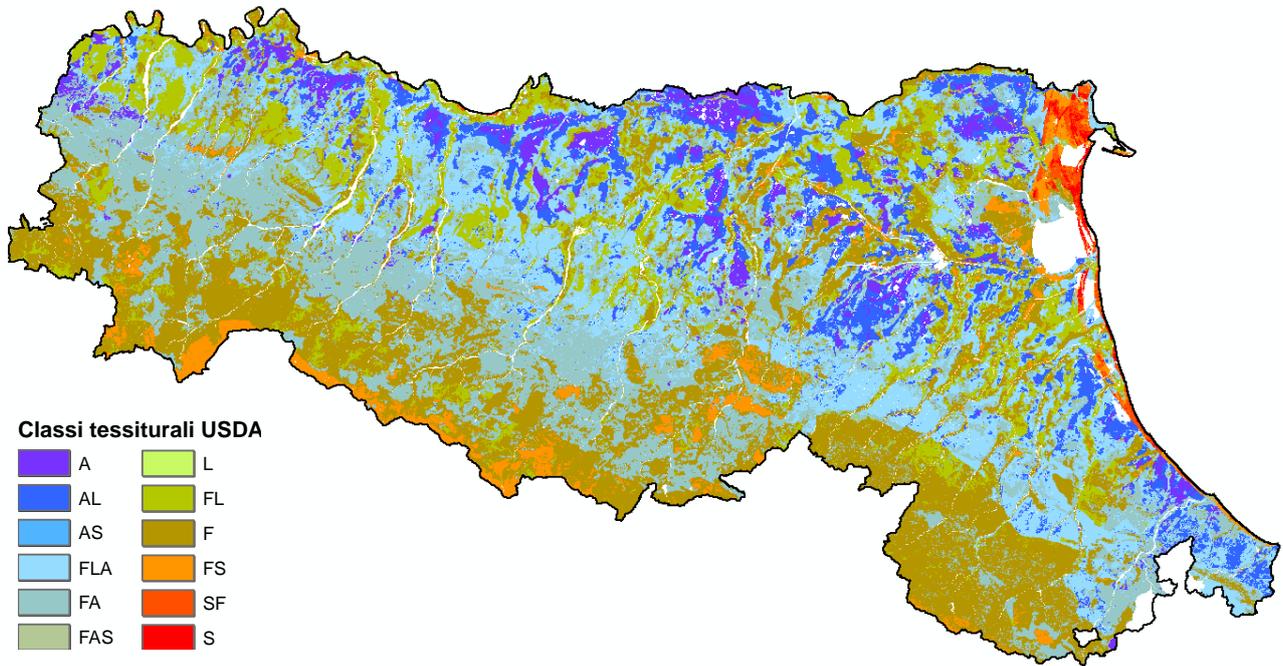


Figura 7. Carta delle classi tessiturali nei suoli della Regione Emilia-Romagna strato 0-30 cm

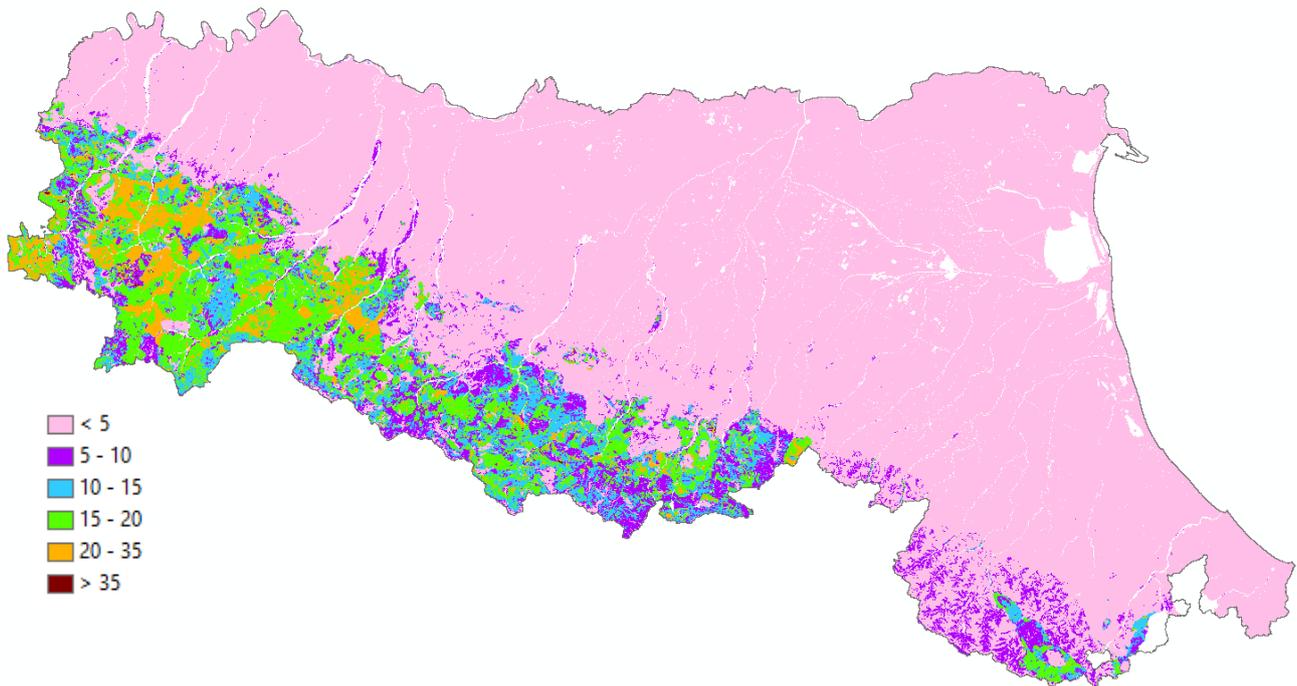


Figura 8. Carta del contenuto % di scheletro nei suoli regionali strato 0-30 cm

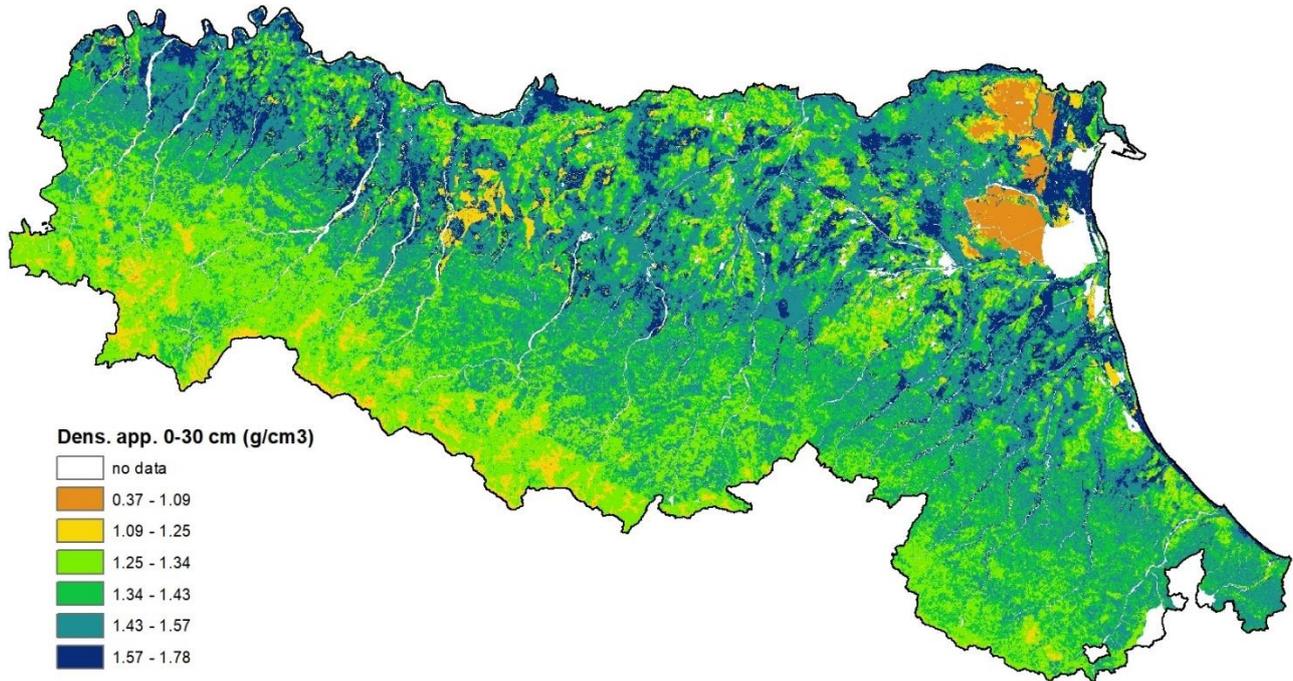


Figura 9. Densità apparente della terra fine strato 0-30 cm: distribuzione spaziale dei valori corretti per il contenuto in scheletro

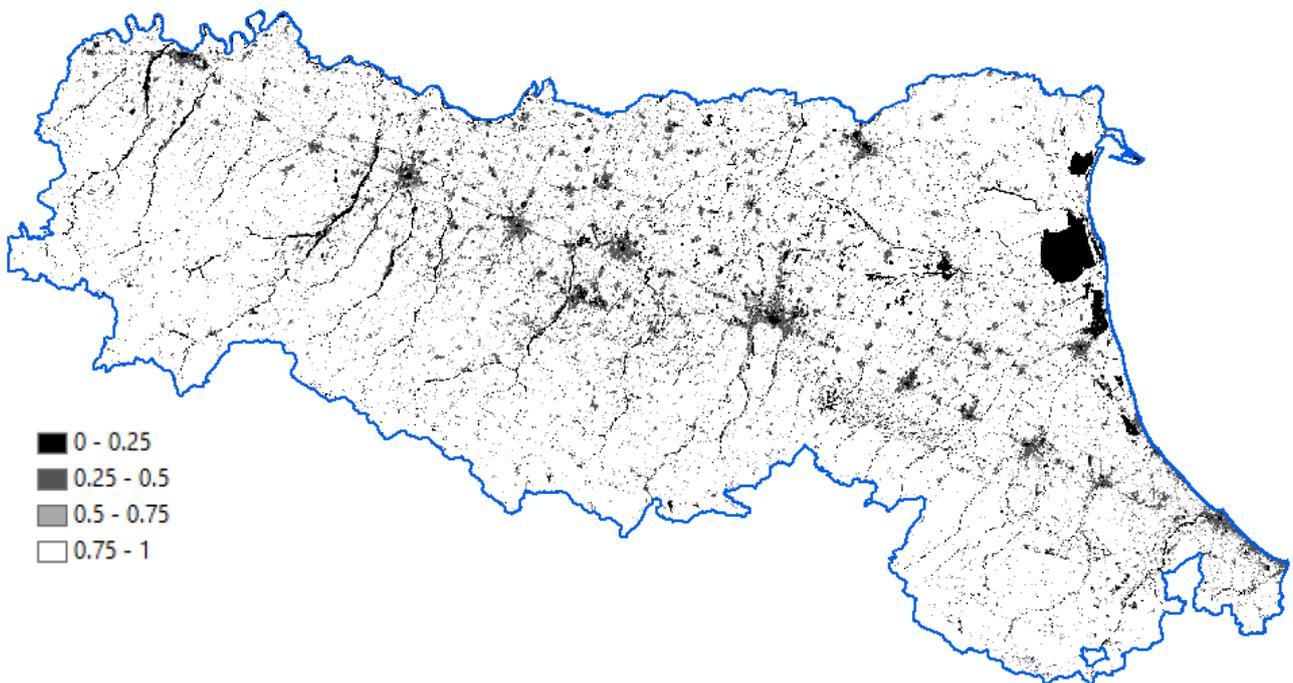


Figura 10. Carta dell'indice di NO SOIL



Indici suolo e impermeabilizzazione applicati al territorio della Regione Emilia-Romagna						
Categorie uso del suolo 2017		Superficie	Indice	Superficie	Indice	Superficie
Codice	Descrizione	(in ettari)	"suolo"	"suolo"	imperp.	Imperp. (ha).
1111	Tessuto residenziale compatto e denso	2026	0.050	101.30	0.95	1925
1112	Tessuto residenziale rado	42590	0.300	12777.00	0.7	29813
1121	Tessuto residenziale urbano	21345	0.500	10672.50	0.5	10672
1122	Strutture residenziali isolate	59442	0.700	41609.40	0.3	17833
1211	Insedimenti produttivi	29228	0.250	7307.00	0.75	21921
1212	Insedimenti agro-zootecnici	17603	0.250	4400.75	0.75	13202
1213	Insedimenti commerciali	1914	0.250	478.50	0.75	1436
1214	Insedimenti di servizi	8002	0.250	2000.50	0.75	6002
1215	Insedimenti ospedalieri	548	0.250	137.00	0.75	411
1216	Impianti tecnologici	574	0.250	143.50	0.75	430
1221	Autostrade e superstrade	3169	0.250	792.25	0.75	2377
1222	Reti stradali	28717	0.250	7179.25	0.75	21538
1223	Aree verdi associate alla viabilità	2847	0.800	2277.60	0.2	569
1224	Reti ferroviarie	3570	0.250	892.50	0.75	2678
1225	Impianti di smistamento merci	751	0.100	75.10	0.9	676
1226	Aree per impianti delle telecomunicazioni	31	0.750	23.25	0.25	8
1227	Reti per la distribuzione e produzione dell'energia	1583	0.250	395.75	0.75	1187
1228	Impianti fotovoltaici	1935	0.400	774.00	0.6	1161
1229	Reti per la distribuzione idrica	456	0.750	342.00	0.25	114
1231	Aree portuali commerciali	575	0.100	57.50	0.9	518
1232	Aree portuali per il diporto	182	0.150	27.30	0.85	155
1233	Aree portuali per la pesca	56	0.150	8.40	0.85	48
1241	Aeroporti commerciali	851	0.700	595.70	0.3	255
1242	Aeroporti per volo sportivo e eliporti	373	0.850	317.05	0.15	56
1243	Aeroporti militari	596	0.800	476.80	0.2	119
1311	Aree estrattive attive	4282	0.500	2141.00	0.5	2141
1312	Aree estrattive inattive	1551	0.700	1085.70	0.3	465
1321	Discariche e depositi di cave, miniere e industrie	305	0.400	122.00	0.6	183
1322	Discariche di rifiuti solidi urbani	1057	0.400	422.80	0.6	634
1323	Depositi di rottami	258	0.300	77.40	0.7	181
1331	Cantieri e scavi	2106	0.300	631.80	0.7	1474
1332	Suoli rimaneggiati e artefatti	4252	0.700	2976.40	0.3	1276
1411	Parchi	5833	0.900	5249.70	0.1	583
1412	Ville	5648	0.900	5083.20	0.1	565
1413	Aree incolte urbane	5965	0.900	5368.50	0.1	596
1421	Campeggi e strutture turistico-ricettive	530	0.700	371.00	0.3	159
1422	Aree sportive	5539	0.750	4154.25	0.25	1385
1423	Parchi di divertimento	379	0.450	170.55	0.55	208
1424	Campi da golf	1116	0.900	1004.40	0.1	112
1425	Ippodromi	2504	0.850	2128.40	0.15	376
1426	Autodromi	767	0.600	460.20	0.4	307
1427	Aree archeologiche	39	0.900	35.10	0.1	4
1428	Aree adibite alla balneazione	936	0.100	93.60	0.9	842
1430	Cimiteri	1239	0.500	619.50	0.5	620
	TOTALE TERRITORI ARTIFICIALIZZATI	273270	0.49	126057	0.51	147215
2110	Seminativi non irrigui	217392	0.991	215435.47	0.009	1957
2121	Seminativi semplici irrigui	739534	0.987	729920.06	0.013	9614
2122	Vivai	1893	0.981	1857.03	0.019	36
2123	Colture orticole	5168	0.981	5069.81	0.019	98
2130	Risaie	5137	0.999	5131.86	0.001	5
2210	Vigneti	58567	0.991	58039.90	9.0009	527



Indici suolo e impermeabilizzazione applicati al territorio della Regione Emilia-Romagna						
Categorie uso del suolo 2017		Superficie	Indice	Superficie	Indice	Superficie
Codice	Descrizione	(in ettari)	"suolo"	"suolo"	imper.	Imperm. (ha).
2220	Frutteti	66854	0.979	65450.07	0.021	1404
2230	Oliveti	4166	0.980	4082.68	0.02	83
2241	Pioppeti colturali	6395	0.990	6331.05	0.01	64
2242	Altre colture da legno	3616	0.990	3579.84	0.01	36
2310	Prati	79901	0.987	78862.29	0.013	1039
2410	Culture temporanee associate a colture permanenti	2367	0.990	2343.33	0.01	24
2420	Sistemi colturali e particellari complessi	4041	0.980	3960.18	0.02	81
2430	Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	7421	0.989	7339.37	0.011	82
	TOTALE TERRITORI AGRICOLI	1202452	0.990	1187403	0.01	15050
3111	Boschi a prevalenza di faggi	122634	0.994	121898.20	0.006	736
3112	Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	383977	0.994	381673.14	0.006	2304
3113	Boschi a prevalenza di salici e pioppi	4206	0.994	4180.76	0.006	25
3114	Boschi pianiziari a prevalenza di farnie e frassini	3828	0.994	3805.03	0.006	23
3115	Castagneti da frutto	1599	0.994	1589.41	0.006	10
3116	Boscaglie ruderali	1448	0.994	1439.31	0.006	9
3120	Boschi di conifere	15733	0.994	15638.60	0.006	94
3130	Boschi misti di conifere e latifoglie	22131	0.994	21998.21	0.006	133
3210	Praterie e brughiere di alta quota	8094	0.994	8045.44	0.006	49
3220	Cespuglieti e arbusteti	858	0.994	852.85	0.006	5
3231	Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione	80029	0.994	79548.83	0.006	480
3232	Rimboschimenti recenti	5385	0.994	5352.69	0.006	32
3310	Spiagge, dune e sabbie	208	0.070	14.56	0.93	193
3320	Rocce nude, falesie e affioramenti	2896	0.080	231.68	0.92	2664
3331	Aree calanchive	15792	0.250	3948.00	0.75	11844
3332	Aree con vegetazione rada di altro tipo	8121	0.350	2842.35	0.65	5279
	TOTALE TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI	676939	0.79	653059	0.21	23880
4110	Zone umide interne	7809	1.000	7809.00	0	0
4120	Torbiere	53	1.000	53.00	0	0
4211	Zone umide salmastre	1758	0.900	1582.20	0.1	176
4212	Valli salmastre	14361	0.250	3590.25	0.75	10771
4213	Acquacolture	342	0.400	136.80	0.6	205
4220	Saline	1344	0.200	268.80	0.8	1075
	TOTALE AMBIENTE UMIDO	25667	0.625	13440	0.375	12227
5111	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	21929	0.500	10964.50	0.5	10964
5112	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	16600	0.850	14110.00	0.15	2490
5113	Argini	5355	0.850	4551.75	0.15	803
5114	Canali e idrovie	15606	0.600	9363.60	0.4	6242
5121	Bacini naturali	350	0.150	52.50	0.85	298
5122	Bacini produttivi	477	0.020	9.54	0.98	467
5123	Bacini artificiali	5851	0.080	468.08	0.92	5383
5124	Acquacolture in ambiente continentale	342	0.100	34.20	0.9	308
	TOTALE AMBIENTE DELLE ACQUE	66510	0.39	39554	0.61	26955

Tabella 4. Tabella degli indici di suolo e di impermeabilizzato di Corticelli S. et al. (2008); il lavoro fu svolto sulla base della Carta dell'uso del suolo 2008 ed è stato integrato con la carta di Uso del suolo 2017 per le classi aggiunte.



5 CONSULTAZIONE DELLA CARTA SUL WEB

5.1 Elenco dei siti di consultazione e loro caratteristiche

La carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm è consultabile su **siti WEBGIS**².

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
Cartografia dei suoli dell'Emilia-Romagna 	Sito che contiene tutte le carte dei suoli e carte derivate, oltre che alcuni temi puntuali (dati SACT, dati ambientali, stazioni della rete della falda ipodermica). Permette la consultazione contemporanea di più strati. Presenti molti voli aerei dal 1954 al 2022. È rivolto in particolare ad utenti del settore ambientale e educativo (es. ARPAE, scuole, CEA).	https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/applicazioni/ped
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. Carta stock carbonio non ancora disponibile	http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/
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). Carta stock carbonio non ancora disponibile	https://mappe.regione.emilia-romagna.it/

Tabella 5. Elenco dei siti WEBGIS in cui è possibile visualizzare e consultare la carta del carbonio immagazzinato nei suoli regionali nello strato 0-30 cm

² <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/suoli/conoscere-suolo/siti-web-sul-suolo-in-emilia-romagna>.



5.2 Consultazione sul sito Cartografia dei suoli dell'Emilia-Romagna (MokaSuoli)

La carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm è consultabile sul sito [Cartografia dei suoli della Regione Emilia-Romagna³](https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/applicazioni/ped), definito brevemente in seguito MokaSuoli. La visualizzazione funziona solo per scale > 1:250.000.

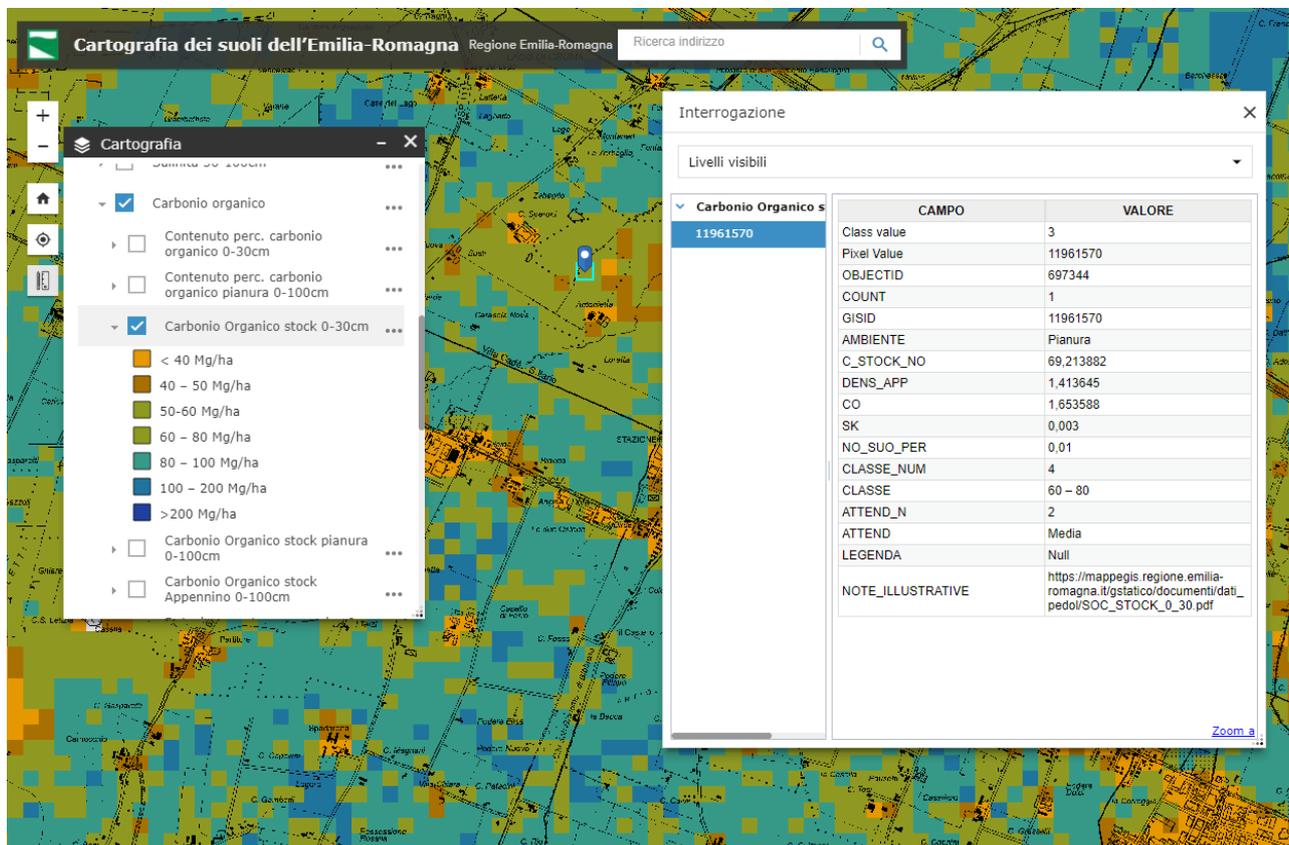


Figura 11. Esempio di consultazione della carta dello stock di carbonio organico sul sito Moka-Suoli

³ <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/applicazioni/ped>



5.3 Consultazione sul sito basato su GOOGLE EARTH

La carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm (edizione 2015) è consultabile sul sito [I suoli dell'Emilia-Romagna](http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo)⁴, definito brevemente CARTPEDO, nella sezione **Carte applicative**. La terza edizione della carta non è ancora disponibile.

2.2 Carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione new

Scala 1:50.000

Il suolo è il comparto ambientale che costituisce la più grande riserva di carbonio organico negli ecosistemi terrestri. Globalmente la quantità di carbonio immagazzinata nei suoli è pari a circa quattro volte quella presente nella vegetazione.

Il ruolo cruciale svolto dai suoli nel ciclo del carbonio è riconosciuto dalle convenzioni su desertificazione, cambiamento climatico, biodiversità. Il protocollo di Kyoto (1997) sottolinea che il suolo svolge una funzione importante per l'immagazzinamento del carbonio, che deve essere tutelata e, se possibile, anche rafforzata.

La carta rappresenta la distribuzione areale del carbonio organico espresso in $Mg \cdot ha^{-1}$ immagazzinato nello strato superficiale (0-30 cm) dei suoli di pianura. La carta è alla sua seconda edizione ed è stata elaborata a partire dai dati di carbonio organico estrapolati dalla Banca Dati dei Suoli della Regione Emilia-Romagna relativi al periodo 1990-2013 e sulla base della Carta dell'uso del suolo 2008 ed.2011 elaborata secondo gli indici di suolo/non suolo di Corticelli et.al 2008.



- apri la [Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#) in Google Earth
- apri la [Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#) con il Plugin di Google Earth
- apri le note illustrative della [Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#)
- visualizza i [metadati della Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#)

Figura 12. Interfaccia della carta del carbonio immagazzinato nei suoli della regione 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 propri tematismi.

Attivando il link [Carta del Carbonio Organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm](http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo) si apre la carta su base Google Earth.

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

Sebbene la carta sia rappresentata per classi, l'informazione cui si accede, interrogando la singola cella, è relativa al contenuto medio stimato di carbonio organico immagazzinato nei primi 30 cm di suolo in $Mg \cdot ha^{-1}$ (SOC Stock); oltre al valore di Stock vengono forniti anche i valori dei parametri da cui questo deriva.

Dalla interfaccia di consultazione è anche possibile aprire le note illustrative correlate.

Figura 13. Interfaccia di consultazione delle singole celle

I suoli dell'Emilia-Romagna

Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. Seconda edizione
Livello di dettaglio 1:50.000

Valore $Mg \cdot ha^{-1}$
54.75

Dati accessori

Attributo	Valore
Densità apparente (g/cm^3) [*]	1.47
Carbonio organico (%)	1.26
Scheletro (%)	0
Aree prive di suolo (%) [**]	1.3

[*] esclusa la densità dello scheletro.
[**] da Carta dell'uso del suolo 2008 ed.2011 elaborata secondo gli indici di suolo/non suolo di Corticelli et.al 2008.

Legenda

Classi

- < 40 $Mg \cdot ha^{-1}$
- 40 - 50 $Mg \cdot ha^{-1}$
- 50 - 60 $Mg \cdot ha^{-1}$
- 60 - 80 $Mg \cdot ha^{-1}$

⁴ <http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/>



5.4 Consultazione sul GeoViewER Moka

La carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm è consultabile anche dal visualizzatore del portale Minerva (GeoViewER Moka)⁵. Dal pannello di destra (Portale DG CTA) dal gruppo Suolo si aggiunge la carta dello stock 0-30 cm cliccando sull'icona del WMS.

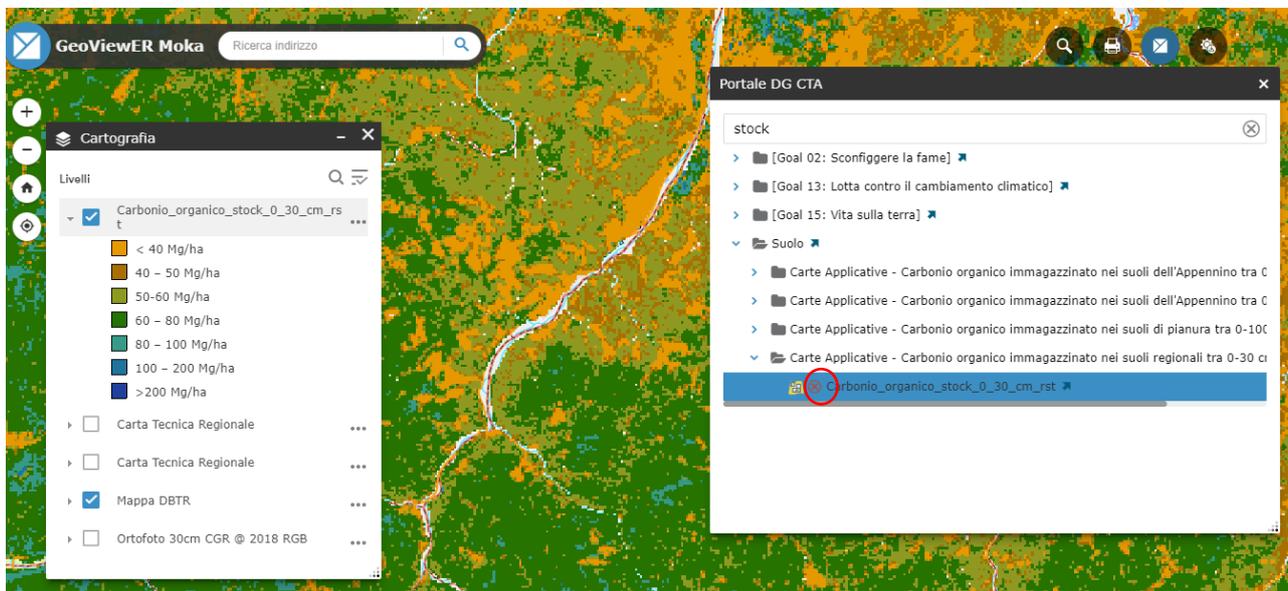


Figura 14. Schermata di esempio della carta Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm sul GeoViewER

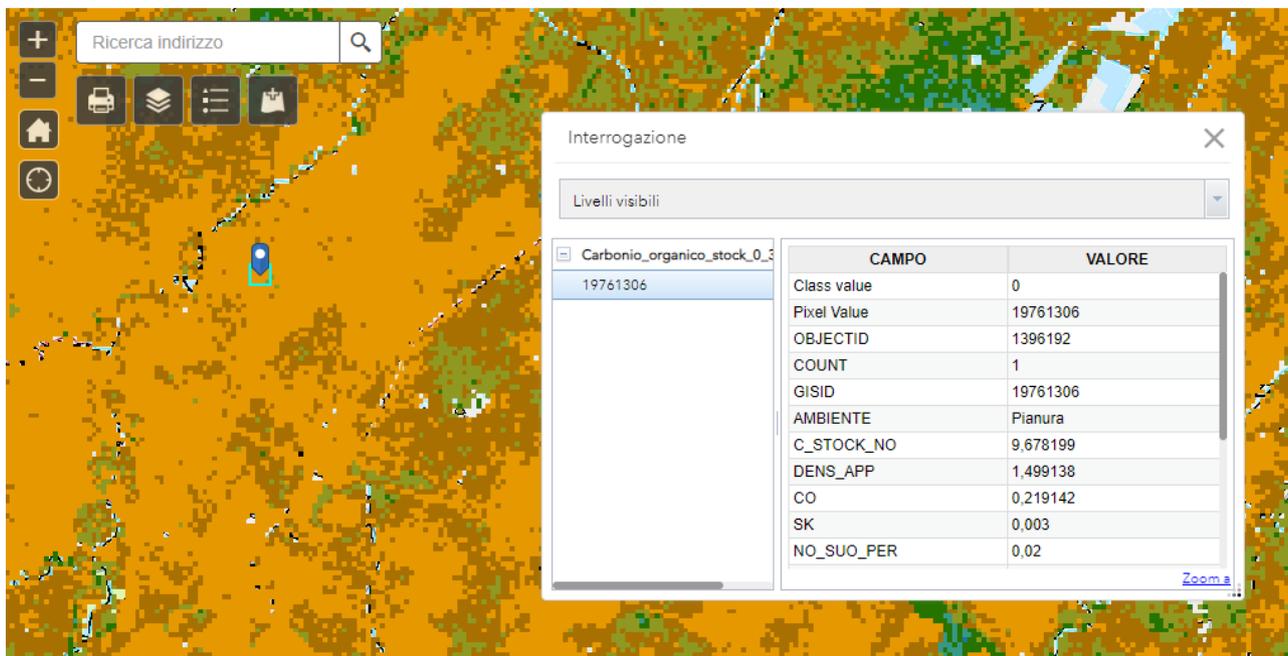


Figura 15. Esempio di interrogazione della carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm sul GeoViewER

⁵ <https://datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/geoviewer2>



5.5 Consultazione sul visualizzatore del Geoportale dell'Emilia-Romagna

La carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm è consultabile anche sul **Geoportale regionale**, nella sezione dedicata alle mappe⁶. Le carte dei suoli e derivate si trovano in **Informazioni Geoscientifiche**.

La visualizzazione funziona solo per scale > 1:250.000.

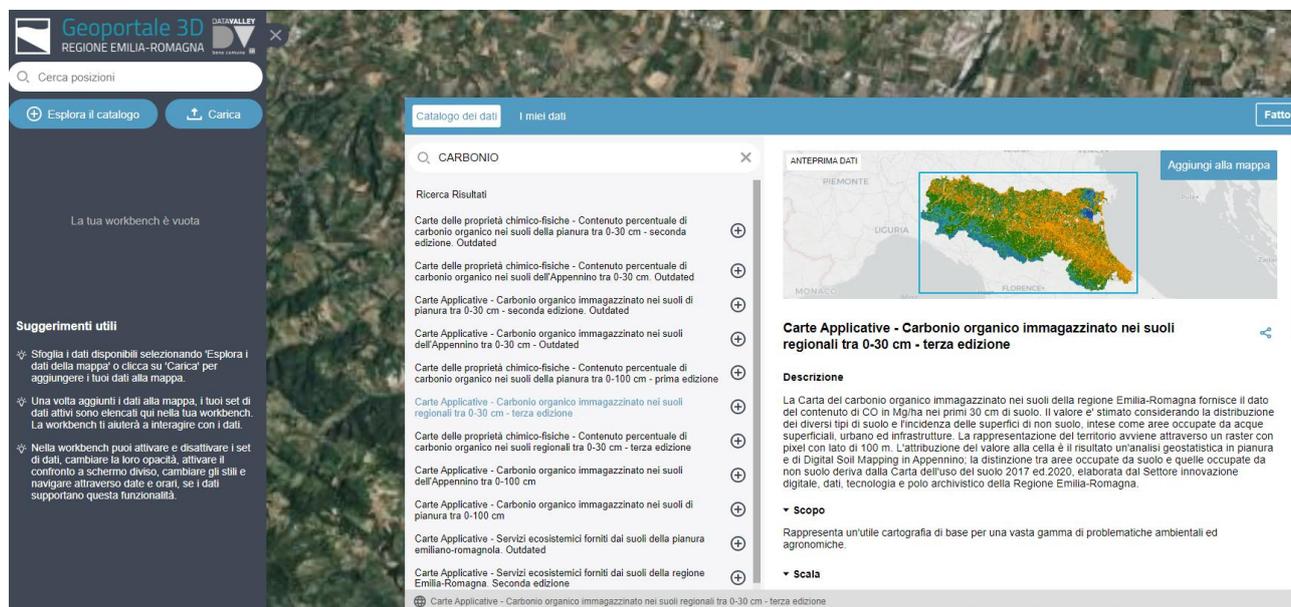


Figura 16. Scelta della carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali sul geoportale ER

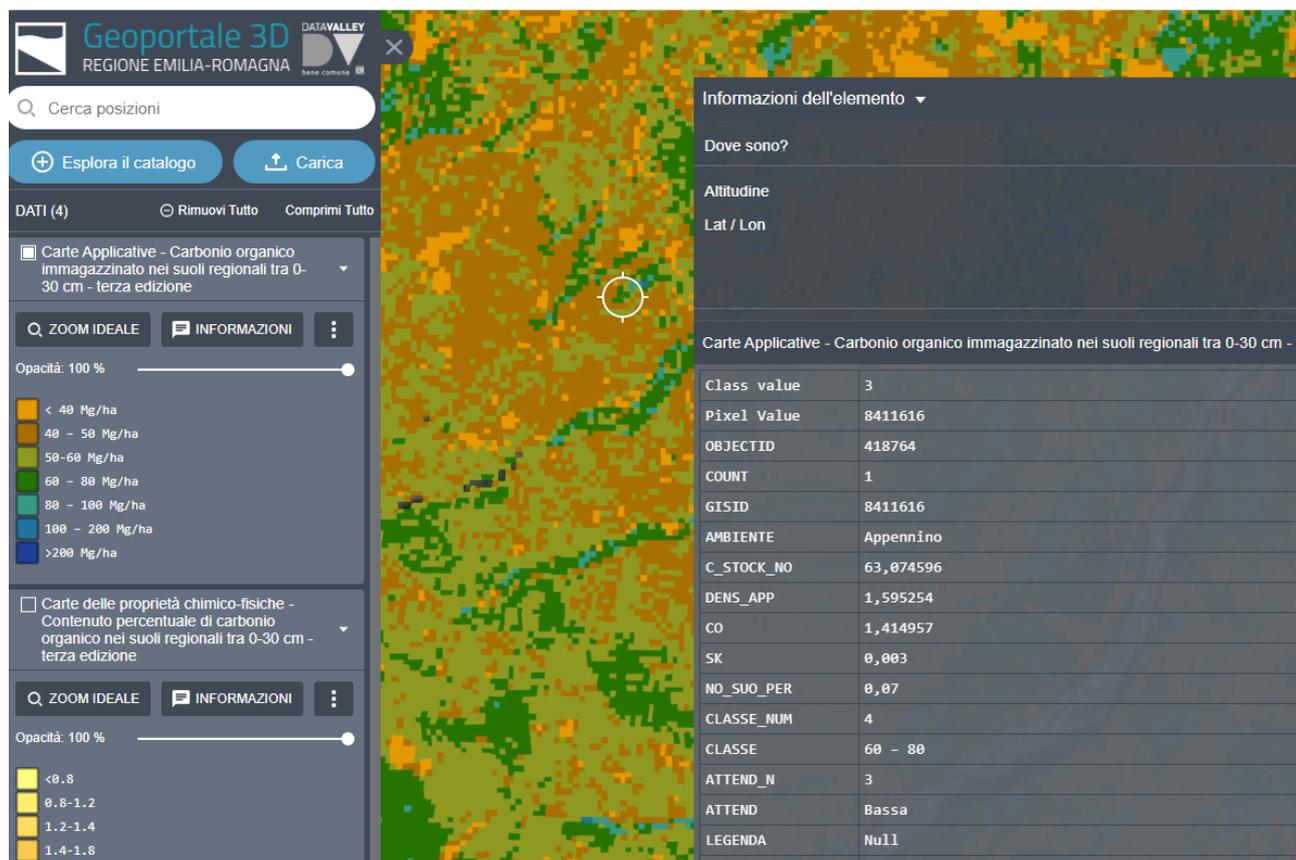


Figura 17. Esempio di interrogazione della carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali sul geoportale ER

⁶ <https://mappe.regione.emilia-romagna.it/>



5.6 Scaricamento dati dal portale minERva

Lo scaricamento dei dati si effettua sul sito Minerva⁷ nel gruppo SUOLI sotto forma di file zippato preconfezionato. Nel file si trovano i seguenti **4 strati raster**, georeferenziati nel sistema di riferimento RDN2008 UTM zona 32N (EPSG 7791):

1. SOC_STOCK_0_30: valore di stock di carbonio Mg/ha;
2. DENS_APP_0_30: densità apparente;
3. NO_SUO_PER : aree prive di suolo %;
4. SOC_STOCK_ACC_0_30: classe di attendibilità (accuratezza cartografica)

Dopo avere trovato lo strato “Carte Applicative - Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm - terza edizione” sul motore di ricerca, si clicca dal pulsante [Esplora](#) la sottovoce [Download](#) e il file scarica direttamente (figura 18).

Carte Applicative - Carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali tra 0-30 cm - terza edizione

La Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli della regione Emilia-Romagna fornisce il dato del contenuto di CO in Mg/ha nei primi 30 cm di suolo. Il valore e' stimato considerando la distribuzione dei diversi tipi di suolo e l'incidenza delle superfici di non suolo, intese come aree occupate da acque superficiali, urbano ed infrastrutture. La rappresentazione del territorio avviene attraverso un raster con pixel con lato di 100 m. L'attribuzione del valore alla cella è il risultato un'analisi geostatistica in pianura e di Digital Soil Mapping in Appennino; la distinzione tra aree occupate da suolo e quelle occupate da non suolo deriva dalla Carta dell'uso del suolo 2017 ed.2020, elaborata dal Settore innovazione digitale, dati, tecnologia e polo archivistico della Regione Emilia-Romagna.

Risorse

Icona	Titolo	Accesso	Azione
DATA	I suoli dell'Emilia-Romagna	access point	Esplora
WMS	Carbonio organico stock 0 30 cm rst	access point	Esplora
DATA	Carte Applicative - Carbonio organico ...	access point	Esplora
DATA	Carbonio organico immagazzinato nei suoli della ...	access point	Esplora

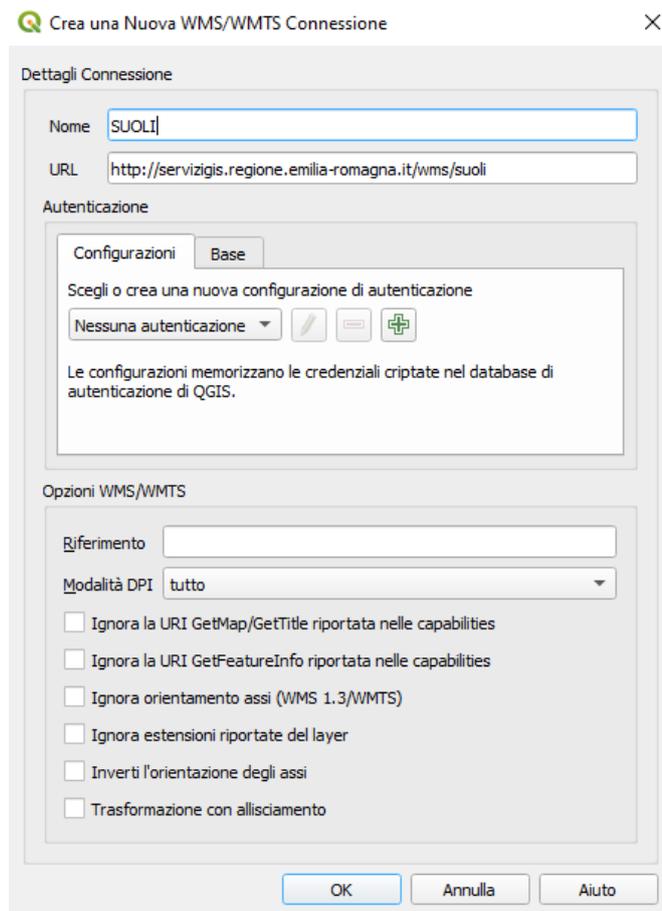
Altre informazioni
Download

Figura 18. Scaricamento della carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali sul sito Minerva

⁷ <https://datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/group/suolo>



5.7 Consultazione come servizio WMS



La carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli regionali 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 (figura 16) si fa un esempio utilizzando Qgis, liberamente scaricabile da Internet. La carta (**Carbonio_organico_stock_0_30_cm_rst**) è vestita sulla base della classe di stock come nella figura 20.

Cliccando nella zona d'interesse compaiono anche tutte le altre informazioni connesse che sono state utilizzate per il calcolo dello stock ossia il valore di densità apparente, carbonio organico %, scheletro % e la percentuale di non suolo presente nella cella.

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 e non nell'ordine predisposto.

Figura 19. Immissione delle capabilities in Qgis

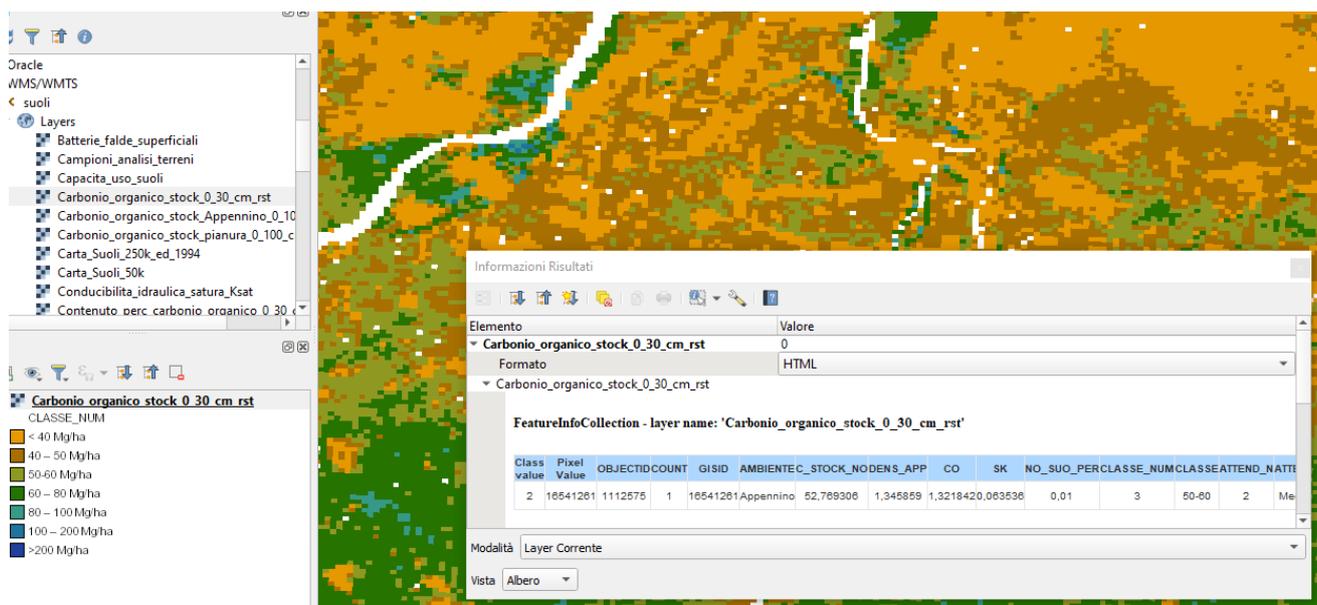


Figura 20. Visualizzazione del servizio WMS Carbonio_organico_stock_0_30_cm_rst



6 ALLEGATO. DESCRIZIONE DELLE PROVINCE DI TERRE

A. PIANURA (Soil Region⁸ 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

⁸ 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



7 BIBLIOGRAFIA

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

COM 2006/231 definitivo. Strategia tematica per la protezione del suolo.
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0231_it.pdf.

COM 2006/232 definitivo. Direttiva del parlamento europeo e del 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. Strategia del Suolo per il 2030. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699>

Corticelli Stefano, Guermandi Marina, Maria Cristina Mariani, Due indici per valutare l'impermeabilizzazione e il consumo di suolo. Atti 12a Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21 – 24 ottobre 2008

Deutsch, C.V., Journel, A.G., 1998. GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press.

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

European Climate Change Programme (ECCP) Working Group Sinks Related to Agri Agricultural Soils - Final Report http://europa.eu/comm/environment/climat/pdf/finalreport_agricsoils.pdf.

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

Hollis, J. M., Hannam J., Bellamy P. H., Empirically-derived pedotransfer functions for predicting bulk density in European soils. European Journal of Soil Science, February 2012, **63**, 96–109

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 <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/Meusis/main.html>

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

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

Regione Emilia-Romagna. Campioni analisi terreni (SACT) della regione Emilia-Romagna (2021) http://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 2021. http://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. 2023 http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/NOTE_ILLUSTRATIVE_CORG_0_30.pdf

Regione Emilia-Romagna. Carta dell'uso del suolo 2017 edizione 2020. <http://www.regione.emilia-romagna.it/entra-in-regione/archivio-cartografico/uso-del-suolo>



Regione Emilia-Romagna. Siti locali rappresentativi dei suoli della regione Emilia-Romagna (2021)
http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/SITI_BENCHMARK_RER.pdf

R version 4.230,2022. The R Foundation for Statistical Computing, <https://www.r-project.org/>

RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL
<http://www.rstudio.com/> versione 2022.07.0

Torri D., Poesen J., Monaci F., Busoni E., 1994. Rock fragment content and fine soil bulk density. Catena, 23 (1-2), 65-71

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
http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/archivio_pdf/suoli/Rapporto_2_1_ottobre_2015.pdf/at_download/file/Rapporto_2_1_ottobre_2015.pdf