

REGIONE MOLISE

Provincia di CAMPOBASSO

Comuni di

GUGLIONESI - MONTENERO DI BISACCIA - MONTECILFONE

TITOLO:

Progetto per la realizzazione di un Parco Agrivoltaico denominato "GUGLIONESI", di Potenza nominale pari a 190,08 MWp e relative opere di connessione alla RTN, sito nei Comuni Guglionesi, Montenero Di Bisaccia, Montecilfone.

PROPONENTE:



IBVI6 S.r.l.

Sede legale: Via Amedeo Duca D'Aosta n.76 - 39100 Bolzano (BZ)

ELABORATO:

Codice Elaborato **GMM04REL04**

RELAZIONE PEDOLOGICA AGRONOMICA AMBIENTALE



Prof Claudio Colombo

Prof Pasquale Avino

DATA:

10.12.2023



studiogiuliano srl • TERRITORIO • AMBIENTE • AGRICOLTURA

86039 TERMOLI ♦ Via dei gelsi n. 51

www.studiogiuliano.it ♦ info@studiogiuliano.it

RELAZIONE PEDOLOGICA- BASSO MOLISE

1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E CLIMATICO	3
2. METODI	7
2.1 CAMPIONAMENTO ED ANALISI.....	7
3. RISULTATI DELLE INDAGINI PEDOLOGICHE AMBIENTALI	8
3.1 GLI ELEMENTI POTENZIALMENTE TOSSICI (EPT).....	12
3.2 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLA CAPACITÀ D'USO DEI SUOLI (LCC)	14
3.3 CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI.....	16
4. CONCLUSIONI	17
5. ALLEGATO 1: DESCRIZIONE DEL CAMPIONAMENTO PEDOLOGICO DEI 14 MINIPIT	20
6. BIBLIOGRAFIA	34

1. Inquadramento geomorfologico e climatico

L'area studio è situata nell'area Sud-Orientale della Regione Molise (Basso Molise) in provincia di Campobasso su una superficie di circa 50 km² distribuita maggiormente all'interno del Comune di Guglionesi e solo una piccola area nel comune di Montenero di Bisaccia (Figura 1).

Il territorio è caratterizzato da rilievi collinari di dimensioni modeste che si estendono a quote tra 200 e 100 metri s.l.m. di origine sedimentaria ricca in calcare. Il paesaggio di questa zona è caratterizzato da rilievi collinari marnoso-argillosi che formano dorsali, a volte spianate e/o arrotondate, con lievi ondulazioni e con i fianchi solcati da qualche formazione calanchiva generati dall'azione erosiva dell'acqua. L'accumulo dei sedimenti nelle parti basse dei versanti e nel fondovalle, ha portato alla formazione di significative coperture di sedimenti fini, a prevalente componente argillosa. Nell'immagine ottenuta con il satellite "Sentinel-2" è possibile osservare la copertura vegetale e l'effetto erosivo della piogge. E' inoltre, possibile osservare il denudamento dei suoli a seguito di intensi fenomeni erosivi con conseguente perdita di strati importanti di suolo fertile (Figura 2,3).

L'area studio è caratterizzata da suoli poco pedogenizzati, relativamente pietrosi e con componente argillosa più o meno prevalente. I suoli si sono formati sia su un complesso calcareo-marnoso con una frazione argillosa scagliosa (argille varicolori), sia su calcareniti ed arenarie. Nell'area studio sono molto diffusi fenomeni di instabilità, in genere, su versanti molto acclivi (> 30%) con elevati segni di erosione incanalata. I suoli sulle arenarie sono prevalentemente sabbiosi e caratterizzati da una permeabilità elevata dove prevalgono cambisuoli, ovvero suoli poco profondi (50-100 cm), con scarso contenuto in sostanza organica e reazione da neutra a subalcalina.

Per le condizioni climatiche dell'area studio sono stati considerati i dati climatici della stazione di Guglionesi. La centralina climatica ha registrato negli ultimi 10 anni una temperatura media di 15.2 °C ed una piovosità media annuale di 673 mm (Figura 3). Il deficit idrico dell'area è dell'ordine dei 600 mm annui, il deficit massimo di 100 mm si osserva nei mesi estivi. Pertanto l'area studio è assimilabile ad un regime di umidità dei suoli di tipo xerico, tipico dell'area mediterranea, caratterizzato da una marcata differenza tra la stagione estiva e invernale. In estate il suolo è secco per un periodo prolungato (più di 45 giorni consecutivi), mentre in inverno la riserva idrica si ricostituisce, e il suolo si presenta umido per un periodo di almeno 45 giorni consecutivi. In alcune aree particolarmente declivi si osserva la roccia affiorante tra suoli di scarso spessore (20-40 cm) e con una bassa riserva idrica in termini di AWC (available water capacity) di circa 70-100 mm ad una profondità di circa 1 metro.

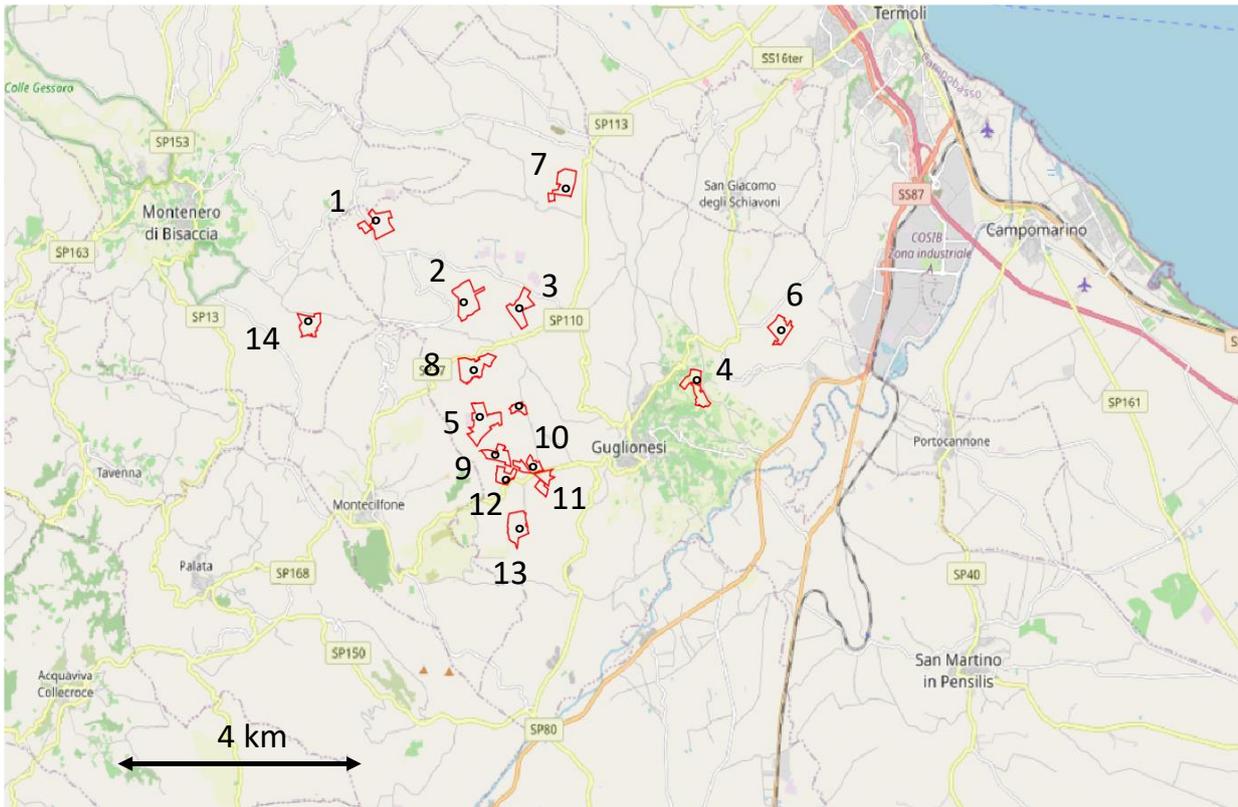


Figura 1. Ubicazione delle 14 aree studio indicate in rosso oggetto del campionamento pedologico/ambientale.

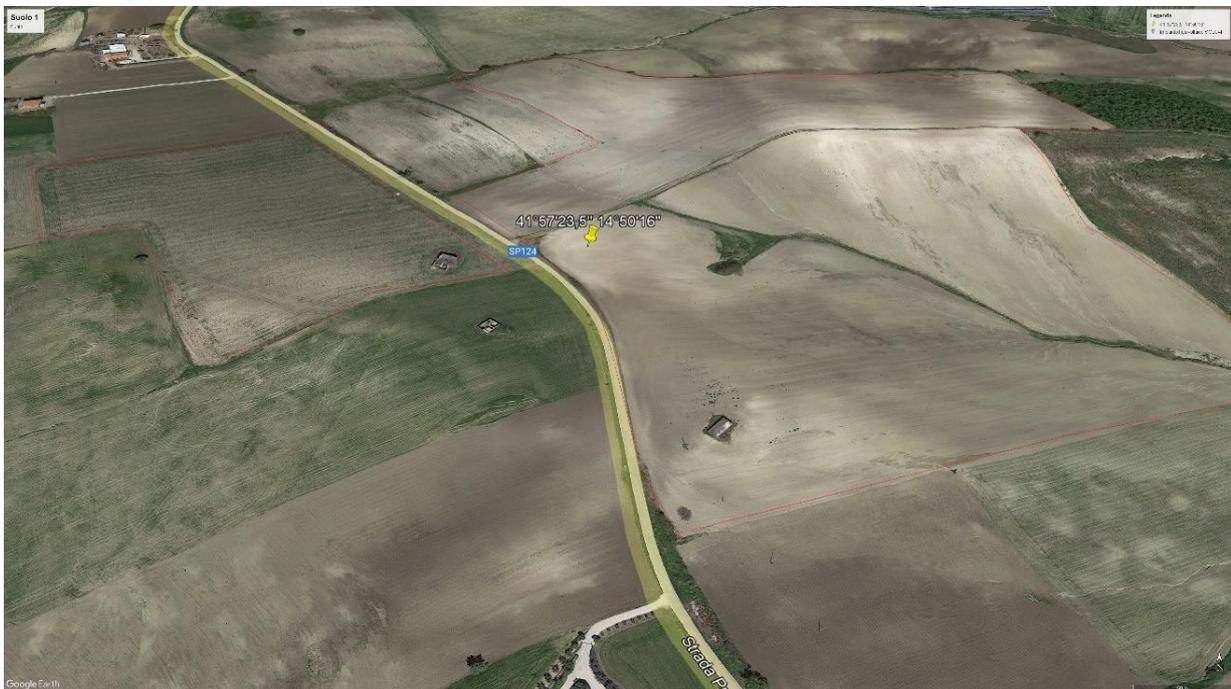


Figura 2. Ubicazione del punto di campionamento del suolo della stazione 14, nel Comune di Montenero di Bisaccia dove è possibile osservare intensi e diffusi fenomeni di erosione idrica superficiale con affioramento del carbonato di calcio oltre ad altri intensi segni di erosione incanalata.

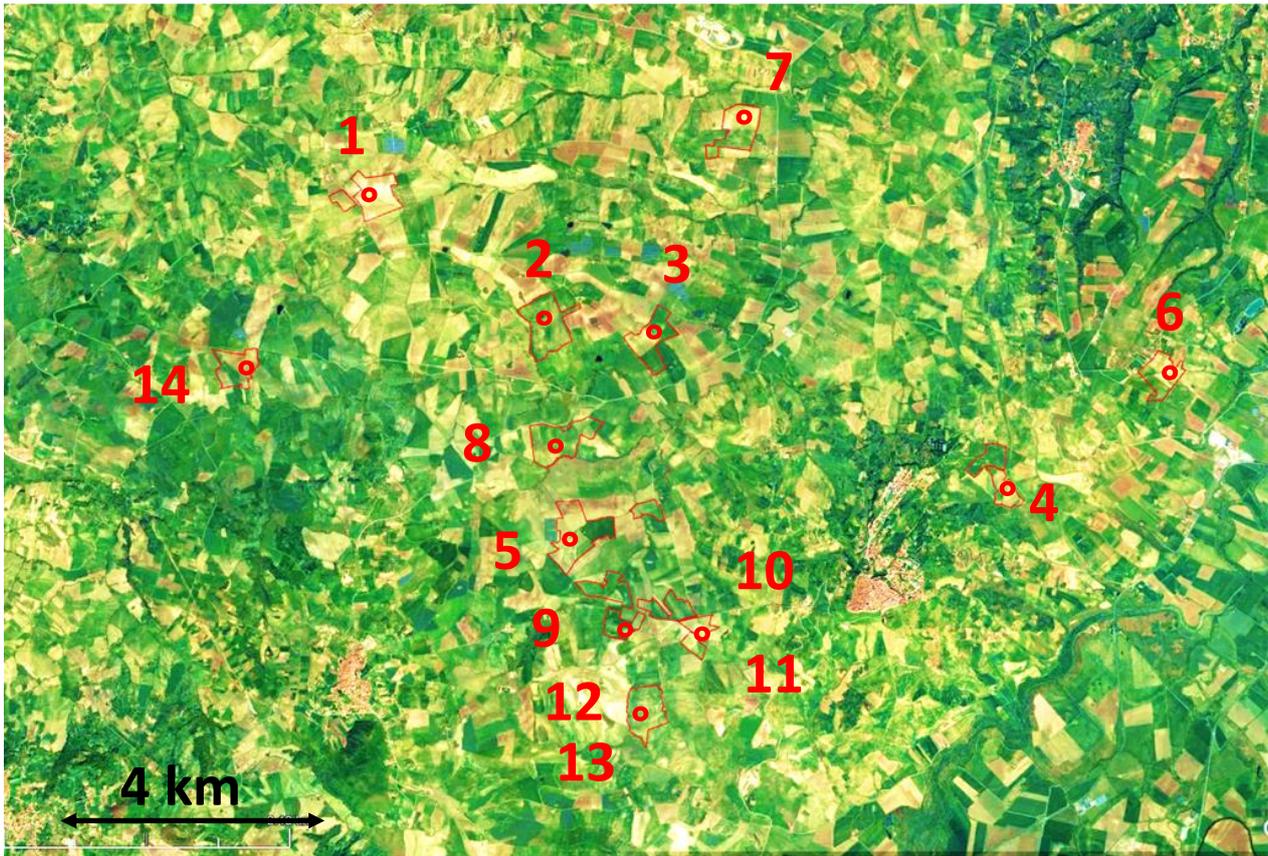


Figura 3. Ubicazione delle 14 aree studio evidenziate in rosso e con la copertura vegetale del 2023 ottenuta con “Sentinel2”.

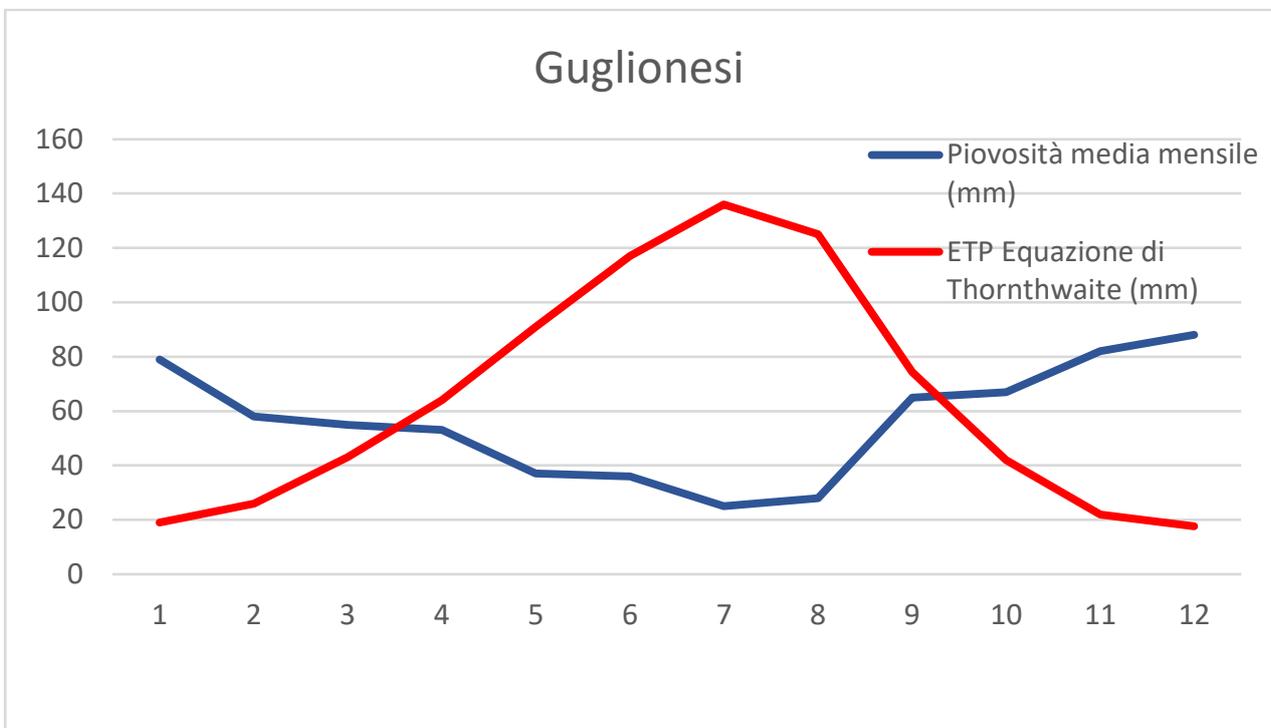


Figura 4. Andamento della temperatura, piovosità ed ETP media mensile misurati tra il 2012-2022.

Nella presente ricerca, le caratteristiche dei suoli sono state definite in termini di perdita di valore produttivo, utilizzando la capacità d'uso dei suoli (*Land Capability Classification - LCC*). Questa metodologia si basa sulla potenzialità del suolo a ospitare e favorire l'accrescimento di piante coltivate e spontanee. I suoli sono stati classificati, in funzione di proprietà che ne consentono, con diversi gradi di limitazione, l'utilizzazione in campo agricolo o forestale, valutando la capacità di produrre biomassa, la possibilità di riferirsi a un largo spettro colturale e il ridotto rischio di degradazione del suolo. Per l'attribuzione alla classe di capacità d'uso, sono stati considerati 12 caratteri limitanti relativi al suolo, alle condizioni idriche, al rischio di erosione ed al clima. La classe è stata individuata in base al fattore più limitante. Altre caratteristiche importanti per la valutazione qualitativa dei suoli in particolare le caratteristiche idrologiche, valutate nel presente lavoro in termini di permeabilità e di riserva idrica dei suoli. Questo approccio permette di valutare in modo sintetico la "salute del suolo", definita come "capacità del suolo di funzionare come un sistema vivente" (FAO. 2022. Global Soil Partnership 2012-2022). Per questo sono stati valutati anche alcuni indicatori di salute del suolo, quali la disponibilità di nutrienti, la lavorabilità, la disponibilità di ossigeno alle radici, la capacità di ritenzione dei nutrienti, la presenza di elementi potenzialmente tossici (EPT), la salinità e la profondità utile per le radici. Suoli vengono definiti "sani" perché mantengono una moltitudine di organismi del suolo che aiutano a tenere sotto controllo le malattie delle piante, insetti ed erbe infestanti, formando benefiche associazioni simbiotiche con le radici delle piante, riciclando i nutrienti essenziali delle piante, migliorando la struttura del suolo con effetti positivi nella capacità di trattenere acqua e nutrienti, migliorandone infine la produttività delle coltivazioni. Un suolo sano contribuisce anche a mitigare i cambiamenti climatici mantenendo o accrescendo il suo contenuto di carbonio (FAO, 2015).

La presente ricerca ha un duplice obiettivo, il primo è stato quello di definire da un lato la qualità del suolo delle 14 aree locate prevalentemente nel Comune di Guglionesi sulla base dei parametri chimici, fisici e biologici dell'area studiata ed il secondo quello di individuare la Classe di capacità d'uso del suolo in base al metodo "*Land Capability Classification*" (LCC). Sulla base dei risultati sarà poi possibile ipotizzare un modello di recupero attraverso l'agricoltura rigenerativa sul quale impostare, successivamente, un progetto agronomico di recupero dei suoli in "sintonia" con l'attuale destinazione d'uso del suolo (FAO, 2012). Questo territorio conserva a tutt'oggi gli elementi tipici del territorio del Basso Molise, come i seminativi non irrigui insieme ad aree coperte da uliveti, viti e da ortive.

2. Metodi

2.1 Campionamento ed analisi

Sono stati prelevati 14 campioni di suolo a 0-40 cm ricadenti nell'area oggetto di studio con ubicazione e identificazione dei siti di campionamento su base cartografica con indicazione delle coordinate geografiche (ISO 10381). Nelle 14 aree studio sono state eseguite la descrizione delle osservazioni pedologiche (minipit). Ogni sito è stato descritto utilizzando la "Guida di campagna per la descrizione delle osservazioni pedologiche" e riportato nelle principali caratteristiche pedologiche nell'Allegato 1. Le metodologie analitiche seguite per le analisi chimiche sono quelle previste dai "Metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo" D.M. 13 settembre 1999 in G.U. n. 185 21/10/99 (Colombo e Miano, 2015) per la determinazione dei parametri chimici e chimico-fisici: granulometria, pH, tessitura, carbonati totali, calcare attivo, TOC, N tot, fosforo assimilabile, Capacità di Scambio Cationico (CSC), estrazione degli elementi solubili in acqua regia (ISO 11466/1999) determinati mediante spettrofotometria di assorbimento atomico (ISO 11047/1999), i principali fitofarmaci sono stati determinati secondo le norme ISO 14154/2005 per gas-cromatografia (GC) e spettrometria di massa (MS).

2.1 Descrizione sintetica dell'area campionata

Per la valutazione pedologica dei suoli e per le attitudini dell'area alle attività agricole è stata elaborata la scheda dei singoli campionamenti Pedologici (minipit) secondo il manuale sulle 'Linee guida per la valutazione della capacità d'uso dei suoli mediante indagine pedologica sito specifica' basato a sua volta sul metodo "*Land Capability Classification*" (LCC), per verificare la relativa classe di capacità d'uso di appartenenza. Nella tabella 1 sono riportate la geolocalizzazione e alcune informazioni che saranno necessarie per la LCC (FAO, 1983; FAO, 2006).

I suoli campionati riportati in Figura 1 e Tabella 1 risultano molto variabili nella profondità, con presenza di scarsa rocciosità, e da media ad elevata pietrosità. I suoli sono generalmente calcarei, scarsamente drenati, con presenza di scheletro da scarso a comune con la profondità. Si è provveduto allo scavo di un minipit fino ad una profondità di circa 40 cm. La stazione è stata descritta per i principali caratteri morfologici necessari alla LLC, secondo il manuale per la descrizione dei profili adottando le definizioni della WRB (FAO, 2014).

Tabella 1. Geolocalizzazione dei suoli campionati e principali caratteristiche geografiche e colturali delle aree campionate.

C.	COORD N	COORD E	FISIOGRAFIA	QUOTA (m l.s.m.)	PEND. (%)	COLTURA	DREN. INTERNO	PIETROSITA' E ROCCIOSITA' (%)	EROS.	PROF. ESPL. RADICI (cm)
1	41°56'46,8"	14°52'05"	subpianeggiante	153	0	incolto	Piuttosto mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
2	41°55'42,9"	14°55'57,3"	subpianeggiante	116	10	Seminativo (grano)	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa e incanalata	50-100
3	41°54'33,7"	14°53'15,7"	subpianeggiante	166	0	Seminativo (grano)	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
4	41°53'59,5"	14°52'57,3"	Versante	177	15	Seminativo (coriandolo)	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
5	41°55'56,4"	14°52'22,4"	subpianeggiante	106	5	Seminativo (grano)	Mal drenato	Assente .elevata > 15%	Diffusa	50-100
6	41°56'23"	14°49'15,5"	Versante	217	5	Seminativo (grano)	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
7	41°56'36"	14°52'54,6"	subpianeggiante	199	5	Seminativo (grano)	Piuttosto mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
8	41°56'10"	14°57'09,1"	subpianeggiante	201	0	Seminativo (grano)	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa e incanalata	50-100
9	41°54'38,4"	14°52'39,8"	subpianeggiante	150	5	Seminativo (avena)	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
10	41° 57' 52,3"	14°53'46,1"	subpianeggiante	78	0	Seminativo (grano)	Mal drenato	Assente, .elevata > 15%	Diffusa	50-100
11	41°54'32,2"	14°53'17,3"	subpianeggiante	163	0	Seminativo (grano)	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
12	41°54'33"	14°53'15,7"	subpianeggiante	167	0	Seminativo	Mal drenato	Assente, moderata 1.1-3	Diffusa	50-100
13	41°54'26,5"	14°52'39,3"	subpianeggiante	183	10	Seminativo (foraggero)	Mal drenato	Assente, frequente 3.1-15	Diffusa e incanalata	50-100
14	41°57'23,5"	14°50'16"	subpianeggiante	225	10	Seminativo (grano)	Piuttosto mal drenato	Assente, frequente 3.1-15	Diffusa e incanalata	25-49

3. Risultati delle indagini pedologiche ambientali

I risultati delle analisi di laboratorio delle principali proprietà chimiche e chimico-fisiche sono riportate nelle Tabelle 1 e 2 e nelle Figure 2, 3 e 4 .

Per quanto riguarda il pH del suolo è stato osservato un valore prossimo alla neutralità (media 7,09) e con un andamento particolarmente anomalo in relazione al contenuto di carbonati totali. Infatti, è possibile osservare una scarsa dipendenza tra pH, contenuto di carbonati e calcare attivo (Tabella 2). Tale risultato è da mettere in relazione con i forti rimaneggiamenti del suolo di superficie mediante tecniche di lavorazione molto intense che tendono a disgregare la roccia calcarea a redistribuirla in superficie nella frazione terra fine (< 2 mm).

Tabella 2. Principali proprietà chimico-fisiche correlate e con le proprietà chimiche e idrologiche dei suoli campionati.

Campione	pH	CE	BD	SG	SF	L	A	PD	CSC
		mS/cm	kg/dm ³	(%)	(%)	(%)	(%)		Cmol(+)/kg
1	7,23	172	1,1	2	28	26	44	1,5	33
2	7,05	238	1,2	2	31	30	37	1,5	25
3	7,04	202	1,2	4	20	29	47	1,6	31
4	6,98	211	1,2	1	21	30	48	1,6	34
5	7,6	130	1,3	2	26	19	53	1,7	26
6	7,01	206	1,2	2	19	16	63	1,7	38
7	7,42	183	0,9	5	24	26	45	1,3	29
8	8,38	224	1,3	0	61	32	7	1,4	9
9	6,74	220	1,1	2	29	16	53	1,5	27
10	7,59	149	1,1	6	34	18	42	1,5	31
11	6,92	222	1,2	1	16	34	49	1,6	26
12	7,13	98	1,0	1	23	46	30	1,3	29
13	7,38	196	1,0	2	14	25	59	1,5	37
14	6,97	106	1,4	8	19	37	36	1,7	24

Il secondo importante parametro monitorato è stato il carbonio organico totale (TOC). La sostanza organica del suolo ed il rapporto C/N sono indicativi della dinamica del carbonio e del livello di fertilità biologica. I valori di TOC di tutta l'area, caratterizzata prevalentemente da seminativi, ha presentato i valori relativamente bassi che oscillano tra 1,19 e 15,66 g/kg. Il valore medio è 9,33 g/kg che moltiplicato per 1,724, dà un contenuto medio di sostanza organica di 16 g/kg. Valori inferiori a 18 g/kg sono da considerarsi critici per suoli argillosi, dove generalmente la sostanza organica è maggiormente protetta negli aggregati per la maggiore presenza di collodi argillosi. Pertanto i giudizi attribuiti alla sostanza organica devono essere correlati anche con la percentuale di argilla presente ed al contenuto di carbonato di calcio. In linea generale si può affermare che i punti dove la sostanza organica sembra essere decisamente scarsa o insufficiente sono i campioni 4,7 e 8. I suoli dove il contenuto di TOC è soddisfacente sono 5,10,11 e 12. I suoli con più alta dotazione in TOC si trovano soprattutto nella zona centrale (campioni 1, 9 e 13). La dinamica del carbonio può essere monitorata attraverso il rapporto C/N. Nell'intera area la maggior parte dei campioni ha un rapporto C/N alto (circa 11), con una variazione tra 7 e 14. Vengono esclusi i valori anomali di 2 e 49 che possono essere relazionati ai forti rimaneggiamenti degli orizzonti superficiali. Il valore di C/N alto indica che in questi casi prevale il fenomeno della mineralizzazione, e che la sostanza organica presente può essere rapidamente consumata.

La maggior parte dei suoli campionati analizzati presenta un valore di Capacità di Scambio Cationico (CSC) medio di 28 Cmol(+) kg⁻¹. All'interno di quest'area prevalgono valori alti di CSC caratterizzati da contenuti di argilla prossimi al 50%. Solo un campione ha mostrato bassa CSC (<10 meq 100 g⁻¹) che coincide con il sito dove la sabbia costituisce la componente tessiturale preponderante (campione n. 8 con il 61% di sabbia). In questa zona (campione 8), coesistono contemporaneamente valori di pH alcalino, prevalenza di sabbia, bassa CSC, che possono incidere negativamente sulla fertilità, sia per la mineralizzazione della sostanza organica che per la forte possibile lisciviazione dei nitrati e del conseguente raggiungimento delle acque sotterranee. La condizione ottimale dal punto di vista della fertilità è rappresentata da un'alta CSC e dalla contemporanea presenza di valori di pH compresi tra il 6 e il 7,5.

Il fosforo assimilabile è in tutti i suoli analizzati è risultato molto basso con valori prossimi ad 1 mg/kg (Tabella 3). Si può anche affermare che un suolo è molto povero di fosforo assimilabile se la sua disponibilità (secondo il metodo Olsen) è inferiore al 10 mg/kg. Tale risultato può essere messo in relazione agli altri contenuti di calcio carbonato attivo tipico dei suoli poco dotati di fosforo (Cambisols e Calcisols). Tale giudizio fa riferimento unicamente alla dotazione del suolo e non alla sua capacità di rifornire nell'immediato le colture secondo le valutazioni date dal manuale "Metodi ufficiali di analisi del suolo" (SISS, 2015).

Tabella 3. Principali proprietà chimico-fisiche correlate con la fertilità dei suoli campionati

CAMPIONE	TOC	Ntot	C/N	CaCO ₃	CaCO ₃ att	P _{ass}	Qm	Cr	Pb	Zn	Cu
	g/kg	g/kg		g/kg	g/kg	mg/g		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	11,5	1,7	7	50	33	1	0,36	21	17	64	29
2	9,1	1,2	8	240	70	1	0,69	16	5	55	29
3	11,2	1,5	7	200	76	1	0,60	26	10	66	72
4	4,2	0,3	14	230	121	2	0,63	24	4	56	17
5	10,5	1,1	10	160	59	1	0,22	31	9	71	36
6	9,4	0,8	12	210	80	1	0,80	22	9	59	32
7	8,6	1,2	7	40	23	2	0,48	23	27	59	22
8	1,2	0,7	2	260	93	1	1,87	17	5	53	27
9	15,7	1,3	12	130	68	2	0,94	30	9	61	14
10	6,8	0,8	9	60	25	1	0,54	28	23	61	30
11	10,3	1,1	9	250	115	1	0,72	34	10	63	22
12	10,1	0,2	49	230	98	1	0,65	32	7	66	21
13	12,5	1,1	11	200	140	1	0,58	32	13	73	21
14	9,7	1,2	8	500	158	1	1,03	15	6	36	13

Per quanto riguarda la stabilità della struttura è stato applicato l'indice di compattamento calcolato con il metodo del "Packing density". Tale metodo stima la suscettibilità alla compattazione sulla base della densità apparente ed il contenuto di argilla (Tabella 4). L'equazione utilizzata è stata la seguente:

$$\text{"Packing density"} \quad (PD) = BD + 0.009 C$$

dove BD è la massa volumica apparente in kg dm^{-3} , PD è la packing density in kg dm^{-3} , C il contenuto di argilla in %.

I valori di PD sono suddivisi in tre classi: bassa <1.40 , media $1.40-1.75$ e alta $>1.75 \text{ kg dm}^{-3}$. I suoli con PD alta ($>1.75 \text{ kg dm}^{-3}$) generalmente non sono molto suscettibili alla compattazione, mentre quelli con PD media e bassa sono vulnerabili se a contenuti idrici elevati è associato l'impiego non adeguato di macchine agricole. Sulla base dei PD, una parte dei suoli analizzati sono stati classificati ad elevata suscettibilità intrinseca alla compattazione (suoli 7 e 12), mentre il resto dei suoli rientra nella media suscettibilità e, quindi, possono essere soggetti ad una intensa degradazione della struttura del suolo se lavorati in modo continuo (Tabelle 2,4).

Tabella 4. Statistica descrittiva delle principali proprietà chimiche e chimico-fisiche dei suoli campionati.

Variable	Descriptive Statistics										
	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard	Skewness	Kurtosis
pH	14	7,25	7,09	6,74	8,38	0,17	0,41	5,73	0,11	1,66	3,51
CE	14	182,61	198,90	98,00	238,00	2055,32	45,34	24,83	12,12	-0,82	-0,56
BD	14	1,14	1,16	0,94	1,40	0,02	0,13	11,47	0,03	0,37	-0,11
TOC	14	9,33	9,89	1,19	15,66	12,40	3,52	37,75	0,94	-0,80	1,64
Ntot	14	1,01	1,12	0,21	1,70	0,18	0,42	41,69	0,11	-0,53	0,02
C/N	14	11,73	9,05	1,76	48,82	122,59	11,07	94,35	2,96	3,28	11,66
CaCO ₃	14	19,68	20,32	4,02	50,01	133,34	11,55	58,68	3,09	1,07	3,01
Cal att	14	8,4	7,8	2,5	15,7	15,5	3,9	4,6	1,0	0,03	-0,56
Pols	14	1,17	1,05	0,59	2,18	0,22	0,47	39,87	0,12	1,00	0,21
SG	14	2,77	1,92	0,35	8,34	5,37	2,32	83,67	0,62	1,39	1,28
SF	14	26,05	23,62	13,58	61,00	134,87	11,61	44,57	3,10	2,25	6,50
L	14	27,42	27,14	15,61	46,26	73,76	8,59	31,32	2,30	0,52	0,31
A	14	43,83	46,09	7,11	63,00	191,84	13,85	31,60	3,70	-1,37	3,05
Resp	14	0,72	0,64	0,22	1,87	0,15	0,39	54,26	0,10	2,04	5,78
Cr	14	25,09	25,15	14,84	33,60	40,26	6,34	25,29	1,70	-0,30	-1,17
Pb	14	10,93	9,14	3,91	27,32	48,06	6,93	63,43	1,85	1,44	1,44
Zn	14	60,13	60,80	35,54	73,05	83,22	9,12	15,17	2,44	-1,36	3,48
Cu	14	27,50	24,74	13,10	71,95	210,18	14,50	52,71	3,87	2,38	7,25

3.1 Gli Elementi Potenzialmente Tossici (EPT)

Le Tabelle 3 e 4 riportano la statistica descrittiva dei dati relativi agli EPT indagati (Cr, Pb, Zn, Cu) e nella Tabella 5 sono riportate le principali categorie di fitofarmaci ritrovati nei primi 40 cm dei suoli campionati. L'obiettivo è quello di fornire una descrizione della presenza degli elementi EPT tenendo conto delle diverse tipologie di suoli e delle pratiche agronomiche utilizzate.

Al fine di operare una corretta analisi statistica abbiamo applicato i test statistici preliminari quali il calcolo dell'indice di Asimmetria (Skewness) e quello di Curtosi (Kurtosis). Gli elementi analizzati (Cr, Pb, Zn, Cu) non hanno superato i limiti del tabellare A del D. Lgs. 152/06. Solo il valore di Zn è risultato leggermente elevato (60 mg/kg) ma sempre al di sotto di limiti della Tabella A. Come si può notare dalla Tabella 4 alcuni elementi (Cr, Pb e Zn) appaiono omogeneamente distribuiti fra i diversi campioni di suolo e pertanto il loro contenuto può essere considerato pari al fondo geochimico; solo il Cu ha mostrato valori medi di 27 mg kg⁻¹ ed una maggiore variabilità con conseguente distribuzione asimmetrica. Tale andamento può essere messo in relazione ad un contributo antropico, anche se minimo, in quanto il Cu⁺⁺ è stato impiegato come fungicida nei vigneti.

Per quanto riguarda i fitofarmaci sono stati ricercate le molecole contenute nei principali prodotti utilizzati in agricoltura convenzionale considerando però che la valutazione di eventuali residui di prodotti fitosanitari nel suolo è possibile ma relativamente complessa, sia per la modalità di distribuzione, periodo e dosi, sia per la veloce degradazione delle molecole di prodotti fitosanitari. I risultati dallo screening effettuato sui 14 suoli hanno permesso di individuare 30 tipologie di molecole di sintesi che sono state classificate in base all'uso potenziale in agricoltura: 1) Antiparassitari: Battericidi, Insetticidi, Acaricidi, Nematocidi, Molluschicidi, Rodenticidi; 2) Anticrittogamici e Fungicidi; 3) Diserbanti: per il contenimento delle principali infestanti.

Dai risultati della analisi effettuate tramite gascromatografia abbinata alla spettrometria massa sono risultati rilevabili 12 antiparassitari, di cui 4 organoclorurati, una molecola particolare è il *Dieldrin* considerata uno dei maggiori inquinanti organici persistenti definiti anche come (Persistent Organic Pollutants, POPs) non più impiegati in agricoltura; seguono 4 molecole raggruppabili tra insetticidi a base di esteri fosforici, la cui presenza è probabilmente derivata dalla degradazione del dimetoato e/o clorpirifos; 2 piretroidi di cui uno (*Empenthrin*) ritrovato in tutti i 14 suoli analizzati ed il *Pyrethrin II* trovato in 7 suoli; 1 acaricida ritrovato in 6 suoli ed 1 rodenticida. Sono state rilevate 5 molecole derivate da surfattanti di fungicidi o insetticidi. Sulla base di questi risultati è possibile osservare che i suoli analizzati sono caratterizzati da una forte presenza di molecole di sintesi derivate dalla applicazione di fitofarmaci. Infatti i suoli analizzati contengono mediamente 7 molecole derivate da fitofarmaci con una forte variabilità tra tipologie di molecole e campioni analizzati. Quattro di queste

molecole sono assimilabili agli organoclorurati. Tali molecole sono considerate tra i POPs più pericolosi a livello del suolo perché per la loro persistenza possono portare ad una perdita di biodiversità della fauna dei suoli ed ad effetti fitotossici per gli organismi acquatici.

Tabella 5. Principali fitofarmaci rilevati sulla base dei metaboliti riscontrati con l'analisi GS-MS dei suoli campionati. In rosso sono evidenziate le molecole (presenti in concentrazioni non trascurabili) facilmente rilevabili.

NAME	FURMULA	CAS#	EPA CLASS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Methanethione	C ₁₅ H ₂₁ NO ₃ S		Emuls		x												
ortho-Fluorobenzamide	C ₇ H ₆ FNO	445-28-3	Insett								x	x					x
5,6-Dithiabicyclo[2.1.1]hexane, 2,3-dimethyl-, 5,5-dioxide	C ₆ H ₁₀ O ₂ S ₂	137363-88-3			x				x		x	x					x
4-Amino-5-(2-methyl-3-furyl)-4H-1,2,4-triazol-3-yl hydrosulfide, 2 TMS derivative			Roden		x												
Benzothiazole	C ₁₃ H ₂₄ N ₄ OSSi ₂	95-16-9	Disinf									x	x				
Chlorthiophos III(estere fosforico)		77503-28-7	Insett														
Benzaldehyde, 2,4-dichloro(organoclorurato)	C ₁₁ H ₁₅ Cl ₂ O ₃ PS	874-42-0	Disinf		x												
Ethyl(dimethyl)allyloxysilane	C ₇ H ₁₆ OSi																
Butanoic acid, ethylester	C ₆ H ₁₂ O ₂	105-54-4										x					x
Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-[2-(ethylthio)ethyl] ester (estere fosforico)	C ₁₂ H ₁₇ O ₃ PS	33719-81-2	Insett			x				x							x
Indene, 1-ethylidene	C ₁₁ H ₁₀	2471-83-2						x									
3-Buten-2-one, 4-(4-hydroxy-2,2,6-trimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-1-yl)-	C ₁₃ H ₂₀ O ₃	38274-01-0	Emuls								x						x
trans-Chrysanthemol (Pyrethrin II)	C ₁₀ H ₁₈ O	18383-58-9	Insett	x		x			x			x	x	x	x		
Alternariolmonomethyl ether, 2TMS derivative	C ₂₁ H ₂₈ O ₅ Si ₂	959286-82-9				x											
3-Methyl-thiophene-2-carboxamide	C ₆ H ₆ OS	5834-16-2															x
Empenthrin(pyrethroid)Imiprothrin(pyrethroid)	C ₁₈ H ₂₆ O ₂	54406-48-3	Insett	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	C ₁₇ H ₂₂ N ₂ O ₄	72963-72-5															
Phenol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-	C ₁₄ H ₂₂ O	1138-52-9	Emuls		x	x	x	x		x		x	x	x			x
2,6-Diisopropyl-naphthalene	C ₁₆ H ₂₀	24157-81-1					x										x
Phenanthrene	C ₁₄ H ₁₀	85-01-8			x	x											
Versalide	C ₁₈ H ₂₆ O	88-29-9	Emuls			x			x		x	x	x	x	x		x
Germanicol	C ₃₀ H ₅₀ O	465-02-1			x	x											
7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione	C ₁₇ H ₂₄ O ₃	82304-66-3	Emuls					x									
Hexadecanoic acid, methylester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	112-39-0	Emuls			x				x		x			x	x	
Triclosan (organoclorurato)	C ₁₂ H ₇ Cl ₃ O ₂	3380-34-5	Disinf						x	x			x	x			
1,1'-Biphenyl, 2,2',3,5',6-pentachloro-(organoclorurato)	C ₁₂ H ₅ Cl ₅	73575-56-1	Insett									x	x				
Ethyl 5-methyl-2-(4-nitrophenyl)-1H-indole-3-carboxylate	C ₁₈ H ₁₆ N ₂ O ₄											x					
?													x				
Dieldrin (organoclorurato)	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	60-57-1	Disinf					x				x					
Phosphoric acid, (1-methylethyl)phenyldiphenylester (Syn-O-Ad 8480)(estere fosforico)	C ₇ H ₁₃ O ₆ P	7786-34-7	Insett		x		x										
4,8-Ditert-butyl-N,N-diethyl-2,10-dimethyl-12H-dibenzo[d,g][1,3,2]dioxaphosphocin-6-amine (estere fosforico)	C ₂₇ H ₄₀ NO ₂ P		Insett							x		x	x			x	x
Fenazaquin	C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O	120928-09-8	Acari				x					x	x				
Phosphoric acid, tri(2-isopropylphenyl)ester (estere fosforico)	C ₂₇ H ₃₃ O ₄ P	64532-95-2	Insett						x		x	x	x				x
Totale molecole rilevate				4	8	8	6	5	7	6	6	17	11	5	4	8	8

Per quanto riguarda la numerosità delle molecole rilevate è da osservare che solo nel campione 9 sono state rinvenute ben 17 tipologie di molecole mentre nei campioni 1, 4, 5, 7, 8, 11 e 12 ne sono state rinvenute circa 6, che comunque è da considerare un valore particolarmente critico. Il secondo gruppo di POPs estremamente pericolose rilevate nei campioni di suolo (in 6 suoli) appartiene agli esteri fosforici. Tali molecole conosciute anche come organofosfati erano ampiamente impiegate come insetticidi a largo spettro di azione (Tabella 5). La terza categoria di molecole (ne sono state rilevate 6) è molto variabile nella composizione chimica ma può essere assimilabile alla composizione chimica degli emulsionanti, bagnanti o tensioattivi (utilizzate per abbassare la tensione superficiale aumentando il potere coprente della miscela).

3.2 Classificazione sulla base della Capacità d'Uso dei Suoli (LCC)

La classificazione della capacità d'uso dei suoli (*Land Capability Classification*, LCC) mira a dare una valutazione sintetica riferita al complesso delle colture praticabili su un determinato territorio sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche ed agronomiche del suolo (Costantini, 2006). È importante sottolineare che la capacità d'uso non è determinata dalla media dei caratteri pedologici, bensì dal fattore considerato più limitante e non è inclusa la qualità del suolo sulla base degli elementi inquinanti. Il metodo di classificazione utilizzato prevede due livelli gerarchici costituiti da Classe e Sottoclasse.

Complessivamente le Classi di capacità d'uso sono 8, divisibili in due raggruppamenti principali: le classi da I a IV, che comprendono i suoli arabili adatti alla coltivazione e le classi da VI a VIII che comprendono suoli non arabili in cui le limitazioni sono tali da non renderli adatti alla coltivazione. La classe V invece comprende suoli con forti limitazioni ma che, in determinati periodi, a fronte di condizioni temporaneamente favorevoli, possono essere destinati ad utilizzi agrari. Il secondo livello gerarchico comprende invece le Sottoclassi che sono ricavabili dalla Tabella 1 e 2, nelle quali vengono definiti in dettaglio i fattori responsabili della limitazione. Per la realizzazione della Tabella 6 sono stati quindi anche considerati i parametri chimici dei suoli, idrologici, e stagionali (scheletro, rocciosità e petrosità) osservati in campo e richiesti dalla metodologia LCC. Ad ognuno di essi è stata assegnata una classe sulla base anche dei rilievi pedologici sito-specifici riportati nell'Allegato 1, in particolare sono state stimate la classe di drenaggio e l'erosione. Per quanto riguarda l'interferenza climatica è stato considerato il valore moderato (3) per il deficit idrico di 600 mm sulla base dei dati climatici medi di 10 anni. Queste condizioni climatiche eccessivamente aride, possono condizionare negativamente alcune colture agrarie nella maggior parte degli anni.

Una volta completate le valutazioni pedologiche, la classe finale di capacità d'uso secondo la "Land Capability Classification" è stata attribuita sulla base del fattore considerato più limitante (Tabella 6).

Tabella 6. Attribuzione della classe di capacità d'uso del suolo dei 14 aree campionate.

N.	Prof. radici	AWC	Tessitura	Scheletro e rocciosità	Pietrosità	Fertilità	Drenaggio	Pendenza	Erosione	Inter climatica	Sottoclasse
	50-100 cm	> 100 mm		5-15 % (comune) II	moderata 1.1-3 III	parz. buona II	mal drenati IV	14-20 % II	diff. II Inc. III	moderata III	
1	3	2	1	2	3	2	3	1	2	3	III _{s,w}
2	3	2	1	2	3	2	4	1	3	3	IV _w
3	3	2	1	2	3	2	4	1	2	3	IV _w
4	3	2	1	2	3	2	4	2	2	3	IV _w
5	3	2	1	2	3	2	4	1	2	3	IV _w
6	3	2	1	2	3	2	4	1	2	3	IV _w
7	3	2	1	2	3	2	3	1	2	3	III _{s,w}
8	3	3	3	2	3	3	4	1	3	3	IV _w
9	3	2	1	2	3	2	4	1	2	3	IV _w
10	3	2	1	2	5	2	4	1	2	3	IV _w
11	3	2	1	2	3	2	4	1	2	3	IV _w
12	3	2	1	2	3	2	4	1	2	3	IV _w
13	3	2	1	2	4	2	4	1	3	3	IV _w
14	4	3	1	2	3	2	4	1	3	3	IV _{s,w}

I risultati riportati in Tabella 6 indicano che la maggior parte dei suoli campionati rientrano nella Classe IV: suoli con limitazioni molto forti all'utilizzazione agricola e solo due sono di III Classe. Le limitazioni principali, definite dalle Sottoclassi (Tabelle 1, 2, 3, 4, 5), riguardano soprattutto le caratteristiche del suolo tipiche degli ambienti collinari (in particolare la rocciosità e la pietrosità superficiali), le limitazioni legate alla classe di drenaggio (la maggioranza dei suoli è mal drenato), al clima (siccità estiva e rischio di erosione), alla limitazioni delle lavorazioni (rischio di compattazione e di degradazione della struttura). In concreto, all'interno della classe è stato indicato il tipo di limitazione all'uso agricolo o forestale, con una o più lettere minuscole, apposte dopo il numero romano che identificano il tipo di limitazione dovuta a proprietà del suolo (s), ad eccesso idrico (w), a rischio di erosione (e) o ad aspetti climatici (c).

Dalla Tabella 6 è possibile osservare che i suoli 1, 7 rientrano in III^a Classe per severe limitazioni che riducono la scelta di piante e/o richiedono speciali pratiche di conservazione. Nei suoli in III^a Classe le pratiche di agricoltura conservativa sono abitualmente più difficili da applicare e da mantenere. I suoli 1 e 7 possono essere utilizzati per specie coltivate, pascolo, boschi, praterie o riparo e nutrimento per la fauna selvatica. Questi suoli sono caratterizzati da una permeabilità lenta che in condizioni umide richiedono drenaggio e sistemi colturali che mantengano o migliorino la struttura e la porosità. I rimanenti 12 suoli (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14) rientrano nella IV Classe. Le restrizioni nell'uso per i suoli di IV^a Classe sono maggiori di quelle della III^a Classe e la scelta delle piante è più limitata. Questi suoli possono essere coltivati, ma è richiesta una gestione più accurata e le pratiche di conservazione sono più difficili da applicare e da mantenere per la elevata suscettibilità dei suoli all'erosione idrica ed alla compattazione. Il processo erosivo è di norma più intenso quando gli interventi antropici quali lavorazioni errate nei tempi e nelle modalità di esecuzioni, pascolo dal carico animale eccessivo, disboscamenti, incendi estivi, e altre cause che possono accelerare la normale perdita di suolo ad opera delle acque meteoriche o fare insorgere dei nuovi fenomeni erosivi. I suoli 2, 3, 8, e 14 sono molto suscettibili agli agenti dell'erosione idrica incanalata. Tale erosione è considerata la più grave rispetto a quella laminare, perché crea vie preferenziali dove le acque meteoriche possono trasportare elevate quantità di sedimenti. Poiché le forme di erosione e gli stessi agenti, possono essere combinati fra di loro, la stima della gravità di un processo erosivo in atto deve derivare dalla combinazione tra natura dell'agente erosivo, tipo di erosione, sua intensità e area complessivamente interessata dal processo erosivo. Nella III Classe il processo erosivo è considerato debole mentre nella IV Classe è moderato perché possono essere associati dei solchi di erosione di modesta ampiezza e profondità.

3.3 Classificazione dei suoli

Dal punto pedologico la maggioranza dei suoli sono classificabili sulla base della WRB-FAO in due principali gruppi di riferimento: Haplic Calcisol (Hypercalcic) e Calcaric Regosols. Questi suoli sono caratterizzati da un accumulo di CaCO₃ in profondità che ne determina la formazione dell'orizzonte Bk, che tende ad essere più frequente sui versanti più asciutti esposti a sud. L'orizzonte superficiale è di tipo Ap, poco strutturato e piuttosto povero in sostanza organica, abbastanza chiaro nelle zone erose; al di sotto, nell'orizzonte C il materiale è poco alterato ed è arricchito di carbonato di calcio in quantità superiori al 20%, molto evidenti sotto forma di coperture sui clasti dello scheletro, efflorescenze biancastre soffici e polverulente, riempimenti nei pori delle radici. La loro formazione necessita di un forte deficit idrico. Nell'area studio, i Calcisols sono relativamente diffusi per il

substrato sedimentario ricco di carbonati e anche perché l'evapotraspirazione supera le precipitazioni per lunghi periodi (in particolare nel periodo estivo), raramente i suoli raggiungono la saturazione idrica a causa del regime termico e di umidità xerico.

4. Conclusioni

La presente ricerca è stata realizzata nell'area Sud-Orientale della Regione Molise (Basso Molise) in provincia di Campobasso su una superficie di circa 50 km² distribuita maggiormente all'interno del Comune di Guglionesi e solo una piccola area nel comune di Montenero di Bisaccia. Sono stati prelevati 14 campioni di suolo a 0-40 cm e descritti i relativi "minipit" della stazione. I suoli sono stati analizzati secondo i "Metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo" e classificati secondo le 'Linee guida per la valutazione della capacità d'uso dei suoli mediante indagine pedologica sito specifica' basata a sua volta sul metodo "*Land Capability Classification*" (LCC), per attribuire la classe di capacità d'uso di appartenenza. Due dei 14 suoli (1, 7) rientrano in IIIa Classe per severe limitazioni che riducono la scelta di piante e/o richiedono speciali pratiche di conservazione. Tali suoli possono essere utilizzati per specie coltivate, pascolo, boschi, praterie o riparo e nutrimento per la fauna selvatica. Questi suoli sono caratterizzati da una permeabilità lenta che in condizioni umide richiedono drenaggio e sistemi colturali che mantengano o migliorino la struttura e la porosità. I rimanenti 12 suoli (2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13 e 14) rientrano nella IV Classe. Le restrizioni nell'uso per i suoli di IVa Classe sono maggiori di quelle della IIIa Classe e la scelta delle piante è ancora più limitata. Questi suoli possono essere coltivati, ma è richiesta una gestione più accurata e le pratiche di conservazione sono più difficili da applicare e da mantenere per la elevata suscettibilità dei suoli all'erosione idrica ed alla compattazione. Le limitazioni principali, definite dalle Sottoclassi (suolo, drenaggio e clima), riguardano soprattutto le caratteristiche del suolo tipiche degli ambienti collinari, (spessore limitato 50-100 cm, moderata rocciosità e pietrosità), altre importanti limitazioni sono legate alla classe di drenaggio (la maggioranza dei suoli è mal drenato), al clima (ad es. e il rischio di aridità estiva e durante le piogge intense sono soggetti ad erosione idrica), alle limitazioni delle lavorazioni (rischio di compattazione e di degradazione della struttura). In tali aree, dove ad un uso e gestione del suolo poco conservativi si associano alti valori di erodibilità dei suoli, sarebbe più opportuna l'adozione di misure agro-ambientali finalizzate alla riduzione del fenomeno. L'area studio è caratterizzata da suoli poco pedogenizzati, classificati sulla base della WRB-FAO in Haplic Calcisol (Hypercalcic) e Calcaric Regosols. Sono suoli relativamente pietrosi e con componente argillosa prevalente, solo uno è risultato sabbioso. Tutti i suoli presentano diffusi fenomeni di

erosione idrica da moderata a diffusa incanalata. In particolare i suoli 2, 3, 8, e 14 sono molto suscettibili agli agenti dell'erosione idrica incanalata. Tale erosione è considerata la più grave rispetto a quella laminare, perché crea vie preferenziali dove le acque meteoriche possono trasportare elevate quantità di sedimenti. I suoli sono risultati con tessitura da limoso-argillosa, e da moderato a scarso contenuto in sostanza organica e con reazione da neutra a subalcalina. Per quanto riguarda la ricerca di fitofarmaci sono stati individuati 30 tipologie di molecole di sintesi che sono stati associati all'uso massiccio di Insetticidi e geodisinfestanti. In totale sono presenti 12 antiparassitari di cui 4 organoclorurati, definiti anche come (*Persistent Organic Pollutants*, POPs), 4 molecole derivate da esteri fosforici, 2 piretroidi e 5 molecole derivate da surfattanti di fungicidi o insetticidi. Sulla base di questi risultati è possibile osservare che i suoli analizzati sono caratterizzati da una forte presenza di molecole sintetiche (mediamente 6 molecole per ogni tipologia di suolo) alcune molto persistenti derivate esclusivamente dall'uso di fitofarmaci. Quattro di queste molecole sono di tipo organoclorurato, considerate tra i POPs più pericolosi a livello del suolo perché per la loro persistenza possono portare ad una perdita di biodiversità della fauna dei suoli e ad effetti fitotossici per gli organismi acquatici.

Sulla base dei risultati è possibile ipotizzare diverse soluzioni di agricoltura rigenerativa che possono essere alternative o integrate fra loro. Sarà poi la situazione specifica, la valutazione e la considerazione dei co-benefici possibili di una soluzione rispetto alle altre, l'analisi costi-benefici, i costi di gestione, a determinare il processo decisionale per la scelta colturale adatta a questi suoli. Viste le numerose limitazioni agronomiche sarà necessario l'uso sostenibile del suolo per garantire i servizi ecosistemici e ripristinare il loro livello di qualità. Sarà necessario applicare soluzioni agronomiche sostenibili che possono svolgere un ruolo chiave nelle azioni d'adattamento ed hanno una posizione di privilegio rispetto alle soluzioni della "agricoltura convenzionale" in quanto più flessibili e produttive di co-benefici ed in genere più economiche in termini di costi economici ed ambientali per il minore consumo di risorse (MATTM (2017)).

Su questo assunto c'è un generale consenso nella letteratura tecnica e scientifica:

L'uso sostenibile del suolo concorre alla mitigazione e all'adattamento dei cambiamenti climatici producendo benefici diretti al suo stesso recupero dal degrado. I benefici sono molteplici: mitigazione dei cambiamenti attraverso il miglioramento del *carbon sink* del suolo, maggiore capacità di drenaggio delle acque in caso di alluvioni, maggiore capacità di trattenere acqua aumentando il fabbisogno idrico nei periodo di siccità, maggiore capacità di filtrare l'acqua per ricaricare gli acquiferi della falda, maggiore biodiversità e supporto alla crescita di biomassa, maggiore capacità di mantenere altre risorse socialmente ed economicamente essenziali.

Migliorare la qualità del suolo può svolgere un importante ruolo nella prevenzione delle alluvioni riducendo i picchi di scarico delle acque dai bacini fluviali. Anche lontano dalle aree a rischio (in ogni caso il basso Molise è da considerare in buona parte a rischio idrogeologico), alla scala regionale il modo in cui le aree agricole e le aree forestali sono gestite, può collaborare nella prevenzione del rischio alluvione. Ciò introducendo pratiche agronomiche che migliorino la capacità dei suoli di trattenere acqua ed il drenaggio naturale delle acque meteoriche. Anche in questo caso i co-benefici sono di assoluta utilità e valore: riduzione dell'erosione idrica incanalata, utilizzo ottimale delle acque meteoriche nelle pratiche agricole, ricarica delle acque di falda nel sottosuolo.

Sarà necessario la riduzione o l'eliminazione di concimi chimici e pesticidi dall'agricoltura che comporterà altri co-benefici ambientali (primariamente la riduzione dell'inquinamento chimico, miglioramento della biodiversità e protezione delle risorse idriche) mitigazione dei cambiamenti climatici per il ridotto uso di energia nei processi di produzione e distribuzione degli agrofarmaci.

Sicuramente il maggior vantaggio dell'agricoltura rigenerativa riguarda il miglioramento del *carbon sink* del suolo. Recentemente la banca mondiale (WBG) sta diffondendo una metodologia denominata Climate Smart Agriculture (CSA) con l'intento di integrare la gestione del suolo del territorio, dell'allevamento, delle foreste e della pesca ed aumentare il *carbon sink* del suolo (WBG, 2021). La CSA mira a raggiungere:

- maggiore produttività, migliorare la sicurezza alimentare e aumentare i redditi degli agricoltori (il 75 per cento dei poveri del mondo che vivono nelle zone rurali e si basano principalmente sull'agricoltura basata sui loro mezzi di sussistenza).
- maggiore resilienza ai cambiamenti climatici: ridurre la vulnerabilità alla siccità ad altri rischi e shock legati ai cambiamenti climatici;
- riduzione delle emissioni, attualmente l'agricoltura genera il 19-29% delle emissioni totali di gas serra (GHG), l'adozione di pratiche rigenerative e conservative riduce i costi sostenuti dagli agricoltori per l'acquisto di concimi chimici e accresce il loro guadagno grazie anche al riconoscimento di *carbon credits*. Ad oggi, i pianificatori che si devono occupare di mitigazione dei cambiamenti climatici non hanno a disposizione strumenti di calcolo ponderati attraverso cui valutare questa importante potenzialità del territorio agricolo. Nella pianificazione a scala comunale e ancor meglio a scala regionale, sarebbe auspicabile che il cambio di pratiche agricole sia valutato nei piani di riduzione delle emissioni di carbonio, quantificandone numericamente il potenziale accumulo e prevedendo l'adozione di adeguate misure e azioni.

5. Allegato 1: Descrizione del campionamento pedologico dei 14 minipit

Stazione: 1

Codice campionamento: Guglionesi 2

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Serramano Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°56'46,8" (N) 14°52'05" (E)

Quota: 153 m.s.l.

Pendenza: area sommitale

Esposizione: -

Fisiografia: area subpianeggiante, pianoro collinare

Substrato pedogenetico: argille scagliose miste a calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo incolto;

Vegetazione: diserbato chimicamente,

Aspetti superficiali del suolo: lavorato,
diserbato chimicamente

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: scarso,

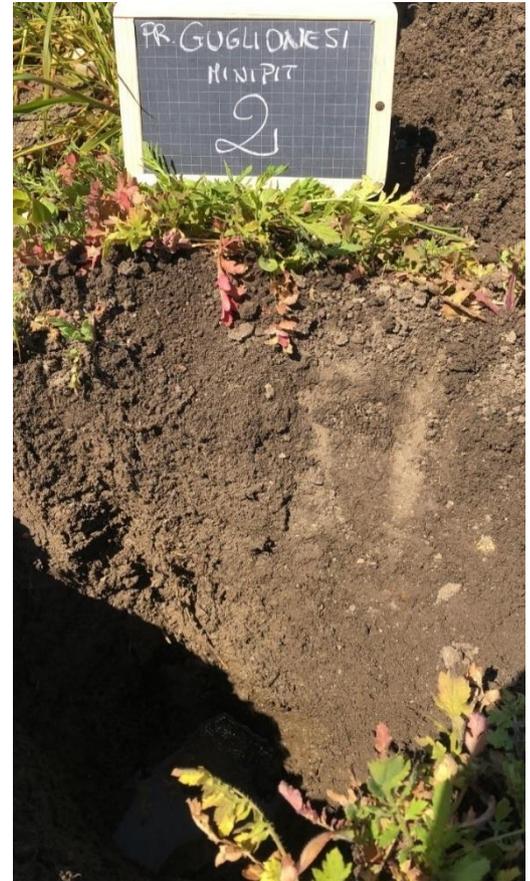
Fessure superficiali: assenti

Erosione: idrica diffusa moderata;

Drenaggio interno: Piuttosto mal drenato

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: complesso marnoso-sabbioso, talvolta argilloso



Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 20 di 34

Stazione: 2

Codice campionamento: Guglionesi 4

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Masseria Mammarella Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°56'36" (N) 14°52'54,6" (E)

Quota: 116 m.s.l.

Pendenza: 10%

Esposizione: SE

Fisiografia: pianoro

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: assente per diserbo,

Aspetti superficiali del suolo: lavorato,
diserbato chimicamente

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: scarso, selce

Fessure superficiali: assente

Erosione: idrica diffusa incanalata ;

Drenaggio interno: Mal drenato

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: complesso marnoso-limoso, talvolta argilloso



Stazione: 3

Codice campionamento: Guglionesi 5

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Masseria Quaranta, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°54'33,7" (N) 14°53'15,7" (E)

Quota: 166 m.s.l.

Pendenza: basso topografico

Esposizione: -

Fisiografia: area pianeggiante terrazzata

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: diserbato chimicamente,

Aspetti superficiali del suolo: lavorato,
diserbato chimicamente

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: assente

Fessure superficiali: assente

Erosione: idrica diffusa moderata;

Drenaggio interno: Mal drenato

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: complesso marnoso-siltoso, talvolta argilloso



Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 22 di 34

Stazione: 4

Codice campionamento: Guglionesi 13

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Colle Sant Adamo, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°53'59,5" (N) 14°52'57,3" (E)

Quota: 177 m.s.l.

Pendenza: 15%

Esposizione: verso E

Fisiografia: versante con lieve pendenza

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: coriandolo;

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: moderata

Fessure superficiali: assente

Erosione: idrica diffusa moderata;

Drenaggio interno: Molto mal drenato, ristagno idrico a 50 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 5



Codice campionamento: Guglionesi 8

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Contrada le Cavalline, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°55'56,4" (N) 14°52'22,4" (E)

Quota: 106 m.s.l.

Pendenza: bassotopografico

Esposizione: leggera verso N

Fisiografia: versante terrazzato (terrazzo fluviale)

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: falsa semina

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: elevata

Fessure superficiali: assente

Erosione: erosione idrica diffusa,

Drenaggio interno: Molto mal drenato, ristagno idrico a 50 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 6

Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 24 di 34

Codice campionamento: Guglionesi 14

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Cava di Pietra, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°56'23" (N) 14°49'15,5" (E)

Quota: 217 m.s.l.

Pendenza: 5%

Esposizione: leggera verso E

Fisiografia: terrazzo fluviale

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: falsa semina

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: moderata

Fessure superficiali: visto il periodo, non è stato possibile accertarsi della presenza di fessure

Erosione: erosione idrica diffusa superficiale,

Drenaggio interno: Molto mal drenato, ristagno idrico a 50 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 7

Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 25 di 34

Codice campionamento: Guglionesi 3

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Masseria Quaranta, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°55'42,9" (N) 14°55'57,3" (E)

Quota: 199 m.s.l.

Pendenza: basso topografico

Esposizione: -

Fisiografia: area subpianeggiante leggermente terrazzata

Substrato pedogenetico: prevalenza argille scagliose e siltiti

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: assente, diserbato chimicamente,

Aspetti superficiali del suolo: lavorato, poco strutturato.

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: scarso, presenza scheletro gesso

Fessure superficiali: assente

Erosione: idrica diffusa moderata;

Drenaggio interno: Piuttosto mal drenato

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: complesso marnoso-limoso, talvolta argilloso



Stazione: 8

Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 26 di 34

Codice campionamento: Guglionesi 6

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Le Grotte, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°56'10" (N) 14°57'09,1" (E)

Quota: 201 m.s.l.

Pendenza: basso topografico

Esposizione: -

Fisiografia: area pianeggiante

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: coltura in atto (grano)

Aspetti superficiali del suolo: coltura in atto

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: assente

Fessure superficiali: assente

Erosione: idrica diffusa incanalata;

Drenaggio interno: Mal drenato

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 9

Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 27 di 34

Codice campionamento: Guglionesi 9

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Tratturo dei Tamerici Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°54'38,4" (N) 14°52'39,8" (E)

Quota: 150 m.s.l.

Pendenza: basso topografico

Esposizione: leggera verso N

Fisiografia: area pianeggiante

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: avena spp.

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: scarsa

Fessure superficiali: assente

Erosione: erosione debole diffusa superficiale,

Drenaggio interno: Molto mal drenato, scarso drenaggio ristagno idrico a 50 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 10

Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 28 di 34

Codice campionamento: Guglionesi 7

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Masseria De Curtis, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41° 57' 52,3" (N) 14°53'46,1" (E)

Quota: 78 m.s.l.

Pendenza: basso topografico

Esposizione: E

Fisiografia: area pianeggiante leggermente inclinata

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: falsa semina

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: elevata > 15%

Fessure superficiali: Assente

Erosione: erosione diffusa superficiale,

Drenaggio interno: Molto mal drenato, scarso drenaggio ristagno idrico a 50 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 11

Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chi
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451



Codice campionamento: Guglionesi 11

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Contrada delle Ginestre, Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°54'32,2" (N) 14°53'17,3" (E)

Quota: 163 m.s.l.

Pendenza: pianeggiante

Esposizione:

Fisiografia: area pianeggiante

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: frumento

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: moderata

Fessure superficiali: assente

Erosione: erosione diffusa superficiale,

Drenaggio interno: Molto mal drenato, scarso drenaggio ristagno idrico a 100 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 12



Codice campionamento: Guglionesi 10

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°54'33" (N) 14°53'15,7" (E)

Quota: 167 m.s.l.

Pendenza: bassotopografico

Esposizione:

Fisiografia: sommità pianeggiante

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: diserbato;

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: scarsa

Fessure superficiali: assente

Erosione: erosione moderata diffusa superficiale,

Drenaggio interno: Mal drenato, scarso drenaggio, ristagno idrico a 50 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 13

Codice campionamento: Guglionesi 12

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Masseria Sprecacenere Guglionesi (CB)

Coordinate UTM: 41°54'26,5" (N) 14°52'39,3" (E)

Quota: 183 m.s.l.

Pendenza: parte sommitale

Esposizione:

Fisiografia: leggera verso N

Substrato pedogenetico: argille scagliose e calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: coltura in atto;

Aspetti superficiali del suolo: lavorazione superficiale

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: moderata

Fessure superficiali: assente

Erosione: erosione diffusa incanalata,

Drenaggio interno: Molto mal drenato, scarso drenaggio ristagno idrico a 50 cm;

Profondità utile alle radici: moderatamente elevata (profondità dello strato limitante: 50-100 cm);

Litologia: argille mioceniche



Stazione: 14

Prof Claudio Colombo, Prof Pasquale Avino

Dipartimento di Agricoltura Ambiente Alimenti - Laboratorio di Pedologia e di Chimica Analitica
Via F. de Sanctis - 86100 Campobasso Tel +39 0874 404654 - www.unimol.it - P. IVA 007 451 507 06 - C.F. 9200837070

Pag. 32 di 34

Codice campionamento: Guglionesi 1

Data: 10 aprile 2023

Tipo rilievo: minipit scavo appositamente effettuato

Località: Contrada Sinarca, Montenero di Bisaccia (CB)

Coordinate UTM: 41°57'23,5" (N) 14°50'16" (E)

Quota: 255 m.s.l.

Pendenza: 10%

Esposizione: E

Fisiografia: area subpianeggiante prevalentemente collinare

Substrato pedogenetico: calcari marnosi

Uso del suolo: seminativo;

Vegetazione: frumento

Aspetti superficiali del suolo: suolo compatto,
forte presenza di calcare pedogenetico affiorante

Rocciosità: assente;

Pietrosità superficiale: frequente

Fessure superficiali: assenti

Erosione: idrica moderata diffusa incalanata, zona di soliflusso;

Drenaggio interno: Piuttosto mal drenato

Profondità utile alle radici: scarsa (profondità dello strato limitante tra 25-50 cm);

Litologia: complesso marnoso-sabbioso, talvolta argilloso



6. Bibliografia

AUTORI VARI. Guida di campagna per la descrizione delle osservazioni pedologiche” consultabile e scaricabile dal sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/suoli/rilevamento-e-cartografia-dei-suoli#section>

WORLD BANK GROUP (WBG) 2021. Climate-smart agriculture (CSA) <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>

COLOMBO C., MIANO T. (2015) - “Metodi di analisi chimica del suolo”. Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS), Associazione Italiana dei Laboratori Pubblici di Agrochimica (SILPA), 3th ed.

COSTANTINI, E.A.C., 2006. La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification). In: Costantini, E.A.C. (Ed.), Metodi di valutazione dei suoli e delle terre, Cantagalli, Siena, pp. 922.

FAO, 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Soils Bulletin 52, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

FAO, 2006. Guidelines for Soil Description, fourth ed. FAO, Roma.

FAO, 2012. Conservation Agriculture <https://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>

FAO (2015), Healthy soils are the basis for healthy food production. Retrieved from: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/global-soil-health-indicators-and-assessment/global-soil-health/en/>.

FAO. 2022. Global Soil Partnership 2012-2022 – Sustainable soil management in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0921en>

MATTM (2017) - <https://www.mite.gov.it/pagina/la-strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile>

WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, pp.181