ANALISI DELLA CORRELAZIONE TRA PROPRIETÀ TESSITURALI DEL SUOLO E CONCENTRAZIONE DI RADIONUCLIDI MISURATE CON UNO SPETTROMETRO A RAGGI GAMMA PORTATILE: CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI TRA ACQUISIZIONI A TERRA E DA DRONE

Gruppo di Lavoro in Sensoristica ed Intelligenza Artificiale in Ortoflorofrutticoltura

Francesco Paciolla[1,*], Alessia Farella[1], Martina Di Venosa[1], Concetta Eliana Gattullo[1], Annamaria Stellacci[1], Roberto Terzano[1], Carlo Porfido[1], Simone Pascuzzi[1]

[1] Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.), Via Amendola 165/a70126 Bari, Italia

francesco.paciolla@uniba.it

II Giornate Tecniche SOI

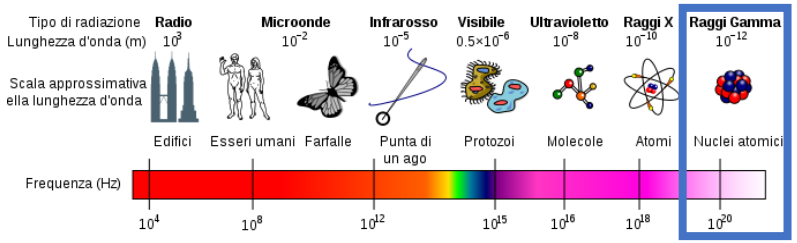
Bari 10-11 settembre 2026

Introduzione

Un'informazione preziosa per gli agricoltori è la **conoscenza delle proprietà chimico/fisiche del suolo** e della loro **variabilità spaziale** all'interno del campo, poiché queste influenzano la crescita delle piante e la produttività delle colture.

Ottenere queste informazioni utilizzando tradizionali tecniche analitiche è **laborioso**, **costoso** e **time-consuming** → Tecniche innovative per la valutazione rapida ed accurata delle proprietà del suolo tramite proxy

SPETTROMETRIA A RAGGI GAMMA





Si basa sulla **misurazione passiva** della radiazione gamma emessa dai **radionuclidi presenti naturalmente** nei minerali del suolo, i più importanti dei quali sono ^{40}K, ^{232}Th e ^{238}U mediante un rivelatore a scintillazione.

Il loro rapporto fornisce **«un'impronta» caratteristica** del materiale parentale del suolo

Spettrometria a raggi gamma

PUNTI DI FORZA

- ❖ Rapidità e la natura non distruttiva della tecnica;
- ❖ Relativa insensibilità all'umidità del suolo.

LIMITE

Possibilità di caratterizzare esclusivamente lo strato superficiale del suolo, poiché il 90% della radiazione gamma rilevata proviene dai primi 30 cm.

DA BANCO



- ➢ Ingombrante;
- ➢ Richiede elaborazione dei dati, nessuna misurazione in tempo reale;
- ➢ Utilizzato da operatore esperto;

SVILUPPO TECNOLOGICO

PORTATILE



- ➢ Facilmente utilizzabile in campo ;
- ➢ Elettronica integrata a bordo del dispositivo per misurazioni in tempo reale;
- ➢ Non richiede operatori specializzati.

Obiettivo & Strumento utilizzato



- ✓ Validare l'utilizzo di uno spettrometro a raggi gamma portatile per determinare se la concentrazione dei radionuclidi può essere utilizzata come proxy delle proprietà tessiturali del suolo;
- ✓ Analizzare la correlazione tra le proprietà tessiturali del suolo e la concentrazione di radionuclidi misurate e confrontare le prestazioni del sensore tra misure a terra e da drone.

SPETTROMETRO A RAGGI GAMMA PORTATILE UTILIZZATO



Medusa MS-350, è costituito da:

- ❑ un rivelatore con cristalli di CsI da 350 mL, alloggiato all'interno di un tubo in fibra di carbonio;
- ❑ un fotomoltiplicatore al silicio accoppiato a un analizzatore multicanale collegato a un registratore di dati.

Prove in campo

Le analisi tessiturali del suolo (contenuto di sabbia, limo e argilla) basate sulle tradizionali tecniche analitiche sono state eseguite in **48 punti di campionamento georeferenziati**.

A TERRA



- Le misure sono state effettuate con lo strumento a ~40 cm dal suolo per 3 min, nei 48 punti di campionamento.

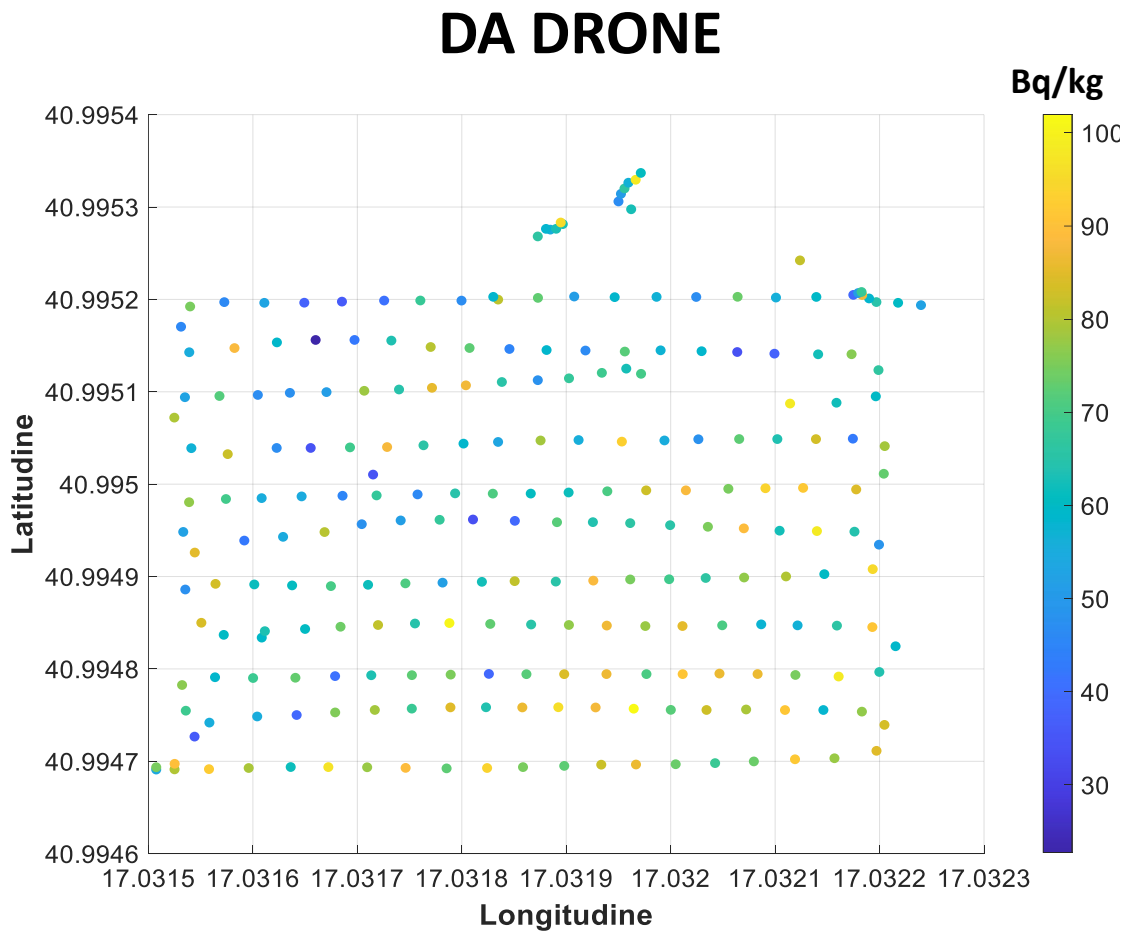
DA DRONE



- Le acquisizioni sono state effettuate ad un'altezza di 12 m e con velocità di avanzamento di 1 m s^{-1};

I dati acquisiti dal Medusa MS-350 sono stati elaborati utilizzando il **software proprietario GAMMAN**.

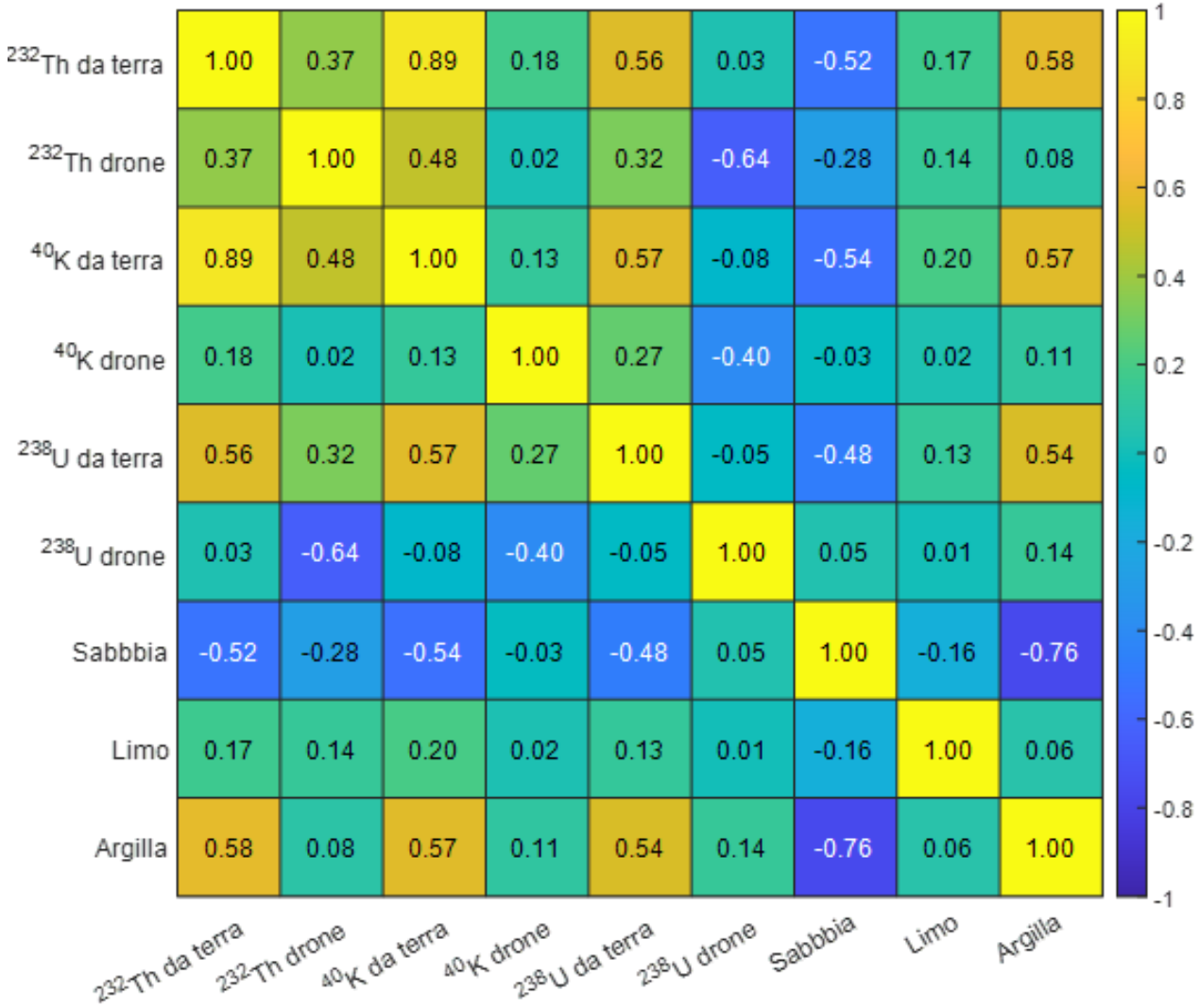
Rilievo del ^{232}Th



- Mediante uno script MATLAB è stata estratta la concentrazione dei radionuclidi nei 48 punti di campionamento considerati.

Risultati & Discussione

E’ stata condotta un’analisi di **correlazione multipla** per valutare le relazioni tra le concentrazioni dei radionuclidi misurate nelle due configurazioni operative e le proprietà tessiturali del suolo.

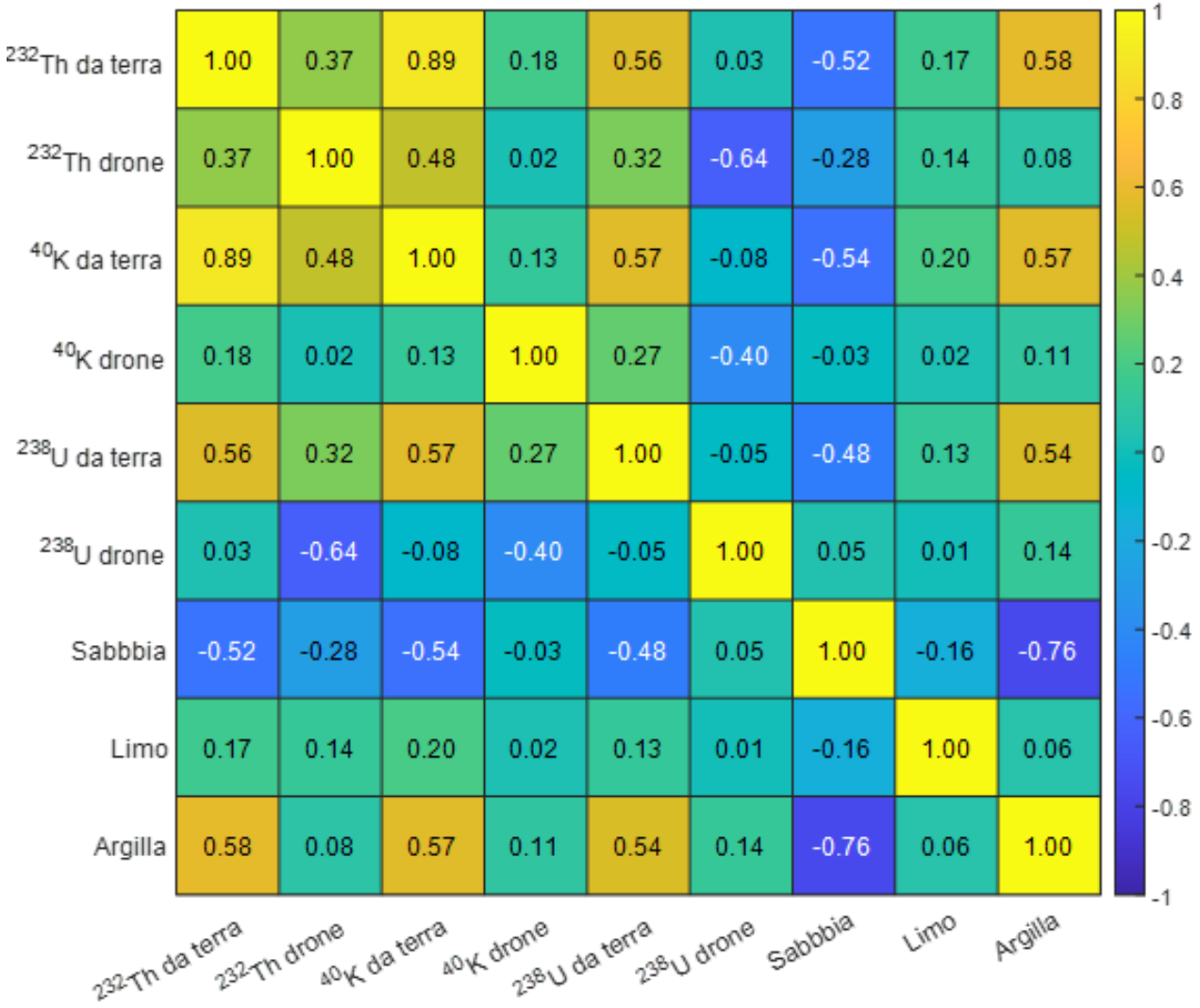


CONSIDERAZIONI

❑ La concentrazione di ^{232}Th misurata a terra mostra una correlazione positiva moderata con quella acquisita da drone

coerenza tra le due modalità operative, ma evidenzia come il drone riesca a riprodurre solo parzialmente la variabilità spaziale rilevata

Risultati & Discussione



- I radionuclidi misurati a terra mostrano **relazioni dirette significative con la frazione argillosa**, suggerendo una maggiore associazione con le particelle fini;
- Gli stessi evidenziano **relazioni inverse moderate con la frazione sabbiosa,** indicando una minore concentrazione nelle porzioni di suolo a tessitura più grossolana;
- Le concentrazioni di radionuclidi misurate da drone **non mostrano relazioni significative** con le proprietà tessiturali del suolo.

Conclusioni

- ✓ **Dimostrato il potenziale della spettrometria a raggi gamma** per determinare la concentrazione dei radionuclidi ed utilizzarla come proxy per la caratterizzazione delle proprietà tessiturali del suolo;
- ✓ **Validato l'utilizzo di uno spettrometro portatile** per misure in campo;
- ✓ **Confrontato due modalità operative del sensore** e dimostrato come il suo utilizzo a terra risulti più efficace. Le concentrazioni dei tre i radionuclidi misurati mostrano relazioni significative dirette con la frazione argillosa del suolo e relazioni significative inverse con la frazione sabbiosa.

Prospettive future

- ➢ Validare la tecnologia utilizzata in diverse tipologie di suolo e su larga scala per predire le proprietà tessiturali del suolo a partire dalla concentrazione di radionuclidi;
- ➢ Effettuare un «campionamento intelligente», ottimizzando la scelta dei punti di campionamento in base ad un sorvolo preliminare del campo con drone;
- ➢ Confrontare le performance del sensore montato su drone a diverse altezze e velocità di avanzamento, al fine di trovare la migliore condizione operativa.

Grazie per l’attenzione!