

Working Group  
Pedologia Applicata  
Pedotecnica



# PRESTAZIONE AMBIENTALE DI MATRICI ORGANICHE A USO FERTILIZZANTE NELLA SALVAGUARDIA DELL'AGROECOSISTEMA

Andrea Buondonno

Ordinario di Pedologia Applicata e Pedotecnica

Presidente del Senato Accademico del CeSAF - Maestri del Lavoro

Vicepresidente della Società Italiana di Pedologia



Società  
Italiana di  
Pedologia



Società  
Italiana  
della Scienza  
del Suolo



## *Premessa*

Le matrici organiche utilizzabili nella preparazione dei concimi mostrano un ampio campo di variabilità compositiva, che a sua volta determina molteplici e complesse risposte in termini di efficienza agronomica.

La stabilità chimico-fisica e strutturale delle matrici gioca un ruolo fondamentale nel definire i parametri qualitativi e quantitativi dell'efficienza agronomica, in quanto la differente suscettività alla degradazione ed all'ossidazione costituisce fattore determinante nel garantire la continuità delle prestazioni del sistema suolo-concime-pianta.

## *Obiettivi*

Le prestazioni delle matrici devono oggi essere necessariamente analizzate e valutate in funzione di tutte le possibili ricadute che possono avere sull'agro-ecosistema, e sull'ambiente in generale:

- ✓ suscettività alla degradazione / ossidazione della componente organica delle matrici;
- ✓ inevitabile rilascio di CO<sub>2</sub> (e nitrati) come conseguenza della degradazione / ossidazione;
- ✓ influenza delle interazioni suolo-concime sulla capacità di ritenzione idrica del suolo stesso, con evidenti riflessi anche sugli aspetti economici e sulle politiche di risparmi energetico;
- ✓ aspetti di carattere normativo-commerciale: una matrice poco stabile può perdere in breve tempo le caratteristiche dichiarate in etichetta.

# *Criteri di indagine*

## ❖ approccio fisico

determinazione della suscettività alla disidratazione.

## ❖ approccio chimico

valutazione dell'ossidabilità potenziale (C organico) in diverse condizioni

- metodo Walkley e Black (in sigla WB) [temperatura spontanea  $\approx 50-60^{\circ}\text{C}$  per 30 min];
- metodo Walkley e Black modificato (in sigla WB-AB) (Buondonno *et al.*, 1989) [ $80^{\circ}\text{C}$  per 60 min];
- metodo Springer-Klee per la determinazione del Carbonio Organico Totale (in sigla TOC - Total Organic Carbon) [ $160^{\circ}\text{C}$  per 10 min].

Differente durata e aggressività dell'ossidazione

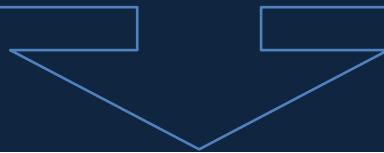
# *Criteri di indagine*

❖ approccio chimico-fisico

valutazione della stabilità delle matrici rispetto ad una potenziale degradazione.

## **Irraggiamento delle matrici con microonde**

- ✓ disidratazione
- ✓ destabilizzazione
- ✓ ossidazione spontanea in assenza di reagenti chimici
- ✓ polimerizzazione



## **Suscettività allo Stress da Irraggiamento con Microonde (SSIM)**

Successiva valutazione di perdita di massa e quantità di materia organica residuale ossidabile, comprese le sostanze umiche.

# *Suscettività allo Stress da Irraggiamento con Microonde (SSIM)*

## *Condizioni sperimentali*

*Frequenza:  $2.4 \cdot 10^9$  Hz*

*Campo potenza: 300 – 600 W*

*Campo Energia: 0.00 – 2.43 MJ*

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W*s}$$

vaporizzazione completa di 10 g di acqua a  $25^\circ\text{C}$   $\equiv 0.025 \text{ MJ}$

irradiazione solare media per la Campania =  $14.4 \text{ MJ/m}^2$  giorno

## ***Trattamenti SSIM***

- **2.43MJ (matrice:acqua):** matrici imbibite di acqua in rapporto 1:1 w:w, per un peso complessivo di 20 g netti (10 g matrice: 10 g acqua), tenuto conto dei differenti contenuti di umidità a 105°C; durata complessiva 135 minuti, con somministrazione pulsata di energia pari a 300W così ripartita:
  - 10 steps da 3 minuti, corrispondenti a 0.54MJ;
  - 6 steps da 5 minuti, corrispondenti a ulteriori 0.54MJ;
  - 3 steps da 10 minuti corrispondenti a ulteriori 0.54MJ;
  - 3 steps da 15 minuti corrispondenti a 0.81MJ;
- **1.62MJ-a:** matrici tal quale (10 grammi); durata complessiva del trattamento 60 min, con somministrazione pulsata di energia pari a 450W in 4 steps da 15 minuti.
- **1.62MJ-b:** matrici tal quale (10 grammi); durata complessiva del trattamento 45 min, con somministrazione pulsata di energia pari a 600W in 3 steps da 15 minuti.

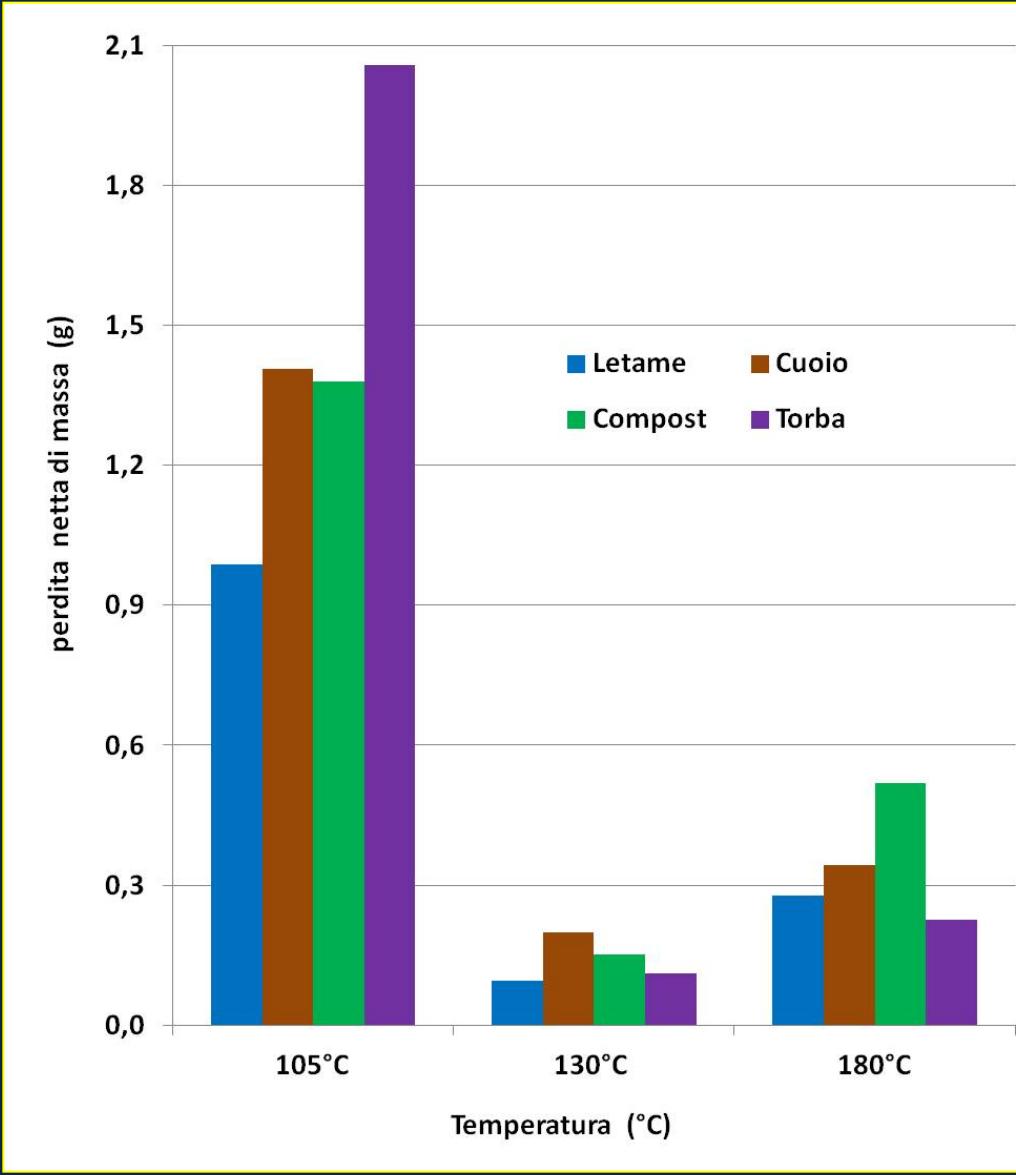
# *Matrici organiche investigative*

- TORBA
- AMMENDATE COMPOSTATO VERDE (sfalci di potatura + residui dell'industria conserviera del pomodoro; 60gg di maturazione)
- LETAME PELLETTATO (vaccino)
- CUOIO TORREFATTO (collagene)

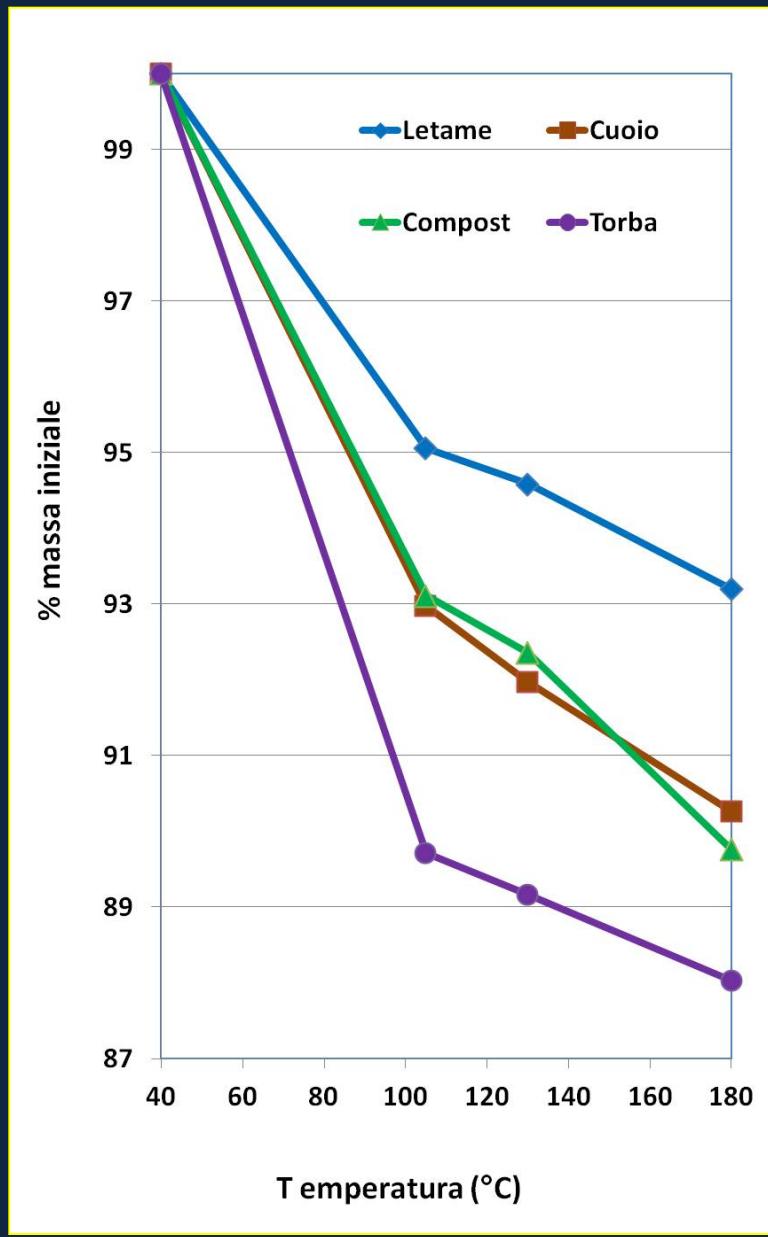
Matrice	TOC - Total Organic Carbon	TEC - Total Extractable Carbon	C <sub>HA+FA</sub> Carbonio Umico e fulvico	H <sub>2</sub> O	N <sub>TOT</sub>	N <sub>org.</sub>	Ceneri	Cr <sub>TOT</sub>
	% s.s.							
Torba	25.15	18.05	17.06	51.5	0.6	-	28.26	-
Ammendante compostato verde	26.44	18.60	14.97	36.9	1.6	-	27.04	-
Letame	25.7	-	-	16.1	2.7	2.32	-	-
Cuoio	45.01	-	-	3.63		11.26	-	2.13

Composizione delle Matrici. Dichiarazioni di etichetta

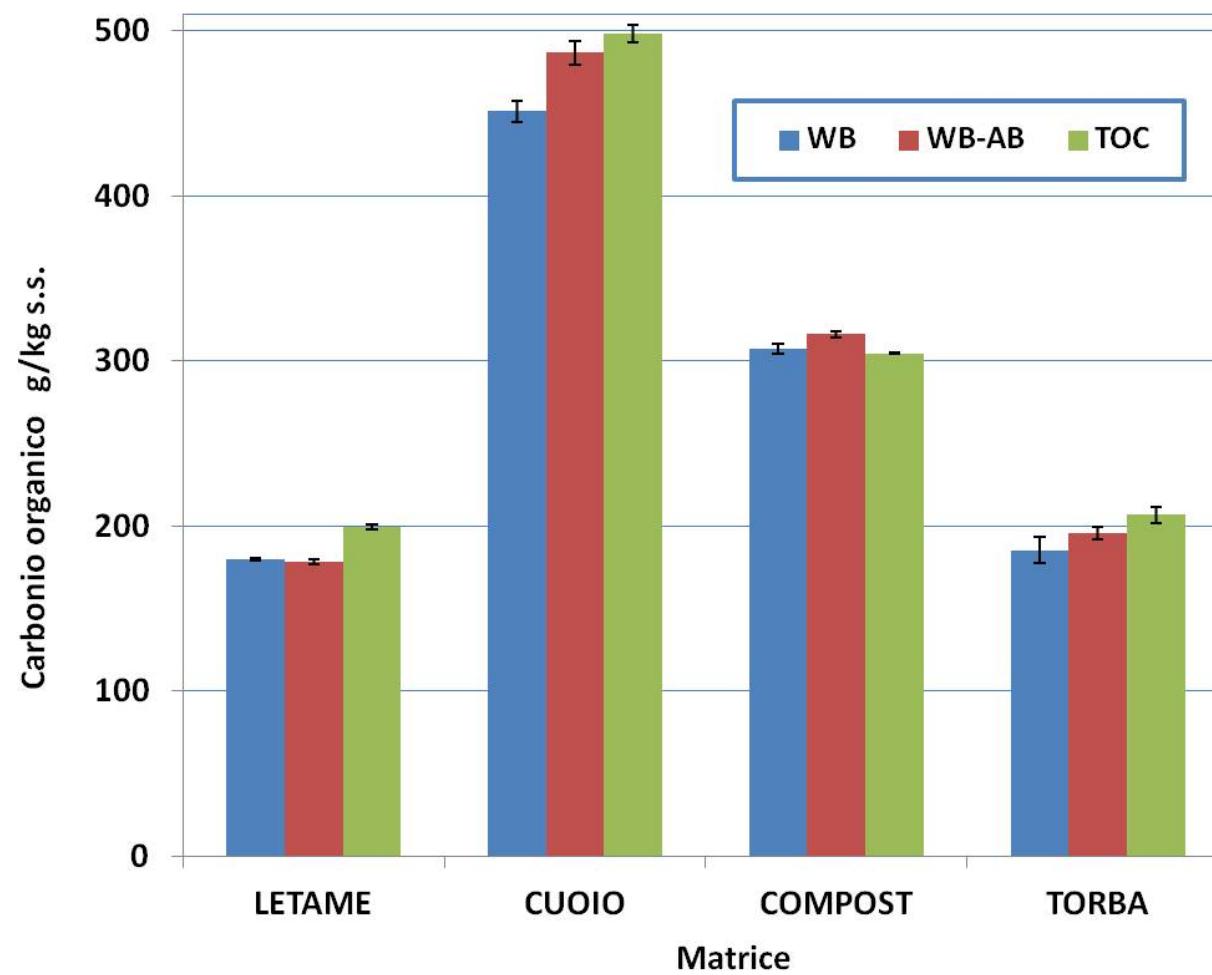
# *Risultati*



Perdite nette di massa delle matrici dopo riscaldamento  
in stufa a diverse temperature

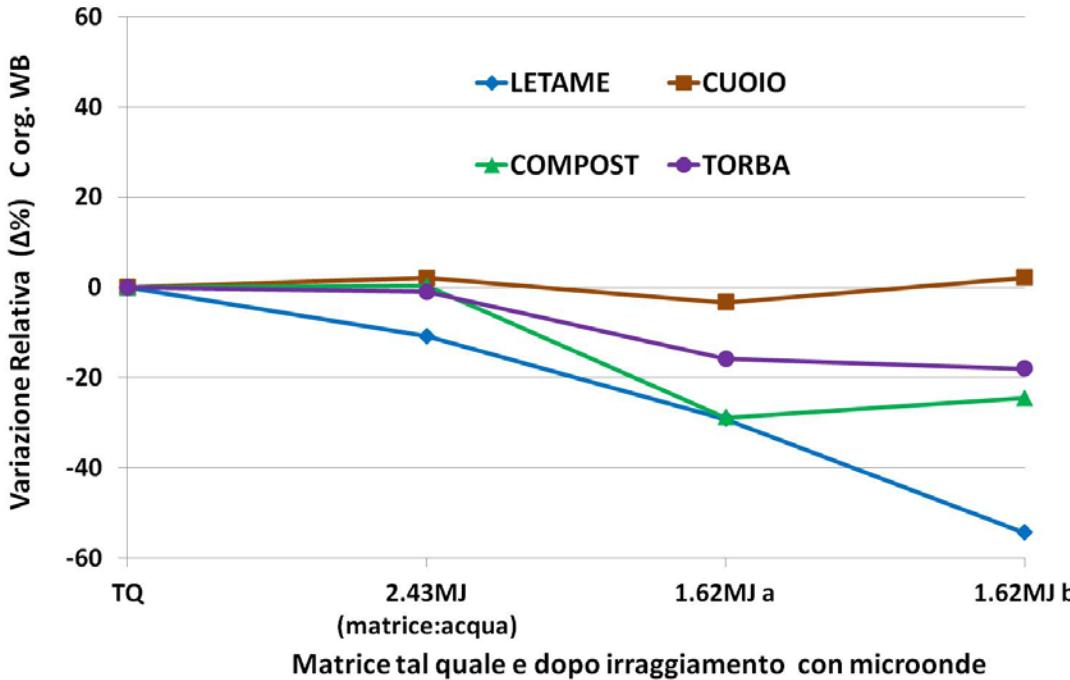


Massa residuale delle matrici dopo riscaldamento in stufa a diverse temperature

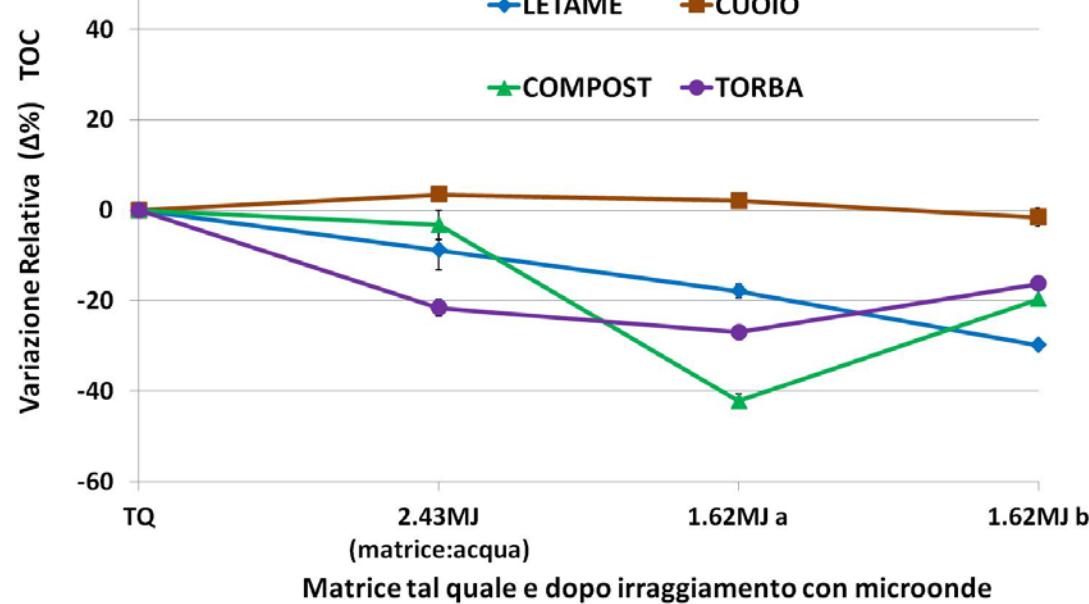


Contenuto di carbonio organico determinato con tre differenti metodologie:  
WB = metodo Walkley e Black,  
WB-AB = metodo Walkley e Black modificato (Buondonno *et al.*, 1989),  
TOC = metodo Springer-Klee (Total Organic Carbon).

LETAME      CUOIO  
 COMPOST      TORBA

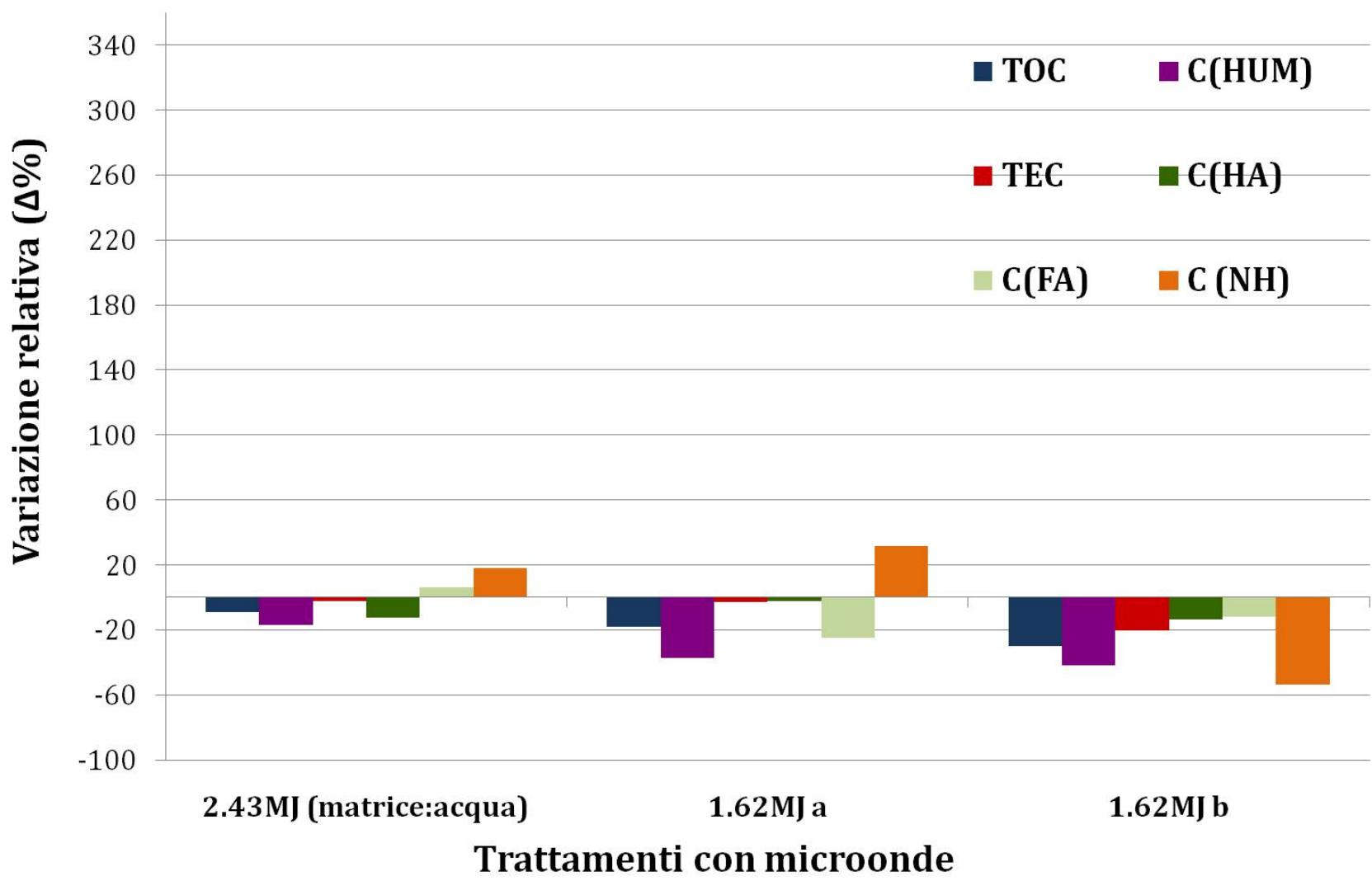


LETAME      CUOIO  
 COMPOST      TORBA

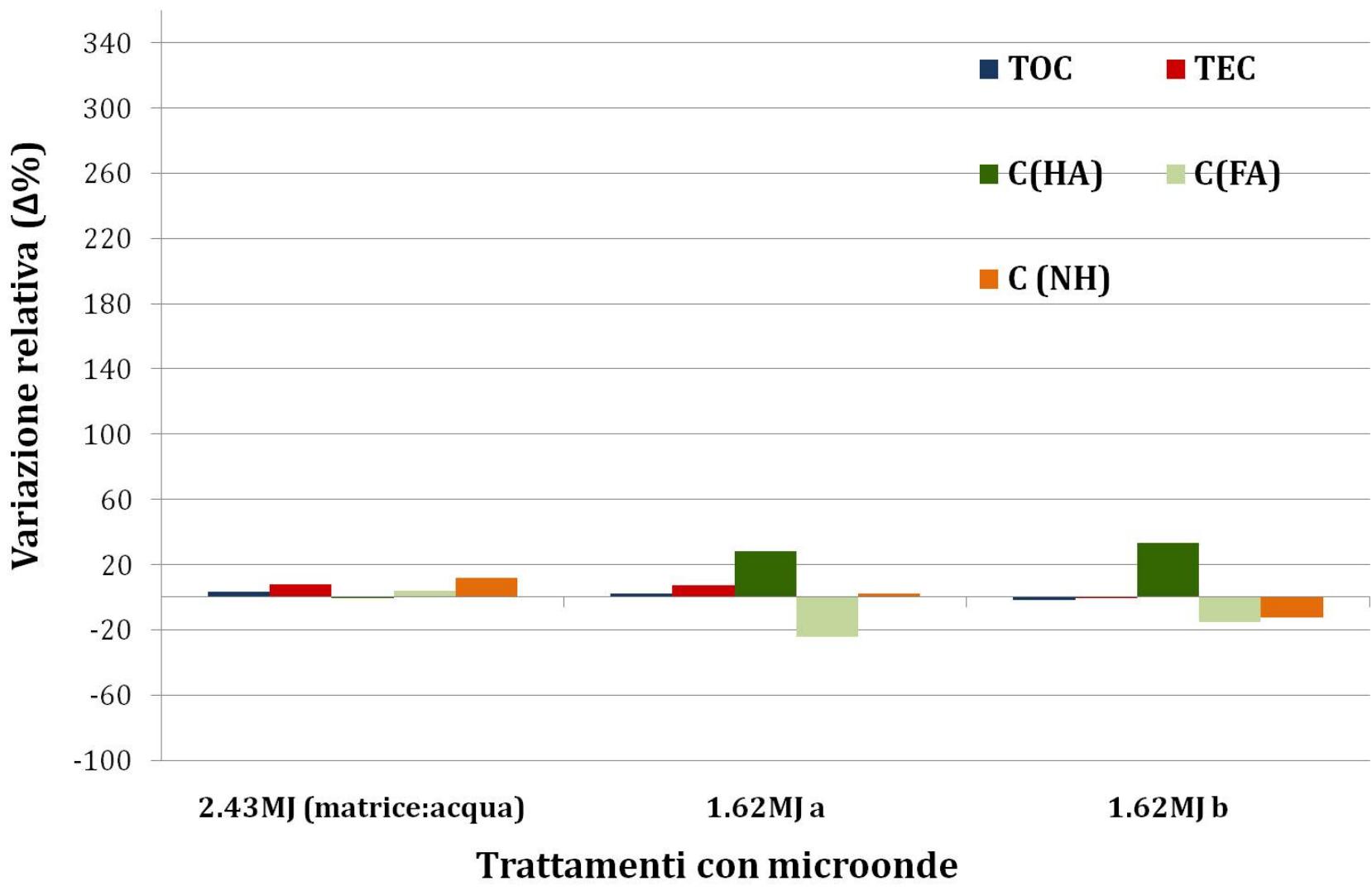


Matrice	TOC	TEC	C <sub>(HA)</sub>	C <sub>(FA)</sub>	NH	C <sub>(HUMIN)</sub>
	g/kg s.s.					
Letame TQ	199.25 ( $\pm 1.62$ )	111.21 ( $\pm 2.33$ )	62.50 ( $\pm 6.41$ )	29.52 ( $\pm 0.58$ )	19.19 ( $\pm 8.17$ )	88.04 ( $\pm 2.33$ )
Letame 2.43MJ(matrice:acqua)	181.72 ( $\pm 8.78$ )	108.63 ( $\pm 0.34$ )	54.67 ( $\pm 4.27$ )	31.33 ( $\pm 0.00$ )	22.63 ( $\pm 4.61$ )	73.09 ( $\pm 0.34$ )
Letame 1.62MJ a	163.69 ( $\pm 2.97$ )	108.38 ( $\pm 3.57$ )	61.03 ( $\pm 0.22$ )	22.11 ( $\pm 0.01$ )	25.24 ( $\pm 3.79$ )	55.31 ( $\pm 3.57$ )
Letame 1.62MJ b	139.90 ( $\pm 0.34$ )	88.80 ( $\pm 0.56$ )	53.95 ( $\pm 1.71$ )	25.95 ( $\pm 1.20$ )	8.90 ( $\pm 3.47$ )	51.10 ( $\pm 0.56$ )
Cuoio TQ	498.18 ( $\pm 5.17$ )	511.71 ( $\pm 3.61$ )	138.34 ( $\pm 5.63$ )	31.76 ( $\pm 3.53$ )	341.61 ( $\pm 5.70$ )	n.d.
Cuoio 2.43MJ(matrice:acqua)	515.35 ( $\pm 1.39$ )	552.60 ( $\pm 10.83$ )	137.97 ( $\pm 2.75$ )	33.09 ( $\pm 2.13$ )	381.54 ( $\pm 11.45$ )	n.d.
Cuoio 1.62MJ a	508.87 ( $\pm 0.07$ )	550.01 ( $\pm 14.10$ )	176.99 ( $\pm 4.94$ )	23.97 ( $\pm 1.41$ )	349.04 ( $\pm 17.63$ )	n.d.
Cuoio 1.62MJ b	490.624 ( $\pm 16.55$ )	511.12 ( $\pm 21.99$ )	184.40 ( $\pm 1.61$ )	26.94 ( $\pm 0.76$ )	299.79 ( $\pm 22.85$ )	n.d.
Compost TQ	304.54 ( $\pm 0.32$ )	148.27 ( $\pm 3.42$ )	97.24 ( $\pm 3.43$ )	28.08 ( $\pm 2.06$ )	34.48 ( $\pm 4.13$ )	156.27 ( $\pm 3.42$ )
Compost 2.43MJ(matrice:acqua)	294.81 ( $\pm 9.77$ )	170.22 ( $\pm 4.52$ )	116.77 ( $\pm 4.42$ )	28.14 ( $\pm 4.27$ )	25.31 ( $\pm 4.18$ )	124.59 ( $\pm 4.52$ )
Compost 1.62MJ a	176.04 ( $\pm 4.89$ )	123.29 ( $\pm 6.89$ )	94.52 ( $\pm 2.71$ )	27.40 ( $\pm 1.38$ )	9.49 ( $\pm 0.05$ )	52.75 ( $\pm 6.89$ )
Compost 1.62MJ b	244.79 ( $\pm 1.70$ )	132.56 ( $\pm 15.04$ )	111.40 ( $\pm 0.02$ )	33.30 ( $\pm 0.12$ )	2.79 ( $\pm 0.10$ )	112.23 ( $\pm 15.04$ )
Torba TQ	206.50 ( $\pm 4.75$ )	116.43 ( $\pm 2.87$ )	93.43 ( $\pm 7.19$ )	31.62 ( $\pm 2.88$ )	4.31 ( $\pm 0.50$ )	90.07 ( $\pm 2.87$ )
Torba 2.43MJ(matrice:acqua)	162.01 ( $\pm 3.80$ )	111.10 ( $\pm 1.34$ )	63.19 ( $\pm 1.20$ )	28.32 ( $\pm 0.51$ )	19.59 ( $\pm 2.03$ )	50.90 ( $\pm 1.34$ )
Torba 1.62MJ a	150.85 ( $\pm 2.76$ )	135.05 ( $\pm 5.56$ )	84.78 ( $\pm 2.99$ )	48.79 ( $\pm 0.01$ )	10.04 ( $\pm 0.50$ )	15.80 ( $\pm 5.56$ )
Torba 1.62MJ b	173.01 ( $\pm 3.14$ )	110.59 ( $\pm 12.82$ )	74.94 ( $\pm 9.27$ )	42.21 ( $\pm 1.35$ )	4.92 ( $\pm 0.63$ )	62.42 ( $\pm 12.82$ )

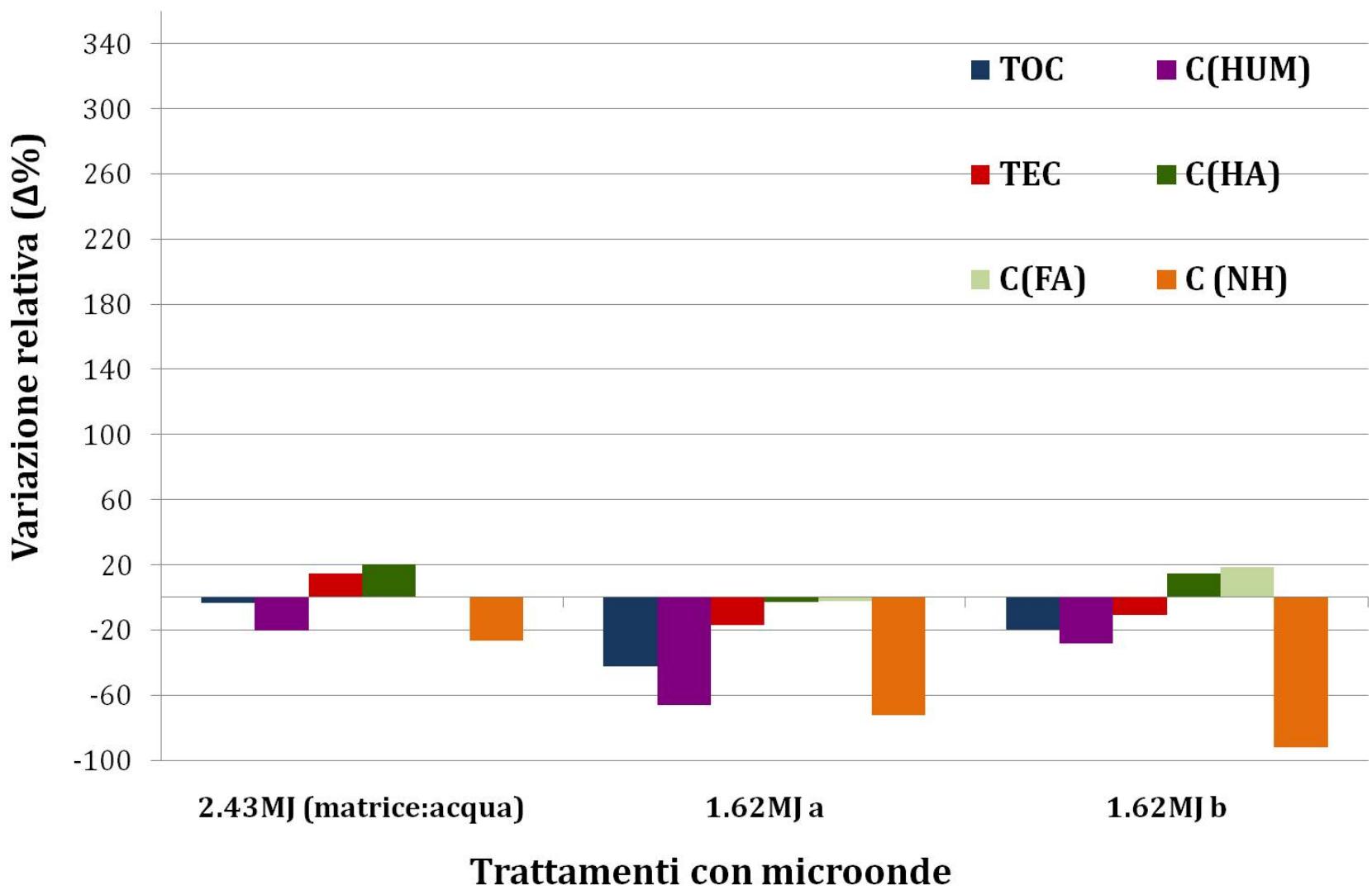
Distribuzione delle frazioni della sostanza organica nelle matrici [g/kg matrice secca (s.s.)] tal quale e dopo i diversi trattamenti di irraggiamento con microonde.



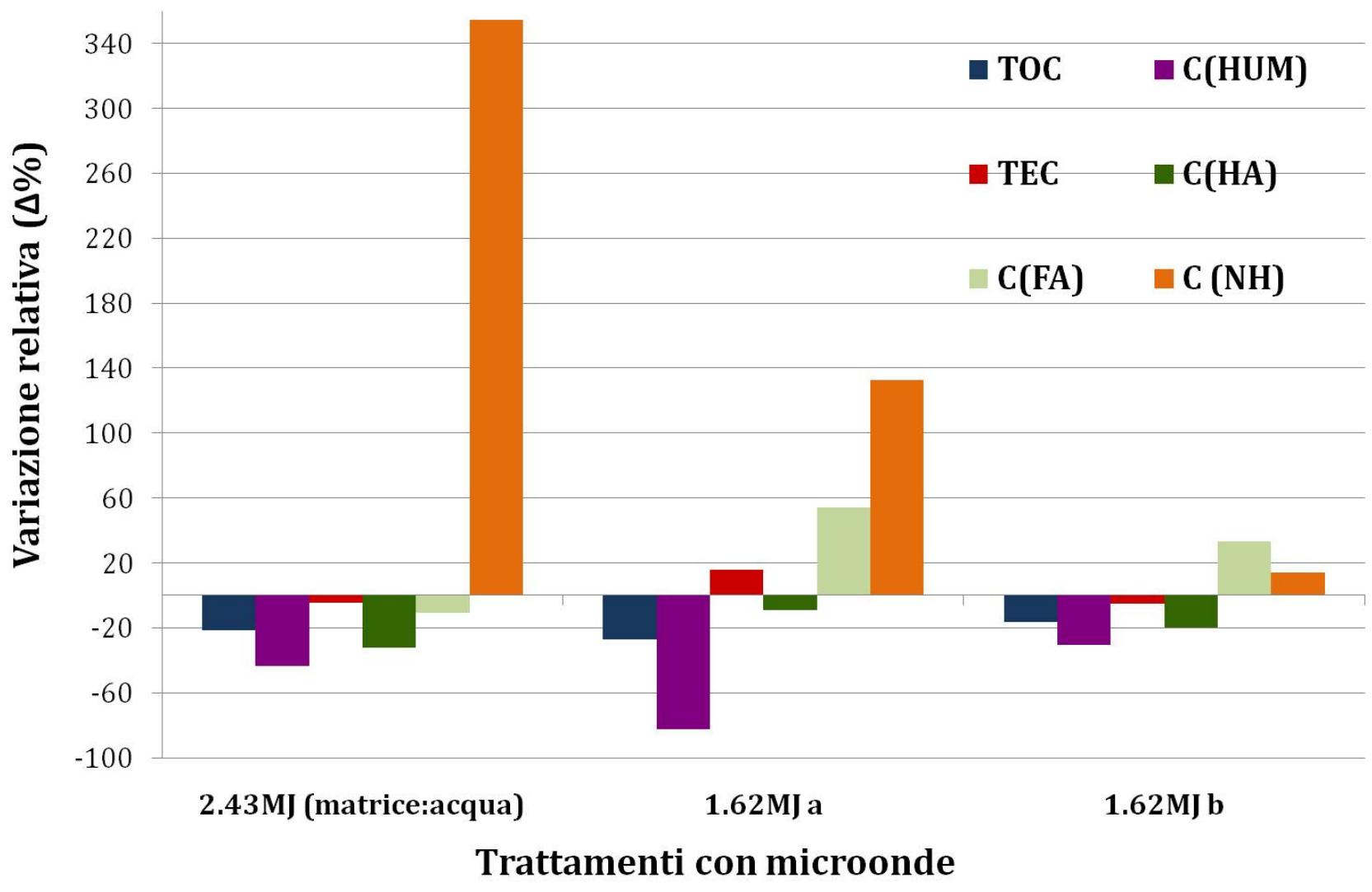
Variazioni relative delle frazioni della sostanza organica nel Letame dopo irraggiamento con microonde rispetto alla matrice tal quale



Variazioni relative delle frazioni della sostanza organica nel Cuoio dopo irraggiamento con microonde rispetto alla matrice tal quale



Variazioni relative delle frazioni della sostanza organica nel Compost dopo irraggiamento con microonde rispetto alla matrice tal quale

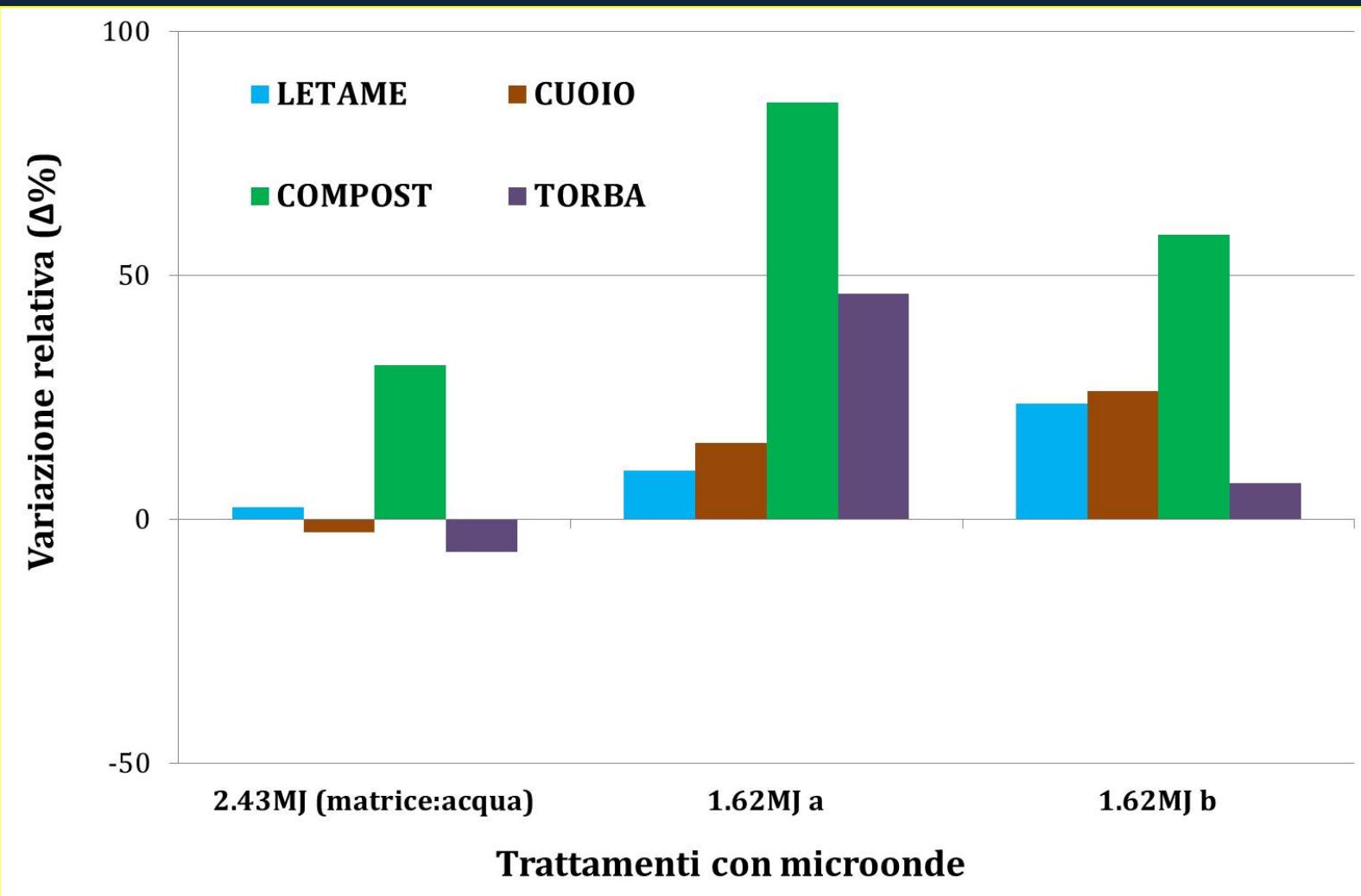


Variazioni relative delle frazioni della sostanza organica nella Torba dopo irraggiamento con microonde rispetto alla matrice tal quale

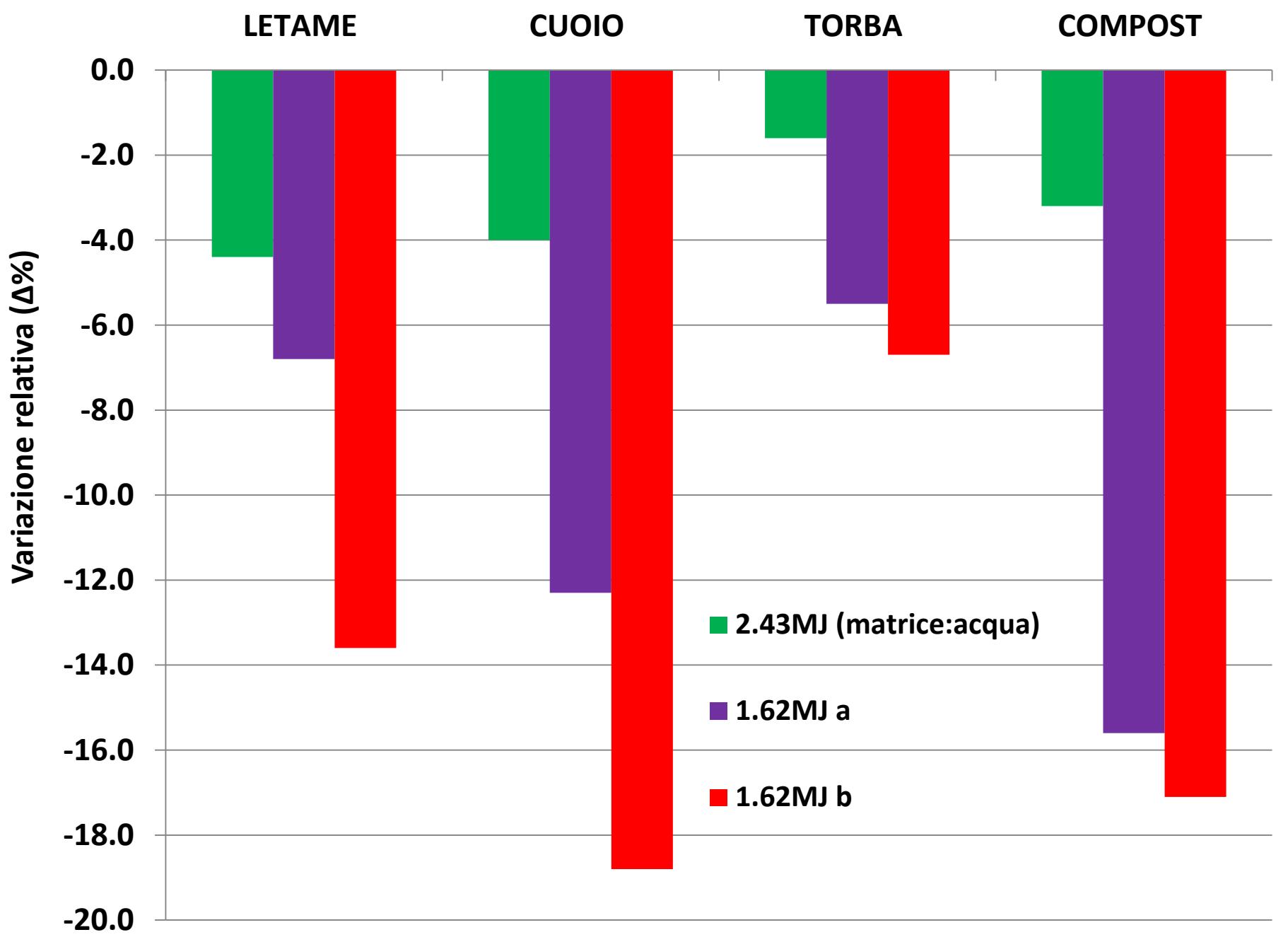
Matrice	HI	DH	HR	HU
		%		
Letame TQ	0.22 ( $\pm 0.10$ )	82.9 ( $\pm 7.0$ )	46.2 ( $\pm 2.9$ )	90.4 ( $\pm 4.1$ )
Letame 2.43MJ(matrice:acqua)	0.27 ( $\pm 0.07$ )	79.2 ( $\pm 4.2$ )	47.3 ( $\pm 2.4$ )	87.5 ( $\pm 2.5$ )
Letame 1.62MJ a	0.30 ( $\pm 0.05$ )	76.8 ( $\pm 2.7$ )	50.8 ( $\pm 0.1$ )	84.6 ( $\pm 2.3$ )
Letame 1.62MJ b	0.11 ( $\pm 0.05$ )	90.0 ( $\pm 3.8$ )	57.1 ( $\pm 2.1$ )	93.6 ( $\pm 2.5$ )
Cuoio TQ	2.01 ( $\pm 0.06$ )	33.2 ( $\pm 0.6$ )	34.1 ( $\pm 0.4$ )	34.1 ( $\pm 0.4$ )
Cuoio 2.43MJ(matrice:acqua)	2.23 ( $\pm 0.08$ )	31.0 ( $\pm 0.7$ )	33.2 ( $\pm 0.1$ )	33.2 ( $\pm 0.1$ )
Cuoio 1.62MJ a	1.74 ( $\pm 0.12$ )	36.6 ( $\pm 1.6$ )	39.5 ( $\pm 0.7$ )	39.5 ( $\pm 0.7$ )
Cuoio 1.62MJ b	1.42 ( $\pm 0.11$ )	41.4 ( $\pm 1.9$ )	43.1 ( $\pm 0.2$ )	43.1 ( $\pm 0.2$ )
Compost TQ	0.30 ( $\pm 0.04$ )	76.8 ( $\pm 2.3$ )	37.4 ( $\pm 0.2$ )	88.7 ( $\pm 1.4$ )
Compost 2.43MJ(matrice:acqua)	0.18 ( $\pm 0.04$ )	85.1 ( $\pm 2.8$ )	49.2 ( $\pm 2.9$ )	91.4 ( $\pm 1.4$ )
Compost 1.62MJ a	0.08 ( $\pm 0.02$ )	99.3 ( $\pm 6.6$ )	69.3 ( $\pm 0.8$ )	99.2 ( $\pm 4.7$ )
Compost 1.62MJ b	0.02 ( $\pm 0.01$ )	98.1 ( $\pm 1.2$ )	59.1 ( $\pm 0.0$ )	105.0 ( $\pm 6.1$ )
Torba TQ	0.04 ( $\pm 0.01$ )	96.4 ( $\pm 0.5$ )	60.6 ( $\pm 4.9$ )	104.2 ( $\pm 6.3$ )
Torba 2.43MJ(matrice:acqua)	0.21 ( $\pm 0.02$ )	82.4 ( $\pm 1.6$ )	56.5 ( $\pm 0.4$ )	87.9 ( $\pm 1.3$ )
Torba 1.62MJ a	0.08 ( $\pm 0.01$ )	99.2 ( $\pm 6.3$ )	88.5 ( $\pm 2.0$ )	99.0 ( $\pm 5.7$ )
Torba 1.62MJ b	0.04 ( $\pm 0.01$ )	102.5 ( $\pm 6.5$ )	65.0 ( $\pm 3.5$ )	101.1 ( $\pm 4.0$ )

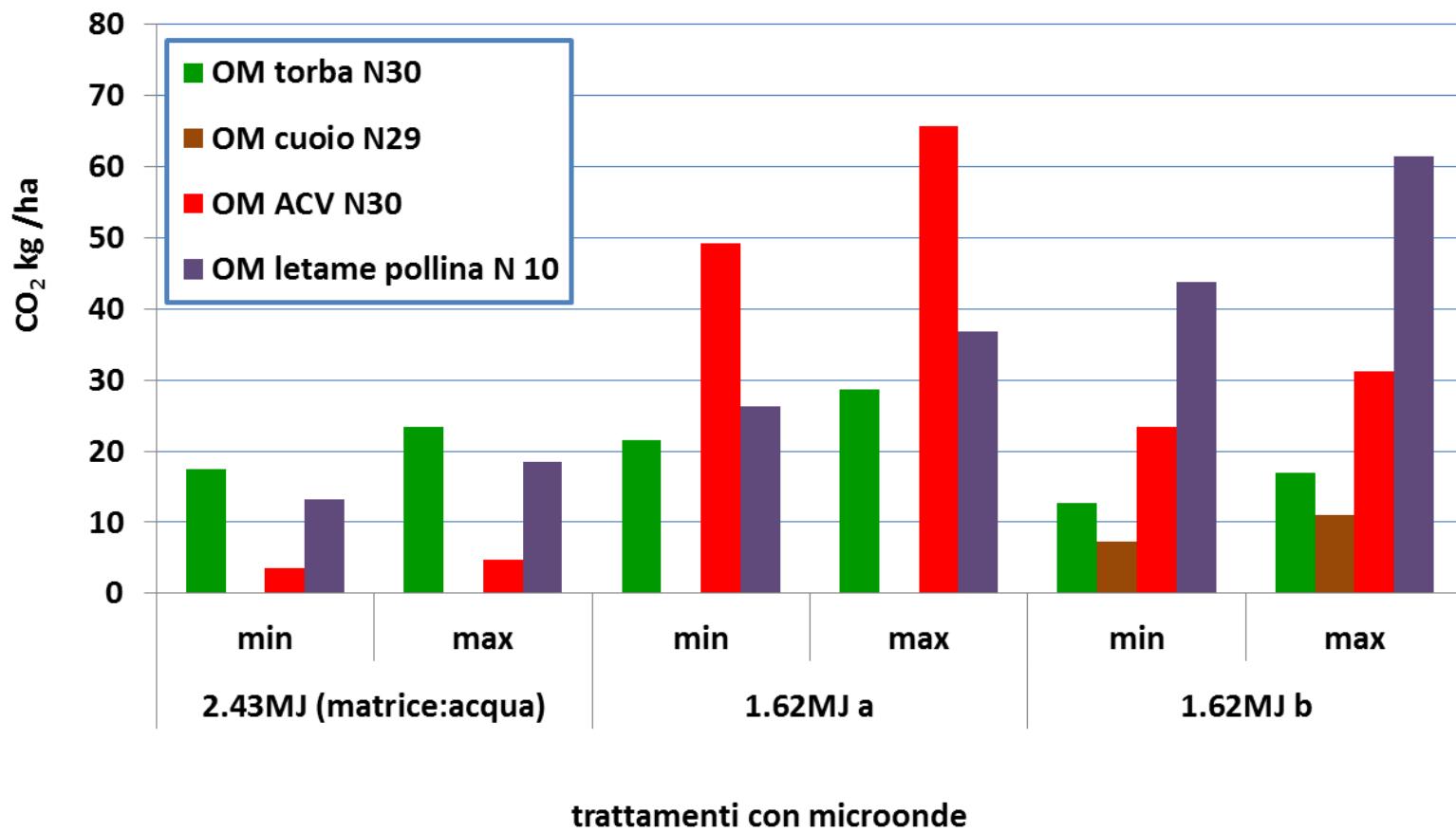
Valori dei parametri di umificazione con relativi errori standard nelle matrici tal quale e dopo i diversi irraggiamenti con microonde.

HI= Umification Index; DH= Degree of Humification; HR= Humification Rate; HU= Total Level of Humification.

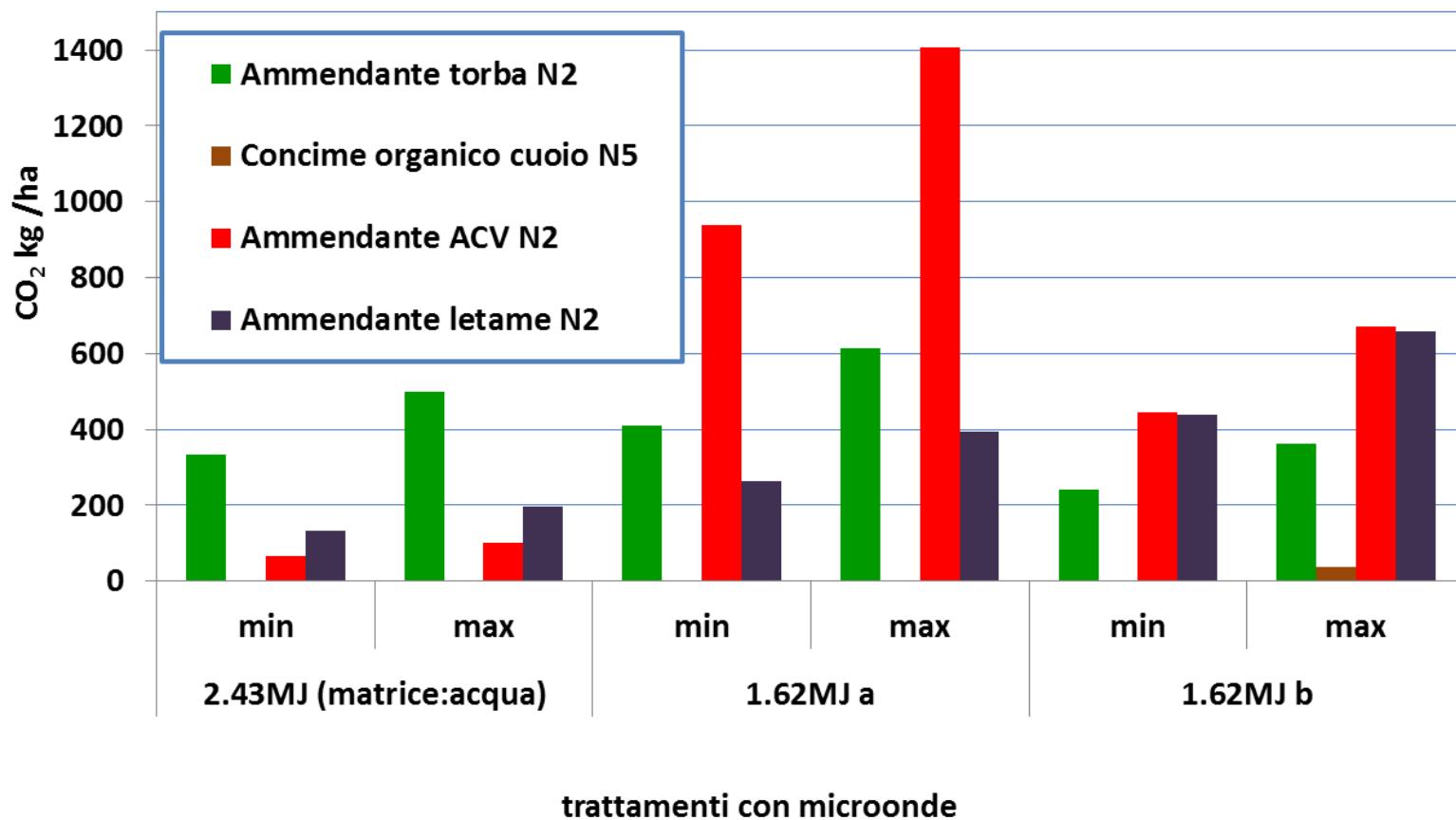


Variazione relativa del tasso di umificazione (HR= Humification Rate) rispetto alle condizioni iniziali nei Letame, Cuoio, Compost e Torba dopo irraggiamento con microonde.



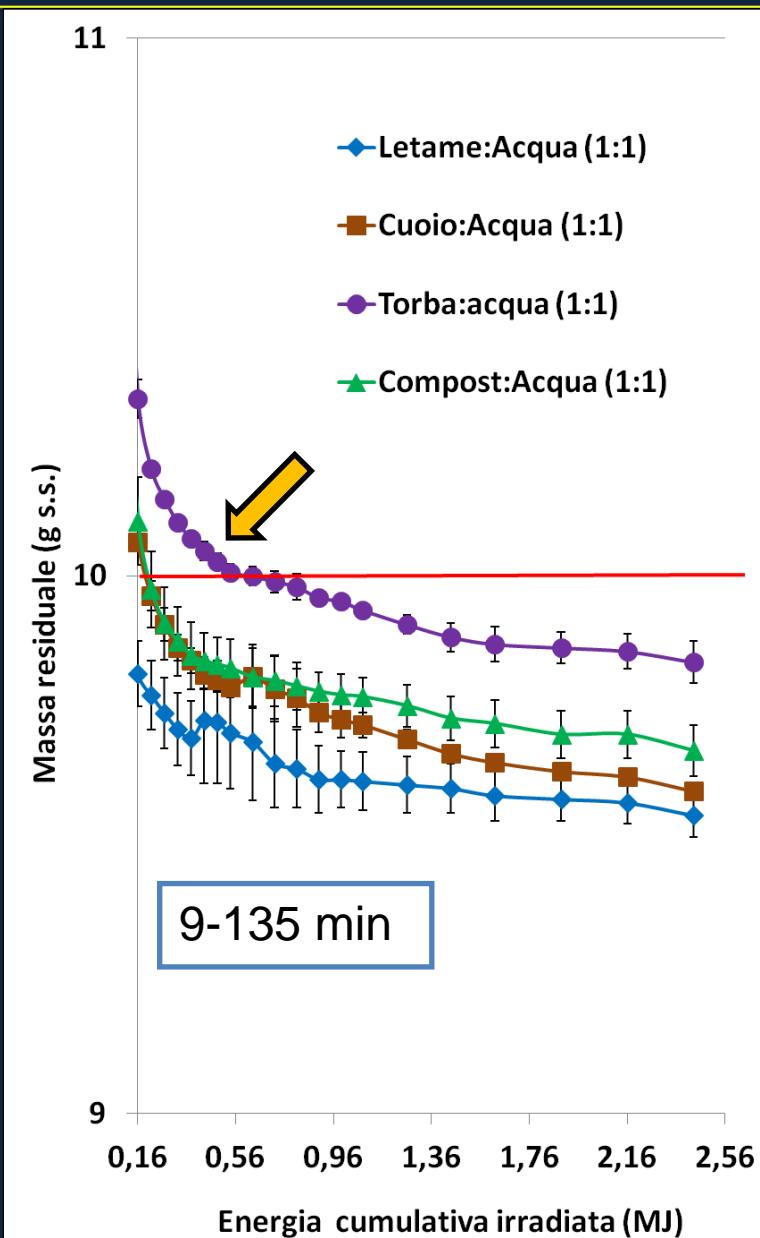
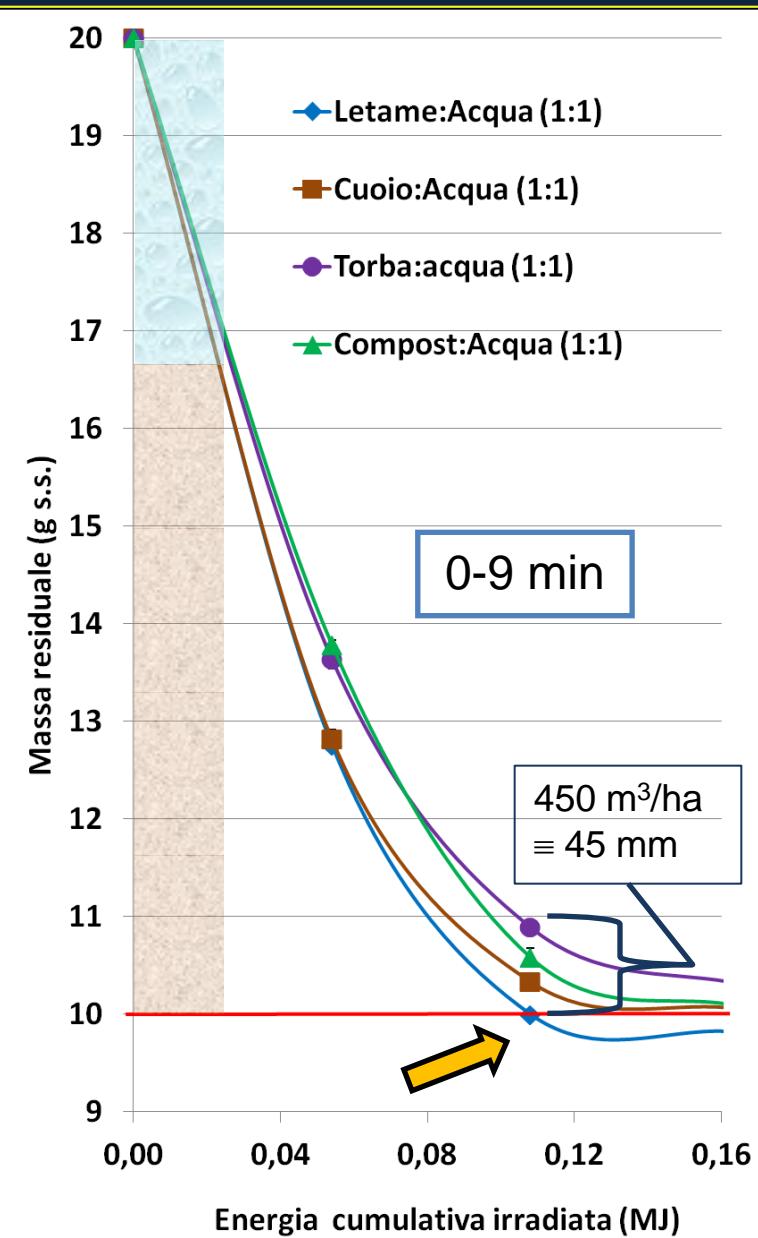


Emissioni potenziali minime e massime di CO<sub>2</sub> dalle matrici in funzione della variabilità delle dosi di utilizzo come concime organo-minerale.



Emissioni potenziali minime e massime di CO<sub>2</sub> dalle matrici in funzione della variabilità delle dosi di utilizzo come ammendante organico.

Matrici imbibite di acqua (1:1 w:w);tempo di irraggiamento totale 135 minuti; energia pulsata 300W



<b>MATRICE</b>	<b>2.43MJ (matrice:acqua)</b>	<b>1.62MJ a</b>	<b>1.62MJ b</b>
	<b>[0.675kW/h]</b>	<b>[0.45kW/h]</b>	<b>[0.45kW/h]</b>
<b>Letame</b>	2.4 ( $\pm 0.6$ )	2.2 ( $\pm 0.1$ )	5.9 ( $\pm 0.1$ )
<b>Cuoio</b>	2.8 ( $\pm 0.5$ )	1.7 ( $\pm 0.1$ )	7.7 ( $\pm 2.2$ )
<b>Compost</b>	1.0 ( $\pm 0.3$ )	3.7 ( $\pm 1.1$ )	4.4 ( $\pm 1.0$ )
<b>Torba</b>	1.4 ( $\pm 0.2$ )	6.7 ( $\pm 3.4$ )	5.3 ( $\pm 0.2$ )

Recupero percentuale di umidità atmosferica dei residui delle matrici dopo i differenti trattamenti termici con microonde.

## *Considerazioni Finali 1/4*

- è stata introdotta la tecnica innovativa dell'Analisi della Suscettività allo Stress da Irraggiamento con Microonde, con riferimento a perdita di massa, perdita di acqua, variazione del grado di ossidabilità e modifica dei rapporti tra le componenti umiche e non umiche in matrici organiche ad uso fertilizzante;
- i trattamenti termici imposti hanno effetti del tutto diversi in funzione della natura delle matrici;
- in linea di massima, la sostanza organica delle matrici tende ad “umificare”, in modo tanto più spinto quanto maggiore è stata l'energia dello stress somministrato;

## *Considerazioni Finali 2/4*

- la risposta alla Suscettività è maggiore nelle matrici vegetali, Torba e Compost, che nelle matrici di origine animale, Letame e Cuoio;
- in relazione ai rispettivi contenuto di C totale, il Compost mostra la maggiore degradabilità del C organico, mentre la Torba evidenzia la maggiore stabilità all'ossidazione;
- i trattamenti SSIM hanno indotto destabilizzazione chimico-fisica del pool della sostanza organica, con conseguente maggiore suscettività all'ossidazione.

## *Considerazioni Finali 3/4*

- la perdita di massa risulta crescente secondo l'ordine Torba < Letame < Compost < Cuoio, mentre la perdita di C organico, sia ossidabile chimicamente che totale, risulta crescente secondo l'ordine Cuoio < Torba < Compost < Letame;
- la capacità di trattenere acqua, resistendo alla disidratazione indotta dallo Stress termico, cresce nell'ordine Letame < Cuoio < Compost < Torba;
- la tendenza della sostanza organica a stabilizzarsi in sostanze umiche cresce secondo l'ordine Cuoio < Letame < Compost < Torba.

## ***Considerazioni Finali 4/4***

- in termini di stabilità ed eco-compatibilità, le matrici vegetali Torba e Compost forniscono le migliori prestazioni;
- la Torba non presenta alcuna specifica tendenza preferenziale alla degradazione/ossidazione, e quindi alle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera;
- vanno ancora considerati i benefici effetti sulla fertilità complessiva del suolo derivanti dalle differenti tendenze a perdere acqua sotto stress termico;
- si aprono infine interessanti prospettive nell'impiego dell'analisi SSIM per la validazione delle dichiarazioni in etichetta.