

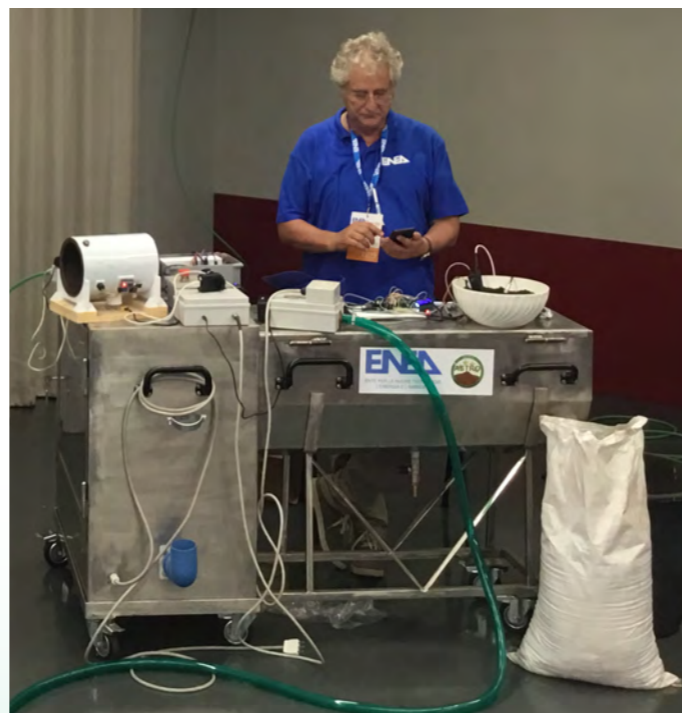
## Questo progetto inizia da due distinte constatazioni:

1. il compostaggio a piccola scala dovrebbe avere nel futuro una larga diffusione
2. l'elettronica e la diffusione di Arduino e delle sue applicazioni.

Il compostaggio è un processo biologico aerobico attraverso il quale i rifiuti organici possono essere trasformati in un ammendante utile nell'agricoltura e nella florivaistica. Si può sinteticamente suddividere il processo di compostaggio in due fasi:

- una prima fase, detta attiva, la cui durata è di poche settimane; durante questa fase i batteri producono calore e la massa aumenta di temperatura e l'umidità diminuisce;
- una seconda fase, detta di maturazione, con una durata superiore anche ai 2-3 mesi. In questa fase la temperatura scende arrivando a quella ambientale e l'umidità diminuisce.

Nella fase attiva, vengono facilmente raggiunte temperature superiori ai 55°C. Questo permette la igienizzazione naturale della massa. La respirazione dei microorganismi consuma ossigeno e produce anidride carbonica. L'aumento di temperatura produce emissione di vapore e una diminuzione di peso, essenzialmente dovuta alla perdita d'acqua, che arriva a circa il 30% del peso dell'immesso.



FABIO MUSMECI - fabio@musmeci@enea.it

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali  
Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli

Laboratorio Tecnologie per il Riutilizzo, il Riciclo,  
il Recupero e la valorizzazione di Rifiuti e Materiali

# COMPOSTINO

UN SISTEMA LOW COST  
PER **MONITORARE**  
**IL COMPOSTAGGIO**



Studio di  
**prototipi a basso costo**  
per l'attività di monitoraggio e controllo, di  
**processi di compostaggio**  
**a piccola scala**



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

## Attrezzature elettromeccaniche

Tra le varie attrezzature che si possono menzionare per attuare il compostaggio a piccola scala si stanno diffondendo le compostiere elettromeccaniche.

Queste macchine, della capacità da poche a centinaia tonnellate/anno, sono composte da:

- una zona di conferimento rifiuti organici + strutturante con un trituratore (opzionale) che sminuzza gli scarti;
- una o più camere (tipicamente di forma cilindrica) ove gli scarti di cucina e lo strutturante subiscono la prima fase di compostaggio. L'avanzamento della massa è assicurato dalla presenza di braccia meccaniche (aspi) o dalla rotazione della intera camera. Le camere sono tipicamente in acciaio inossidabile e spesso ricoperte da un isolatore termico (tipo neoprene);
- da un sistema di areazione forzata tipicamente composto da una ventola che estrae l'aria;
- da un sistema di abbattimento degli odori (biofiltro) che potrebbe generarsi nel caso di una cattiva gestione del macchinario;
- un'area dove terminare la maturazione (seconda fase), per esempio in cumulo.

Oggi vi sono opportunità per installazioni fino a 80 t/anno (con conferimento da parte del sistema di raccolta differenziata e uso qualsiasi del compost) e fino a 130 t/anno per il compostaggio di comunità. (conferimento diretto dei cittadini e uso in proprio del compost prodotto). Contemporaneamente, in alcune regioni italiane (per esempio Lazio, Campania ecc.) si stanno pubblicando bandi di supporto alla diffusione di tecniche di compostaggio locale destinato ai comuni. Non vi è un limite di legge per l'autocompostaggio di una singola utenza. Resta aperto, in questo settore, il problema di attrezzature per il monitoraggio e controllo di processo, adottato invece in alcune delle scale industriali più grandi e sofisticate.

### Macchina compostatrice e possibili punti di misura e di gestione



Si valuta che, nel biennio 2020-2021, le attrezzature elettromeccaniche di compostaggio passeranno dalle attuali cento alle oltre 600.

Sono stati identificati quattro punti di misurazione nei compostatori elettromeccanici:

1. Nel materiale interno al corpo della macchina ove rilevare temperatura ed umidità.
2. All'uscita della ventola e prima del biofiltro. In questo caso può essere anche utile rilevare la CO<sub>2</sub> (che è complementare all'ossigeno e il cui rilevamento possiamo omettere), il metano (per evidenziare processi anaerobici), l'ammoniaca e l'acido solfidrico. In questa posizione e nella successiva è utile effettuare delle misure di portata d'aria (diverse decine di m<sup>3</sup>/ora) in funzione del regime della ventola in modo da trasformare le concentrazioni in portate.
3. Dopo il biofiltro prima dell'immissione in atmosfera. Qui è possibile rilevare gli stessi gas citati. Le prime misure hanno evidenziato la quasi totale cattura dell'ammoniaca dal biofiltro. Si ritiene che l'ammoniaca sia un buon indicatore proxy del cattivo odore percepito.
4. Nel cumulo di maturazione. Oltre a temperatura e umidità della massa possono essere misurati gli stessi gas se si dispone di un estrattore d'aria.

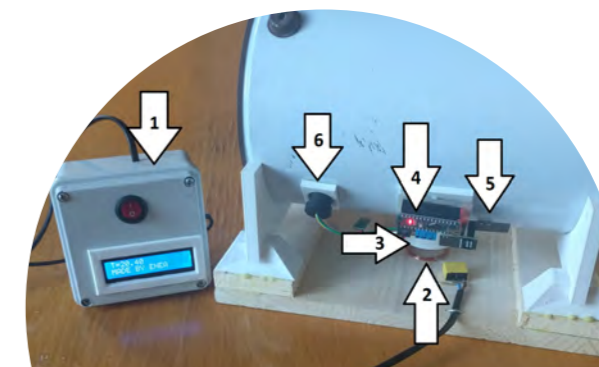
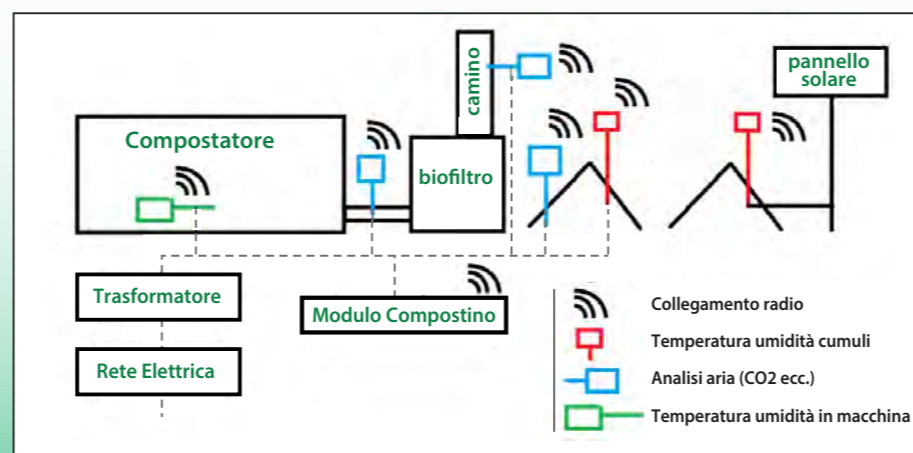
### Il sistema proposto è basato su vari moduli:

1. Modulo centrale "compostino", basato su Arduino Mega riceve via radio (NRF24L01) i dati dei vari sensori, effettua medie orarie, e opzionalmente li:

- a) salva su SD
- b) invia a server remoto via Wifi o GPRS
- c) visualizza su schermo LCD o Touch Screen
- d) scambia via bluetooth con smartphone
- e) scambia dati con PC via USB seriale

2. Modulo analisi aria: con sensori per CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, temperatura, umidità aria e anemometro a filo caldo. E' dotato di un'opzionale ventola per l'aspirazione aria qualora la misurazione sia effettuata su cumuli. Basato su Arduino nano invia, via radio, i dati al modulo centrale oppure li scambia con bluetooth con uno smartphone (versione per ispezioni).

### Schema del sistema compostino



1. Ricevitore: Arduino nano, radio e LCD
2. Spira creazione campo magnetico
3. Spira ricezione campo magnetico
4. Arduino nano
5. Radio
6. Sensore temperatura



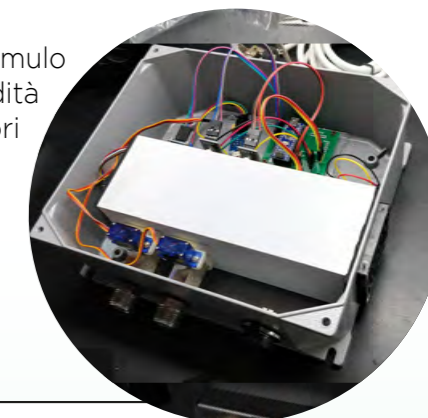
3. Modulo analisi compostiera: basato su Arduino nano misura la temperatura e umidità (sensore capacitivo) e invia i dati al modulo centrale
4. Modulo Cumulo: basato su arduino nano misura temperatura e umidità del cumulo attraverso un puntale da immergere nella massa.

I vari moduli possono essere alimentati dalla rete elettrica oppure, tutti o alcuni di loro, alimentati da un pannello solare.

La realizzazione dei moduli prototipali ha comportato:

- il confronto e la selezione di un primo set di sensori
- la progettazione di modalità di campionamento
- la progettazione di numerosi adattatori con stampante 3D
- la progettazione di semplici schede elettroniche.

A titolo di esempio, per l'umidità nel cumulo sono stati confrontati, a diverse umidità misurate da una termobilancia, sensori di tipo resistivo e di tipo capacitivo.



### Umidità misurata con vari sensori

