

# Rischio di incendio negli impianti di compostaggio

***Il presente lavoro intende approfondire il rischio di incendio negli impianti di compostaggio della frazione organica dei rifiuti, discutendo gli aspetti rilevanti del processo di trattamento e talune misure di prevenzione in termini di sicurezza antincendio.***

*Daniele Panza, Direttore Vicedirigente – Direzione Regionale Vigili del Fuoco Lombardia*

## INTRODUZIONE

Il trattamento di compostaggio è un processo biologico di digestione aerobica controllata della frazione organica dei rifiuti con produzione di compost, e costituisce una delle forme più comuni di recupero di materia (l'attività è inquadrata come operazione di recupero R3 nell'Allegato C alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006).

La natura della matrice trattata e le caratteristiche del ciclo di trattamento hanno spesso comportato l'insorgenza di incendi, con impatti in alcuni casi anche abbastanza significativi.

Uno studio francese promosso dal Ministère De La Transition Ecologique Et Solidaire ha sintetizzato le principali cause di incendio negli impianti di compostaggio; in particolare, nel 48% dei casi, le cause di incendio sono ascrivibili ad anomalie e problematiche di processo (es. autocombustione), mentre il 12% e l'8% dei casi fanno riferimento, rispettivamente, a guasti di natura elettrica e meccanica nell'ambito di talune fasi del ciclo produttivo (es. frantumazione, vagliatura, trasporto su nastri, ecc., con interessamento delle polveri organiche di lavorazione) ed all'errore umano (scarsa attenzione nelle lavorazioni a caldo, mancata o errata applicazione delle procedure, ecc.). Nelle situazioni residuali analizzate nel predetto studio, le cause di incendio sono riconducibili o ad azioni dolose o ad eventi accidentali (propagazione di incendi da aree limitrofe, surriscaldamento delle matrici secche in periodi caldi, fulmini, ecc.) [1].

Appare evidente che la gestione degli impianti di compostaggio anche dal punto di vista della sicurezza antincendio impone una profonda conoscenza delle fasi e delle dinamiche del ciclo di trattamento: comprendere il processo ed analizzare i fattori che lo influenzano diventano aspetti fondamentali per poter identificare ed implementare le idonee misure di prevenzione incendi, sia tecniche che gestionali.

## IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO

Come detto, il compostaggio si configura come un processo di stabilizzazione biologica aerobica di sostanze organiche (derivanti da frazione organica dei rifiuti solidi, scarti lignocellulosici, fanghi di depurazione, ecc.), con produzione di un ammendante utilizzabile in agricoltura chiamato compost [1, 2, 5, 6].

Durante il processo i microorganismi degradano il substrato organico producendo anidride carbonica, ammoniaca, vapore acqueo, calore [1].

Lo sviluppo del processo si basa sul controllo di determinati parametri e condizioni.

Il trattamento si estende, di solito, su un periodo di 90 giorni e comprende una fase di bio-ossidazione accelerata, che richiede un adeguato apporto di ossigeno attraverso aerazione e/o operazioni di rivoltamento dei cumuli, ed una fase di maturazione.

Lo sviluppo biologico del procedimento si articola in tre stadi successivi: stadio mesofilo, stadio termofilo e stadio di maturazione [5]. La cosiddetta fase di bio-ossidazione accelerata è costituita dall'insieme degli stadi mesofilo e termofilo.

Nello stadio termofilo, in particolare, l'azione batterica è abbastanza spinta e determina un incremento di temperatura fino a 70°C (a volte anche fino a 80°C – 90°C): è bene sottolineare che, a partire da una temperatura di 55°C, molte specie di microrganismi diventano inattive, per cui, al crescere della temperatura, il processo biologico rallenta o addirittura si arresta [2, 3].

Con la riduzione progressiva della riserva energetica per i microrganismi, la temperatura del substrato diminuisce e si generano le reazioni di humificazione della matrice (fase di maturazione) [2].

Al termine della fase di maturazione (o raffreddamento o finissaggio), il prodotto generato dal processo è il compost maturo.

L'impianto di compostaggio non si presenta particolarmente complesso dal punto di vista tecnologico: il cuore del processo è rappresentato dalla componente biologica di trasformazione, tuttavia sono necessarie operazioni secondarie che contribuiscono sensibilmente all'efficienza del trattamento complessivo ed alla elevata qualità del prodotto finale.

In particolare, oltre allo stoccaggio in adeguata modalità delle diverse frazioni conferite all'impianto, occorre prevedere talune fasi di condizionamento fisico-meccanico delle matrici in ingresso, quali, ad esempio, la selezione di materiali indesiderati e la triturazione del materiale lignocellulosico (frazione che svolge la funzione di strutturante o agente di supporto della sostanza da trattare). La successiva miscelazione delle matrici, opportunamente dosate e combinate, consente di ottenere una sostanza omogenea, da disporre quindi in cumuli o caricare in bioreattori per lo svolgimento della fase di digestione aerobica. Si precisa che la fase di maturazione viene svolta in aree dell'impianto differenti da quelle dedicate alla fase di bio-ossidazione accelerata e, per lo più, attraverso il sistema in cumuli [2].

A valle dello stadio di maturazione, si procede con lo stoccaggio del compost maturo (di solito in cumuli di altezza massima di 3-4 m per ridurre il rischio di fenomeni di autocombustione), il quale, prima della commercializzazione, viene sottoposto sovente a trattamenti di selezione (ad es. in vaglio a tamburo rotante), per intercettare impurità e frazioni indesiderate (es. plastiche e inerti) che ne inficiano la qualità, e, a seconda delle esigenze del mercato, ad operazioni di aggiunta additivi e correzione del pH, che nobilitano le proprietà del prodotto [2].

La vendita del compost sfuso costituisce l'opzione preferenziale al fine di ridurre i tempi di stoccaggio dei materiali negli impianti; tuttavia, in molti casi, si effettua la commercializzazione previo insacchettamento o comunque imballaggio dell'ammendante [2].

## **FATTORI CHE INFLUENZANO IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO**

I fattori che influenzano il processo di compostaggio sono: l'aerazione e la concentrazione di ossigeno; la temperatura; l'umidità; la concentrazione ed il rapporto tra i nutrienti (carbonio, azoto, fosforo, potassio); le caratteristiche fisiche del materiale (porosità); pH [1, 2, 5].

Si analizzeranno di seguito i fattori più rilevanti per le finalità del presente lavoro.

La richiesta di ossigeno e la produzione di calore sono maggiori nella fase di bio-ossidazione accelerata: all'interno del substrato dovrebbe essere garantita una concentrazione di ossigeno non inferiore al 10%. Occorre rimarcare che il processo di aerazione del substrato consente di dissipare il calore, il vapore acqueo

e gli altri gas (caldi) prodotti dalla degradazione biologica. E' bene osservare che la dissipazione del calore richiede spesso un tasso di aerazione maggiore rispetto a quello sufficiente ad assicurare l'ossigeno necessario al processo: pertanto, l'entità delle operazioni di aerazione è strettamente connessa ai valori della temperatura [2].

L'attività biologica aerobica si sviluppa generalmente con un range di temperature tra i 45°C e i 70°C e può generare una importante quantità di energia (calore). Il calore accumulato tende a dissiparsi grazie all'evaporazione dell'acqua ed all'aerazione dell'ammasso in lavorazione. Per evitare accumuli di calore che possano portare a temperature eccessive, non favorevoli allo sviluppo del processo, si procede solitamente con il controllo della temperatura e l'implementazione dei rivoltamenti dei cumuli o dei sistemi di aerazione [1, 2, 5, 6].

Un parametro che incide fortemente sull'andamento del processo è l'umidità; solitamente il trattamento richiede un contenuto di umidità tra il 40% e il 70% (il tenore ottimale si aggira nel range 55%-65%). Al di sotto del 40%, l'attività biologica comincia a rallentare, fino ad una completa disattivazione man mano che decresce ulteriormente il contenuto di umidità; al di sopra del 65%, si registrano difficoltà nella diffusione dell'ossigeno all'interno del substrato, con insorgenza sovente di condizioni anaerobiche [1, 2, 5, 6].

La porosità del substrato è un aspetto fondamentale, in quanto può favorire la circolazione dell'aria nella matrice organica. Si considera, quale buon riferimento operativo, un diametro delle particelle del substrato nel range 0,5-5 cm [1, 2].

## CLASSIFICAZIONE DEGLI INCENDI NEGLI IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO

Il citato studio francese del Ministère De La Transition Ecologique Et Solidaire individua due tipologie di incendi negli impianti di compostaggio: incendi profondi ed incendi di superficie [1].

Gli impianti di compostaggio sono suscettibili di incendi profondi per i seguenti motivi [1, 2, 3, 6]:

- le matrici trattate sono soggette ad un potenziale rischio di autocombustione: quando il calore generato dal processo non viene correttamente dissipato, si possono registrare importanti incrementi di temperatura fino a valori tipici della temperatura di autoaccensione della frazione organica (150°C-200°C). Essendo tali incrementi circoscritti all'interno del cumulo, dove, tra l'altro, si può riscontrare una carenza di ossigeno, il risultato del predetto fenomeno è lo sviluppo di un incendio covante, con relativa produzione di gas combustibili. Se improvvisamente viene apportato un adeguato tenore di ossigeno attraverso un sistema di aerazione o una operazione di rivoltamento o apertura del cumulo, potrebbe generarsi un incendio con fiamma. In generale, il fenomeno dipende da molteplici fattori, quali la composizione chimica della matrice, umidità, dimensione del cumulo, temperatura esterna, aerazione del materiale, contenuto di ossigeno, tempi di stoccaggio, ecc.;
- stoccaggi di significative quantità in ampi cumuli (solitamente andane da 500 t a 1.500 t);
- generalmente, assenza in impianto di personale h24 (spesso gli incendi si verificano al di fuori dell'orario di lavoro);
- stoccaggi prolungati delle frazioni;
- difficoltà nell'individuare gli incendi covanti;
- difficoltà nello spegnimento degli incendi poiché l'acqua difficilmente riesce a penetrare nel letto di compost.

Gli incendi di superficie possono interessare le fasi di bio-ossidazione accelerata, maturazione e stoccaggio del compost maturo, a seguito di innesco accidentale. Il rischio di tali incendi è altresì presente nei processi meccanici (triturazione, vagliatura, trasporto su nastri, ecc.), in relazione alla presenza di polveri combustibili che sono innescate, ad esempio, in caso di guasto elettrico delle apparecchiature o dei macchinari [1].

Si riporta di seguito la tabella prodotta dal suddetto studio francese, all'uopo rivisitata, che sintetizza i principali rischi connessi ad ogni fase di lavorazione nell'impianto di compostaggio [1].

Rischio \ Fase	Stoccaggio in ingresso	Triturazione	Bio-ossidazione accelerata	Maturazione	Vagliatura	Stoccaggio compost maturo
<b>Autocombustione con incendio profondo</b>	+	-	++	++	-	+++
<b>Incendio di materiale stoccato (incendio di superficie)</b>	++	-	++	++	-	++
<b>Incendio di polveri organiche (incendio di superficie)</b>	-	+++	-	-	+++	-

**Tabella 1 – Tabella di sintesi dei rischi negli impianti di compostaggio (adattata da [1])**

## MISURE DI PREVENZIONE

L'analisi del processo di compostaggio, dei fattori che lo influenzano e delle fasi di lavorazione che lo caratterizzano, consente di proporre una serie di misure ed accorgimenti tecnici e gestionali utili a contrastare il rischio di incendio negli impianti dove tale trattamento viene espletato.

In generale, per evitare la propagazione dell'incendio da e verso l'impianto, occorre che lo stesso non sia ubicato all'interno o in adiacenza ad aree a particolare rischio (es. rischio di incendio boschivo) e che sia effettuata una regolare ed attenta pulizia delle aree perimetrali del sito [1]; in uno studio sullo stoccaggio di scarti verdi, si trovano riferimenti utili in merito all'ubicazione, ed è proposta una distanza di separazione tra i cumuli e la vegetazione circostante di 100 m, con assenza di materiale combustibile o comunque al di sotto di 4 t/ha [3]. Inoltre, al fine di contrastare azioni dolose, è opportuno valutare la realizzazione, ad esempio, di recinzioni robuste e di altezza adeguata nonché l'installazione di impianti di videosorveglianza e controllo degli accessi. Infine, ad integrazione di quanto rappresentato ed al fine altresì di fronteggiare fenomeni accidentali, può essere valutato un opportuno potenziamento del sistema di sorveglianza e monitoraggio dell'impianto, anche al di fuori dell'orario di lavoro [1].

Con riferimento al rischio dell'autocombustione, i fattori da considerare, in linea di massima, sono [1]:

1. configurazione e gestione delle fasi di processo;
2. monitoraggio della temperatura e dell'umidità.

E' evidente come una eccessiva dimensione dei cumuli incida, oltre che sulla efficienza della distribuzione dell'aerazione, anche sulla dissipazione del calore prodotto dalla digestione aerobica, che in pratica non viene adeguatamente smaltito. Il calore accumulato può determinare l'insorgere di reazioni chimiche, che possono portare ad incrementi importanti di temperatura ed all'autoaccensione della matrice. Occorre rimarcare che la dimensione dei cumuli dipende dalla natura del materiale, dalla porosità, dall'umidità, dalla fase del processo, dalla frequenza dei rivoltamenti, dalla temperatura, ecc.; in generale, si raccomanda un'altezza del cumulo pari a 3-4 metri (valori superiori possono essere giustificati in caso di materiali più grossolani o di

frazioni più lentamente biodegradabili) [2]. Nello studio citato in precedenza sullo stoccaggio di scarti verdi, ad esempio, sono proposte dimensioni massime dei cumuli che si attestano su valori di altezza pari a 5 m., larghezza di 10 m. e lunghezza di 50 m. [3].

Un ulteriore aspetto da considerare è il concepimento di un idoneo layout delle aree destinate ai cumuli: è importante determinare precise distanze di sicurezza tra i cumuli afferenti alle diverse zone di stoccaggio dell'impianto ovvero prevedere soluzioni alternative, quali, ad esempio, la realizzazione di separazioni (muri) resistenti al fuoco [1, 4 <https://www.ingenio-web.it/28265-stoccaggio-di-rifiuti-allapertoquali-distanze-di-separazione-occorre-mantenere-per-ridurre-il-rischio-incendio>]. Nel caso di stoccaggio di scarti verdi, sono stati proposti specifici valori per le distanze tra i cumuli, pari a 24 m. tra i lati corti (che possono avere estensione massima di 10 m.), e pari a 41 m. tra i lati lunghi (di estensione massima pari a 50 m.) [3].

Il fenomeno dell'autocombustione potrebbe poi essere favorito da stoccaggi prolungati del materiale; pertanto, occorre porre adeguata attenzione nella gestione di situazioni particolari, quali guasti improvvisi delle apparecchiature e fermi impianto, problemi di domanda/offerta all'interno del settore, anomalie nei flussi in ingresso ed in uscita dall'impianto, ecc., che potrebbero generare una persistenza delle matrici oltre i tempi ordinariamente fissati [1]. Nella letteratura di settore si riscontra un tempo massimo di stoccaggio pari a 3 mesi, valutando comunque un intervento regolare di rivoltamento dell'ammasso per garantire adeguata aerazione, fatta eccezione per le frazioni ad elevata fermentescibilità, come la matrice organica putrescibile in ingresso, che dovrebbero essere sottoposte a trattamento quando giungono all'impianto [2, 3]. In caso di stoccaggi eccedenti le predette tempistiche, è opportuno inoltre monitorare i livelli di temperatura ed umidità nei cumuli [3].

Come rappresentato in precedenza, il parametro che sicuramente necessita di un attento controllo è la temperatura, suscettibile di incrementi fino a valori coincidenti con quelli di autoaccensione delle matrici trattate.

La temperatura è moderata dalla perdita di calore per evaporazione dell'umidità e dall'afflusso d'aria e/o rivoltamento del cumulo; è evidente quindi la necessità di gestire correttamente i cumuli in termini di frequenza dei rivoltamenti, oltre che in termini di omogeneità del substrato [1]. Il monitoraggio della temperatura viene sovente espletato mediante l'impiego di sonde poste all'interno dei cumuli.

Anche l'umidità è un parametro che influisce sul fenomeno dell'autocombustione: nello stadio termofilo si verifica una riduzione dell'umidità fino a valori nel range 25%-45%, con eccessiva disidratazione del substrato che, associata magari a dimensioni importanti dei cumuli, può favorire l'insorgere dell'autocombustione. Il controllo e la regolazione dell'umidità diventa quindi determinante per contrastare il predetto fenomeno, anche in occasione, ad esempio, di eventi piovosi, a seguito dei quali si registra la necessità di regolare nuovamente l'umidità in modo uniforme attraverso il rivoltamento dei cumuli [1].

In sintesi, il controllo di temperatura ed umidità all'interno degli intervalli ottimali di processo e comunque, rispettivamente, al di sotto di 70°C ed al di sopra del 45%, costituisce, unitamente ad una dimensione dei cumuli compatibile con il regolare svolgimento della digestione aerobica, una delle misure più proficue di contrasto al rischio di autocombustione del substrato [2, 3].

Altri aspetti meritevoli di attenzione, in relazione all'autocombustione, sono la corretta caratterizzazione dei rifiuti e la implementazione di operazioni calibrate sulla natura degli stessi, la formazione mirata degli operatori ai fini della individuazione di incendi covanti, l'adozione di sistemi di monitoraggio innovativi o comunque avanzati (es. rinvenimento dei punti caldi con utilizzo di droni, impiego di termocamere, ecc.), l'impiego di sistemi di protezione degli stoccaggi dall'irraggiamento solare nei periodi più caldi, lo stoccaggio di scarti in forma più grossolana prima del trattamento (es. prevedere la triturazione del materiale lignocellulosico al momento dell'impiego come strutturante nel processo di compostaggio) [1, 3].

Infine, con riferimento all'eventuale insorgenza di incendi di superficie, appare utile valutare le seguenti indicazioni [1]:

- controllo e corretta manutenzione delle apparecchiature e dei macchinari che generano calore e delle fasi di trattamento che determinano accumuli di polveri secche (es. mulini/triturator, vagli/setacci industriali, nastri trasportatori, ecc.);
- evitare la triturazione/selezione delle frazioni durante i periodi eccessivamente caldi (altrimenti, provvedere ad inumidire le matrici);
- stoccaggio dei materiali selezionati combustibili (es. plastiche) non in prossimità di altri depositi e di aree di lavorazione;
- prevedere appositi permessi di lavoro in caso di lavorazioni a caldo.

Infine, in considerazione degli esiti della valutazione del rischio di incendio e delle caratteristiche specifiche dell'impianto, appare utile valutare l'adozione di misure quali, ad esempio, l'installazione di sistemi a bordo macchina di rivelazione dell'incendio e di inibizione, controllo o estinzione dell'incendio (es. in caso di vagli a tamburo, nastri trasportatori, ecc.) [1].

## BIBLIOGRAFIA

[1] Ministère De La Transition Ecologique Et Solidaire – BARPI, Fires in waste composting activities, may 2018;

[2] Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), Osservatorio Nazionale sui Rifiuti (ONR), Il recupero di sostanza organica dai rifiuti per la produzione di ammendanti di qualità, Manuali e linee guida 7/2002, ISBN 8844800527;

[3] Government of Western Australia – Department of Fire & Emergency Services, Bulk Green Waste Storage Fires, Information Note, September 2014;

[4] Panza D., Stoccaggio di rifiuti all'aperto: le distanze di separazione, INGENIO, 2020, <https://www.ingenio-web.it/28265-stoccaggio-di-rifiuti-allapertoquali-distanze-di-separazione-occorre-mantenere-per-ridurre-il-rischio-incendio>;

[5] d'Antonio G., Trattamento dei rifiuti solidi urbani. Tecniche e sistemi di smaltimento finale, 1997, ISBN 9788838710704;

[6] EPA Victoria, Country Fire Authority (CFA), Metropolitan Fire Brigade (MFB), Emergency Management Victoria (EMV), WorkSafe Victoria and the Department of Environment, Land, Water and Planning (DELWP), "Management and storage of combustible recyclable and waste materials – guideline", Publication 1667.2, October 2018.