

Additivi per la digestione anaerobica, pro e contro

Di Mario A. Rosato

Oltre ai [miti e leggende sulla prova FOS / TAC](#), nel mondo del biogas italiano circola molta informazione tendenziosa e talvolta falsa; si tratta degli ipotetici effetti miracolosi generati dagli additivi, o “*booster*”, per la digestione anaerobica. Ironicamente chiamati anche “polverine magiche”, gli additivi talvolta possono comportare migliorie, addirittura anche “risuscitare” impianti con difficoltà biologiche. Analizziamo in seguito i pro e i contro del loro impiego e il perché spesso le “dimostrazioni in impianto”, presentate da alcuni produttori come l’unico modo di valutare l’efficacia degli additivi, non sono assolutamente attendibili. Innanzi tutto, è necessario fare chiarezza su cosa sono i *booster* e quali tipi si trovano nel mercato. Per ovvie ragioni di *privacy*, in questa sede, non nomineremo i marchi dei fabbricanti e né gli impianti per i quali abbiamo realizzato le verifiche di efficacia in laboratorio.

I diversi tipi di additivi

Oligoelementi o micronutrienti

La digestione anaerobica è un processo biologico molto complesso, nel quale intervengono migliaia di specie di microrganismi. Ogni gruppo di microrganismi genera particolari enzimi, che consentono la degradazione di specifiche molecole (carboidrati, proteine, lipidi, alcoli, acidi grassi, ecc.). La sintesi e l’attività chimica degli enzimi dipende dalla presenza e disponibilità biologica di alcuni minerali, i quali fungono da catalizzatori. Come le piante e gli animali anche i microrganismi hanno bisogno di ferro, manganese, magnesio, molibdeno, cobalto, zinco, ecc.; secondo alcuni autori avrebbero bisogno perfino di elementi più rari quali il tungsteno e il selenio.

Miscele probiotiche

Alcuni costruttori ricorrono a dei *cocktail* di enzimi, micronutrienti e batteri liofilizzati, per poter raggiungere elevati carichi organici specifici. Ricordiamo che il carico organico specifico è la quantità di solidi volatili caricati giornalmente per metro cubo di digestore. Nel mondo agricolo, il carico organico specifico del digestore non dovrebbe superare i 3 kg di SV/m³·giorno, pena la perdita di efficienza nella digestione delle biomasse. La stabilità e l’elevata capacità di carico organico (fino a 7 kg SV/m³·giorno secondo un costruttore, che produce anche i batteri) vengono forzate con l’aggiunta di una miscela probiotica. Le miscele che contengono i batteri liofilizzati hanno però una limitazione: le *Archaea*, organismi che producono il metano, non sopravvivono al processo di liofilizzazione. Pertanto, negli impianti dove la fase biologica compromessa è proprio la metanogenesi, l’utilizzo di questi prodotti è del tutto inutile. L’aggiunta di enzimi può giovare solo nel caso in cui si utilizzino matrici dalla degradazione molto lenta, ad esempio i grassi. Gli insilati di mais vengono velocemente digeriti in modo naturale, perché sono composti da molecole semplici e facilmente degradabili, pertanto in tale caso gli enzimi rappresentano un costo inutile per il gestore.

Biocatalizzatori

In generale, i biocatalizzatori sono molecole, dalla struttura molto complessa, dette **anfifiliche**; in quanto composte da una “testa” idrofila e da una o più “code” idrofobiche, il che gli conferisce proprietà tensioattive. Gli **agenti bagnanti** sono una particolare classe di sostanze tensioattive che abbassano la viscosità del digerente e favoriscono lo

scioglimento dei nutrienti, l'aggressione del substrato da parte degli enzimi, o promuovono la produzione di questi ultimi.

Tali molecole si attaccano alla materia organica, ai batteri e alle bolle di gas, formando granuli nei quali -secondo i produttori- le reazioni di scambio ionico avverrebbero più velocemente, migliorando così l'efficienza del processo di digestione. Altri tipi di biocatalizzatori sono dei *cocktail* di vitamine, acido umico, acido fulvico e aminoacidi, qualcuno propone perfino alcaloidi -molecole della famiglia della caffeina, la cocaina o la morfina- ovvero sostanze che avrebbero un **effetto stimolatore** dell'attività batterica.

Perché non sono attendibili le prove “in scala reale”

Il metodo scientifico per misurare un qualsiasi effetto biologico consiste nel comparare uno o più “controlli” con una o più “tesi”. Ad esempio, è risaputo che per verificare l'efficacia di un farmaco, si devono effettuare i test clinici su due gruppi di individui aventi la stessa patologia. Al gruppo di controllo viene somministrato il “placebo”, cioè una sostanza apparentemente uguale al farmaco che s'intende testare, ma assolutamente inerte, mentre al gruppo campione viene somministrato il vero farmaco oggetto di studio. L'efficacia del farmaco viene misurata in base alla percentuale di guarigioni calcolata rispetto al gruppo campione. Nel gruppo di controllo potrebbero verificarsi delle guarigioni causate da altri fattori che esulano dal controllo dei ricercatori, un fatto caratteristico dei sistemi estremamente complessi, come quelli biologici, nei quali è impossibile controllare tutte le variabili influenti. L'efficacia del farmaco è garantita quando la percentuale di guarigioni del gruppo campione è molto più alta rispetto a quella del gruppo di controllo.

La spiegazione precedente dovrebbe bastare al Lettore per comprendere il livello di pressapochismo delle prove basate sulla comparazione dei risultati “prima” e “dopo” l'utilizzo di un certo prodotto in un singolo impianto. In pratica, esistono migliaia di ragioni per le quali un miglioramento, così come anche un peggioramento, delle prestazioni dell'impianto, potrebbero non dipendere dall'aggiunta di un dato prodotto in un determinato momento. Dall'esperienza professionale dell'Autore si potrebbe citare il caso di un fabbricante di additivi che promuoveva i suoi prodotti mediante un test gratuito “in impianto”. Nel 50% dei casi l'additivo sembrava migliorare leggermente le prestazioni dell'impianto, ma negli altri casi le prestazioni non variavano, anzi talvolta peggioravano. L'esempio citato non è altro che un **sofisma** moderno perché il presupposto, semplicistico e sbagliato, di chi conduce tali prove, si basa sulla proposizione logica “dopo di questo, quindi a causa di questo”, che è l'esempio classico di sofisma (*post hoc, ergo propter hoc*). Il principio fondamentale della **Logica**, base del **metodo scientifico sperimentale**, stabilisce: “Il fatto che due avvenimenti si succedano non implica che il primo sia la causa del secondo”.

Quindi le prestazioni di un impianto dopo l'aggiunta di un determinato additivo, non necessariamente sono il risultato di una relazione “causa ed effetto”. Il sofisma è così radicato nella mente umana, che talvolta anche qualche ricercatore cade nella trappola intellettuale e trae **conclusioni affrettatamente** (vedasi l'articolo di AgroNotizie sugli errori nel calcolo del Bmp degli insilati).

Lord Kelvin diceva: «*Misurare è conoscere, se non puoi misurare qualcosa, non lo puoi migliorare*». Allora cerchiamo di capire perché sarebbe sbagliato testare un dato prodotto su scala reale, misurando direttamente gli effetti del prodotto in base all'energia prodotta nell'impianto di biogas prima e dopo l'aggiunta del prodotto.

Innanzitutto, ricordiamo che in **Metrologia**, per definizione, misurare è comparare una

grandezza **nota e invariabile** (almeno in un dato intervallo di tempo) con un'altra grandezza ignota **alle stesse condizioni** di misura. In altre parole, non è possibile comparare le prestazioni di un impianto nel momento B con quelle che si riscontravano nello stesso impianto nel momento A, in quanto queste ultime non sono invariabili. Ammesso, e non concesso, che sia possibile assicurare un'assoluta stabilità delle condizioni di misura in un ambiente "industriale" come è un impianto di biogas, i risultati di una qualsiasi prova "a scala reale" saranno soggetti ad un certo margine di errore o d'incertezza. La norma *Evaluation of measurement data. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, pubblicata dal **BIPM** (*Bureau International des Poids et Mesures*) stabilisce chiaramente come vanno calcolati gli errori di misurazione ed espressi i risultati.

Ad esempio, se calcoliamo gli errori di una prova effettuata in un impianto, dovremmo considerare che gli strumenti solitamente disponibili in loco sono solo la pesa di razionamento delle biomasse ed il contatore dell'ENEL, di per sé poco accurati, e inoltre che non è possibile garantire l'assoluta costanza di altre variabili influenti (come umidità e grado di ossidazione delle biomasse, temperatura esterna ed irraggiamento solare, attività dell'inoculo, ecc.). In ultima analisi, risulta dunque improbabile riuscire a limitare l'errore di misurazione al di sotto del 15%, poiché comparando le situazioni "prima" e "dopo", gli errori relativi si amplificano, in modo particolare quando la differenza fra esse risultasse molto piccola. Pertanto, le variazioni dell'ordine di $\pm 15\% \div 20\%$ fra il "prima" e il "dopo" possono non dipendere dall'aggiunta del prodotto, bensì dall'incertezza strumentale e dal metodo usato.

Casi di studio

Vi proponiamo i risultati significativi di prove realizzate nel nostro laboratorio, in condizioni controllate e seguendo il metodo scientifico basato sulla comparazione simultanea di un campione di controllo, o "bianco", con più tesi. Allo scopo è stato utilizzato uno strumento di misurazione, conosciuto con la sigla AMPTS (Automatic Methane Potential Test System), caratterizzato da un margine d'incertezza pari a $\pm 1\%$. Con l'aggiunta di biocatalizzatori un fabbricante afferma di ottenere un aumento dell'efficienza di rimozione dei SV pari all'8,9%, e nel contempo un aumento del 105% della produttività di biogas (ma il tenore di metano non venne indicato). Grazie alle prove eseguite nel nostro laboratorio, riscontrammo che il prodotto in questione effettivamente aumentava la produzione di gas, ma riduceva il tenore di metano a solo 50%.

La figura 1 mostra il test comparativo tra una miscela probiotica "secca" (batteri liofilizzati) e una miscela probiotica "viva" (cioè digestato filtrato e concentrato). L'inoculo di controllo proveniva da un impianto problematico sin dalla sua inaugurazione, per il quale si stavano studiando le strategie di attivazione. Dalle curve si osserva che entrambi i probiotici determinavano effetti "miracolosi" simili, se comparati con il campione di controllo, che invece non riuscì a digerire l'insilato. Vale allora la pena di utilizzare gli additivi? Principalmente è una questione di costi. Gli stessi risultati si potrebbero ottenere ri-inoculando l'impianto con del digestato proveniente da un impianto "sano", possibilmente situato nelle vicinanze, o riattivandolo con altre tecniche. Quest'ultima soluzione venne applicata con successo nel caso in studio, senza dover ricorrere ai probiotici commerciali.

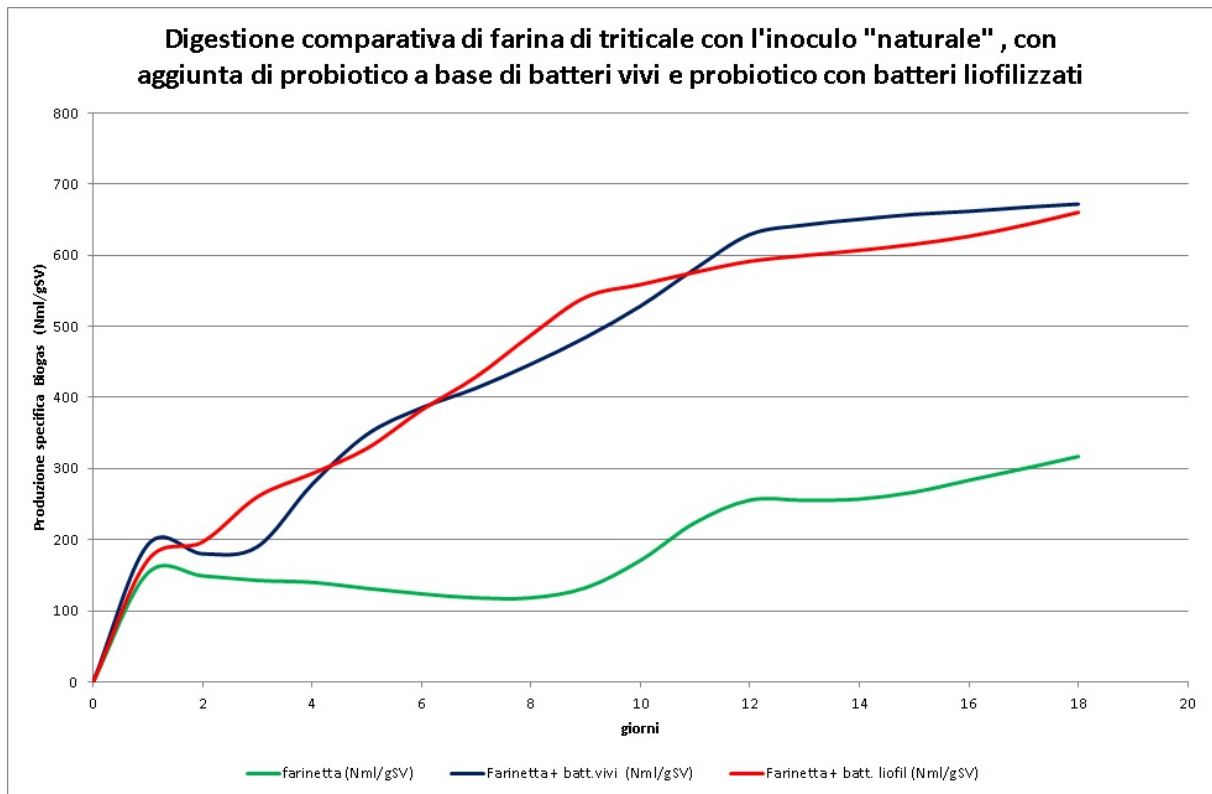


Figura 1: Effetto dell'applicazione di probiotici nel caso d'un inoculo con attività batterica compromessa

La figura 2 mostra il test comparativo della digestione di sorgo con, e senza, l'aggiunta di un prodotto che -secondo il fabbricante- "*aumenta il BMP, perché rende digeribili le fibre*". Durante i primi 8 giorni, si osserva che la curva corrispondente al campione trattato con l'additivo addirittura rimane al di sotto di quella corrispondente al reattore di controllo, ma poi migliora e, al momento di interrompere la prova, lo supera. Dobbiamo però segnalare che, come conseguenza di avere utilizzato un inoculo non pre-incubato, l'errore di misura della prova (barre verticali) risultò dello stesso ordine di grandezza della presunta miglioria ottenibile con l'additivo. Possiamo quindi dedurre che, in linea di massima, il prodotto in questione ha effetti irrilevanti sulla resa di metano.

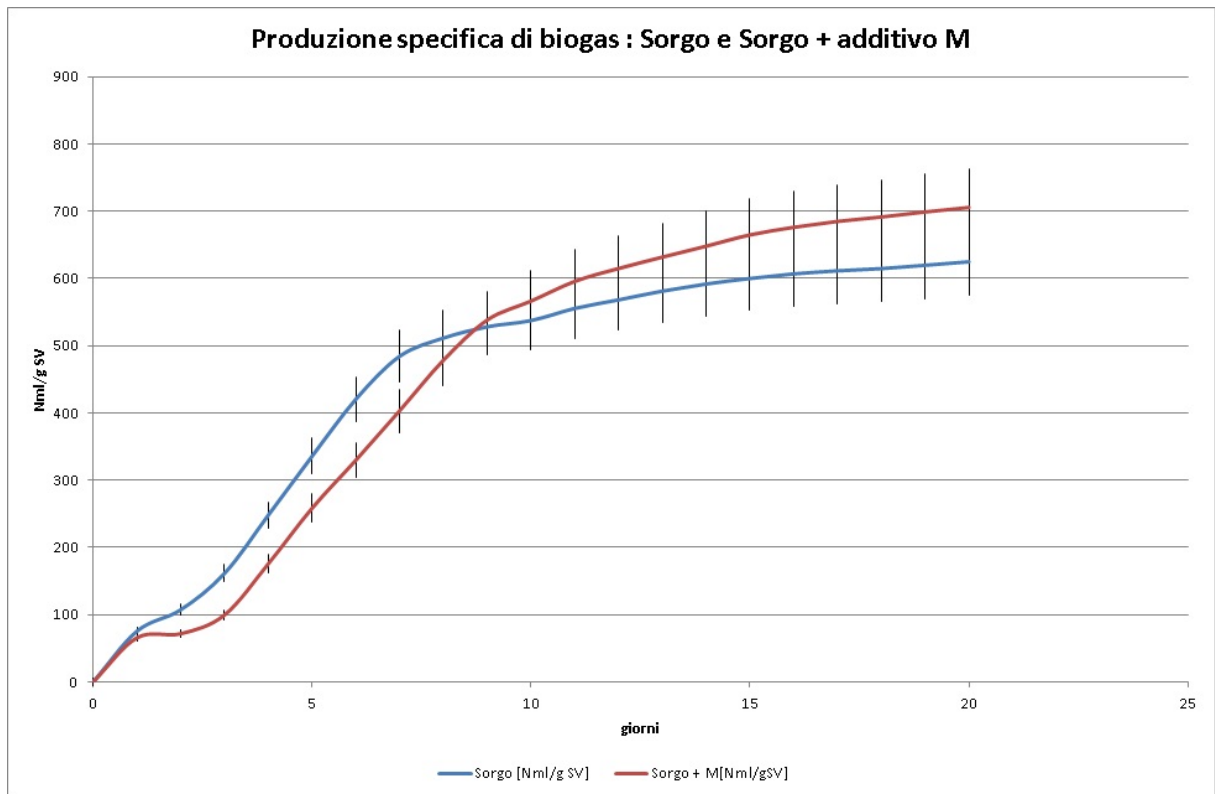


Figura 2. Digestione comparativa di insilato di sorgo con e senza biocatalizzatore. La figura 3 mostra un test comparativo, di attività metanogenica specifica (SMA), tra l'inoculo di un impianto problematico e lo stesso inoculo arricchito con oligoelementi minerali. L'effetto "miracoloso" ($SMA > 20 \text{ Nml CH}_4/\text{g SV inoc.} \cdot \text{d}$) si osservò chiaramente poiché si trattava di un impianto completamente collassato, come risultato di un anno di alimentazione esclusivamente con insilati, quindi senza l'aggiunta di alcun inoculo, o di letame bovino, e con sovradosaggio di diversi "booster" commerciali. Se la stessa prova fosse stata realizzata con un inoculo "sano" ($SMA \approx 15 \text{ Nml CH}_4/\text{g SV inoc.} \cdot \text{d}$) gli effetti degli oligoelementi sarebbero stati irrilevanti.

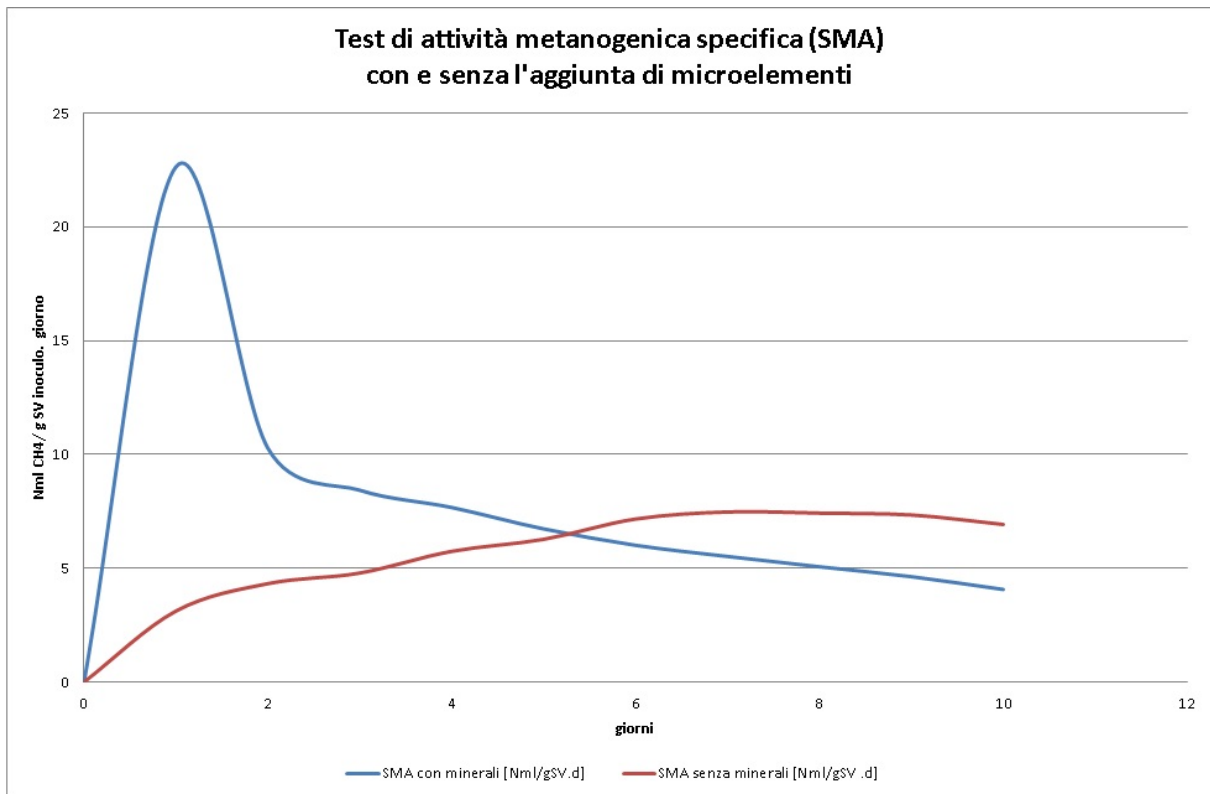


Figura 3: Effetto degli oligoelementi nel caso di un inoculo con scarsa capacità metanogenica

La figura 4 mostra il risultato dell'aggiunta di un *cocktail* di batteri liofilizzati e biocatalizzatori ad un inoculo tratto da un impianto che funzionava, ma in condizioni non ottimali. In questa prova, si utilizzò dell'amido come substrato di riferimento. Si osserva che la curva corrispondente al campione con l'aggiunta del *cocktail* di prodotti supera il potenziale metanigeno teorico (BMP) dell'amido, mentre la curva corrispondente al reattore di controllo difficilmente raggiunge il BMP. Un substrato puro-digeribile al 100% come l'amido- non può produrre una quantità di metano superiore al suo BMP, perché per definizione il BMP è il massimo producibile; pertanto il "miracolo" apparente è dovuto alla materia organica parzialmente digerita, che era già presente nell'inoculo al momento d'iniziare la prova. Nel reattore di controllo aggiungemmo solo amido, e la curva ci mostra come i batteri "nativi" lo degradarono completamente, ma dopo un tempo piuttosto lungo. Nel reattore campione invece, aggiungemmo anche un prodotto contenente batteri vivi, i quali rafforzarono la popolazione batterica "nativa" dell'inoculo e il nuovo ecosistema batterico creatosi consumò dunque non solo tutto l'amido ma anche la materia organica indigeribile per i batteri "nativi", producendo dunque più metano di quanto ci si aspettassi.

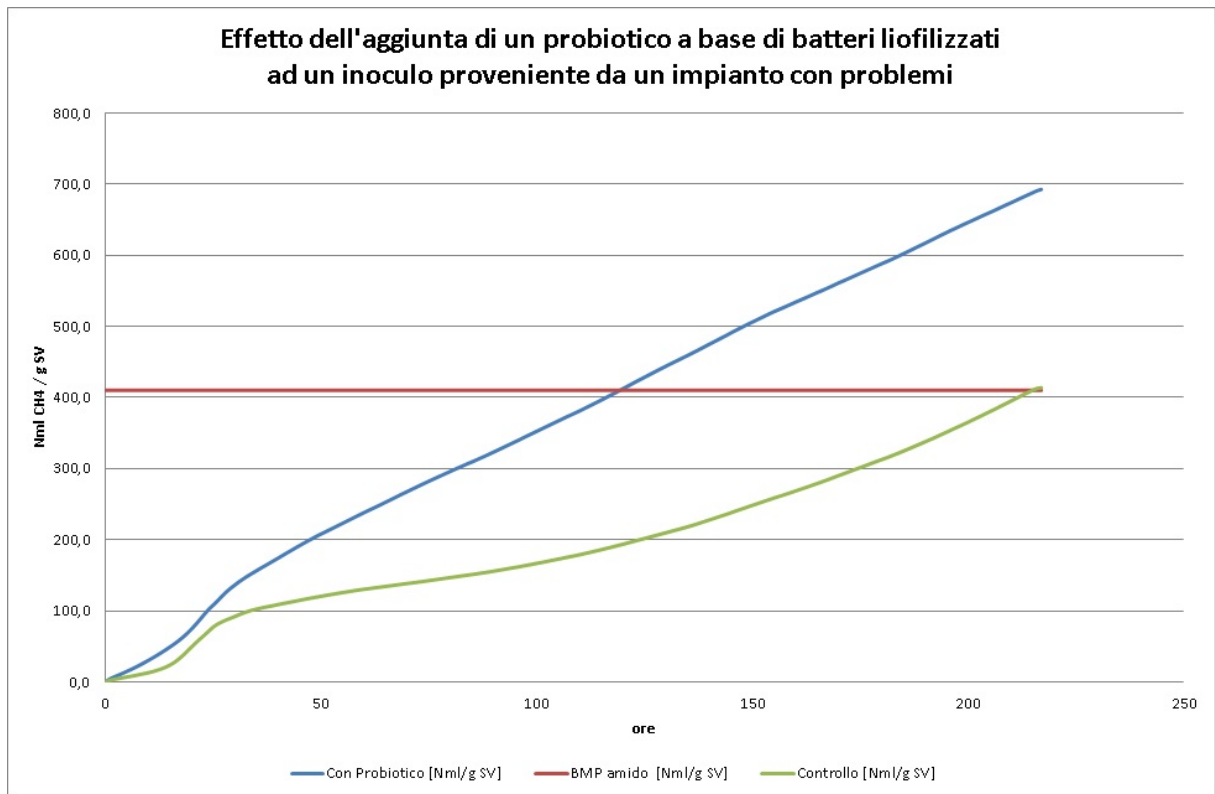


Figura 4

Conclusioni

La convenienza di utilizzare, o meno, additivi per la digestione anaerobica si determina scientificamente solo mediante prove in laboratorio, le quali devono essere pianificate e condotte caso per caso. In definitiva, i test su scala reale non sono attendibili, perché si basano su un sofisma, cioè un ragionamento non necessariamente vero, come ipotizzare l'invariabilità delle condizioni operative prima e dopo l'aggiunta del *booster* e, inoltre, perché a meno che non ci siano gravi problemi biologici, gli errori di misurazione solitamente sono di ordine maggiore delle migliorie ottenibili con l'aggiunta dei *booster*. Gli additivi indubbiamente aiutano a migliorare la resa degli impianti con problemi biologici palesi, tuttavia non è facile identificare quale sia l'additivo giusto quando il problema da risolvere non è chiaro. Le prove in laboratorio sono utilissime poiché servono a identificare l'additivo adatto ed inoltre a calcolare il dosaggio minimo indispensabile, evitando gli sprechi dovuti al sovradosaggio, frequente quando si usa un criterio "spannometrico". È consigliabile dunque investire meno denaro facendo testare l'inoculo dell'impianto in laboratorio, prima di decidere quale e quanto additivo utilizzare.