

..... *Alleva*

M A G A Z I N E

**PARMIGIANO
REGGIANO**

Numero 90 - 5 settembre 2025



La gestione degli *effluenti zootecnici*
ha bisogno di *efficienza,*
precisione e innovazione.

SPUNTI TECNICI PER I PRODUTTORI DI LATTE
PER IL PARMIGIANO REGGIANO

Estratto da Professione Allevatore del 15-30 giugno 2024
A cura del Consorzio del Parmigiano Reggiano

PROFESSIONE
ALLEVATORE

Il bilancio inizia in mangiatoia

La nutrizione animale è il primo e fondamentale tassello nella gestione efficiente di azoto e fosforo. Lo ha spiegato Maria Teresa Pacchioli, aprendo le relazioni tecniche del convegno con un intervento centrato sull'importanza del **bilancio dei nutrienti in stalla**, a partire dalla formulazione delle diete.

Il ciclo dei nutrienti nella produzione animale ruota attorno all'ingresso di alimenti e mangimi e all'uscita di prodotti animali ed effluenti. La quota escreta – in feci e urine – è strettamente legata alla frazione non digerita o non metabolizzata dei nutrienti somministrati. Per ridurre le perdite è quindi essenziale conoscere:

- i fabbisogni specifici delle di-

verse specie e categorie produttive;

- la **biodisponibilità effettiva** dei nutrienti nei diversi alimenti;
- la **quantità di nutrienti trattata** effettivamente nei prodotti animali.

Attraverso esempi applicati a suini e bovine da latte, Pacchioli

ha mostrato come **l'azoto ingerito può essere tracciato lungo l'intero ciclo produttivo**.

L'esempio più dettagliato è quello del GOI Riscossa, in cui i dati aziendali sono stati utilizzati per calcolare la resa dell'azoto nei diversi cicli di ingrasso. Su valori medi di 15-17 kg di azoto

ingerito per capo/anno, la quota trattenuta è risultata intorno a 5-6 kg, mentre la parte escreta resta preponderante (60-70%), con rese di azoto comprese tra il 27 e il 38%, valori considerati già elevati per l'efficienza del comparto suinicolo.

Nel caso delle bovine da latte,

Coperture delle vasche: perché, quando, come

La copertura delle vasche per liquami è una misura sempre più richiesta sia dalle normative regionali (ad esempio Emilia-Romagna, Reg. n.2/2024), sia dalle strategie ambientali aziendali, per ridurre le emissioni di ammoniaca, metano e odori e per preservare la capacità di stoccaggio, evitando l'ingresso di acqua piovana.

Le soluzioni tecniche si dividono in due grandi categorie:

- **coperture fisse**, strutture rigide (a tetto o tenda), ancorate ai bordi della vasca, spesso con un pilastro centrale di sostegno. Offrono la maggiore efficacia nella riduzione delle emissioni (NH_3 e GHG) e proteggono completamente dalle precipitazioni. Richiedono un investimento iniziale più elevato (150-200 €/m²), ma offrono durabilità e prestazioni superiori;
- **coperture galleggianti**, realizzate con materiali naturali (paglia, stocchi, argilla espansa) o sintetici (teli, membrane, piastrelle flottanti). Hanno un effetto schermante parziale, riducono la superficie di scambio liquame-aria, ma non impediscono l'ingresso dell'acqua piovana, salvo configurazioni specifiche. Più economiche e semplici da installare, possono però presentare problemi gestionali nel tempo, come affondamento o deriva del materiale. La scelta della copertura va calibrata sul tipo di serbatoio, sulla localizzazione geografica, sulle condizioni aziendali e sugli obblighi normativi locali. In ogni caso, rappresenta una misura chiave per il contenimento delle perdite ambientali e la valorizzazione agronomica del liquame.

L'escrezione di N è direttamente proporzionale alla quota presente nella razione. L'obiettivo è orientarsi su razioni con il 13-14% di proteina grezza, ottimizzando il profilo amminoacidico in funzione dei fabbisogni della vacca e del microbiota ruminale. La quota di proteina bypass deve inoltre presentare un profilo coerente con quello delle proteine del latte.

Un secondo focus ha riguardato il **bilancio del fosforo (P)**, con riferimento al **progetto GOI P_I_G**. Qui, l'obiettivo è stato valutare l'efficienza delle diverse fonti di P nelle diete suine, distinguendo tra integrazione con fosfato bicalcico, fosfato monocalcico, uso di fitasi e formulazioni combinate. I risultati indicano che è possibile ridurre il tenore totale di P nei mangimi fino allo 0,38%, mantenendo costante la quota digeribile (0,25%) e riducendo quindi l'escrezione. L'impiego della **fitasi** si conferma strategico per migliorare la digeribilità del fosforo vegetale, con benefici ambientali ed economici.

In azienda, è fondamentale disporre di analisi affidabili delle materie prime, dei sottoprodotti e degli effluenti. Il **contenuto effettivo di P nei mangimi**, spesso indicato come intervallo nei cartellini, deve essere integrato con analisi chimiche e dati precisi su quantità somministrate, peso degli animali e produzione di effluenti.

Effluenti, meglio toglierli prima

La fase di rimozione e stoccaggio degli effluenti zootecnici rappresenta un punto critico per la conservazione dell'azoto e del fosforo. Lo ha evidenziato **Paolo Rossi (CRPA)** illustrando tecniche e accorgimenti utili a ridurre le perdite e le emissioni lungo questa fase del ciclo aziendale. Rossi ha anzitutto chiarito la **distinzione tra liquame** (effluente non palabile, ricco di componenti liquide e organiche) e **letame** (effluente palabile, con forte presenza di materiale da lettiera). Le quantità prodotte va-

riano sensibilmente in base alla specie, alla categoria animale, allo stato fisiologico e soprattutto alla tipologia di stabulazione e gestione delle acque.

La **rimozione delle deiezioni dai ricoveri** è essenziale non solo per il benessere animale e l'igiene, ma anche per limitare lo sviluppo di gas dannosi come ammoniaca (NH_3) e metano (CH_4). Le tecniche variano dal lavaggio con acqua o liquame, all'impiego di mezzi meccanici (ad esempio raschiatori), alla rimozione per gravità con pavimenti inclinati o fessurati.

La **frequenza di pulizia** è un fattore chiave: i dati del progetto Milkgas hanno mostrato riduzioni fino al 46% di ammoniaca e 42% di metano aumentando la frequenza del passaggio dei raschiatori da ogni 5-7 ore a ogni 2-3 ore.

Lo **stoccaggio degli effluenti** serve a diluire la carica patogena e consentire l'utilizzo agronomico nei periodi compatibili.

È regolato da precise normative (ad esempio Reg. n.2/2024 Emilia-Romagna). Per il letame, si può stoccare all'interno (ad esempio lettiera permanente) o all'esterno (concimaia a platea o con pareti); l'aggiunta regolare di lettime asciutti e puliti è fondamentale per ridurre fermentazioni ed emissioni. Sebbene non obbligatoria per legge, la copertura delle concimaie è vivamente raccomandata in un'ottica di contenimento delle perdite.

Nel caso del liquame, il solo stoccaggio esterno è ammesso. Le vasche possono essere rea-

lizzate in calcestruzzo (gettato o prefabbricato), acciaio smaltato o in tessuti plastomerici.

Rossi ha illustrato anche le soluzioni per la **copertura delle vasche**, sempre più rilevanti per ridurre le emissioni e rispettare le normative regionali vigenti.

Il trattamento trasforma il problema in risorsa

Il trattamento degli effluenti zootecnici non è più una scelta, ma una necessità tecnica, normativa e ambientale. Con queste parole **Giuseppe Moscatelli (CRPA)** ha aperto il suo intervento, offrendo una panoramica articolata sulle tecnologie oggi disponibili per **trasformare liquami e digestati in fertilizzanti rinnovabili e a basso impatto**.

Le ragioni che spingono in questa direzione sono molteplici. Da un lato, c'è l'esigenza di migliorare la gestione dello stoccaggio; dall'altro, la necessità di rendere gli effluenti compatibili con le tecniche di distribuzione più avanzate. A ciò si aggiungono la crescente spinta verso la **valorizzazione agronomica** in sostituzione dei fertilizzanti di sintesi e la pressione normativa che impone di delocalizzare i **surplus** di nutrienti per ridurre le perdite ambientali, soprattutto in quelle aree classificate come **zone vulnerabili ai nitrati (ZVN)**, dove il limite di carico per l'azoto zootecnico è fissato a 170 kg/ha/anno.

Secondo il DM 25 febbraio 2016, il trattamento degli effluenti include qualsiasi opera-

zione finalizzata a migliorarne le caratteristiche agronomiche.

Le **tecnologie** possono agire secondo due principi diversi: alcune puntano alla **rimozione dell'azoto**, trasformandolo in forme inerti tramite processi biologici come la nitrificazione e la denitrificazione; altre mirano al **recupero dei nutrienti**, separando e concentrando azoto, fosforo e potassio in frazioni più gestibili e trasportabili.

Uno dei primi passaggi operativi è spesso la **separazione solido/liquido**, da cui si ottengono due matrici distinte: una frazione solida, ricca di sostanza organica e nutrienti a lento rilascio, adatta al compostaggio; una frazione liquida, più ricca in nutrienti minerali, facilmente pompabile e indicata anche per usi fertirrigui. Diverse le tecnologie impiegate - vagli, rulli contrapposti, compressori elicoidali, centrifughe - ciascuna con propri livelli di efficienza, costi e consumi.

Le centrifughe, ad esempio, offrono ottime prestazioni ma richiedono investimenti più consistenti e maggiore energia.

La **valorizzazione della frazione solida** può proseguire con il **compostaggio**, un processo aerobico controllato che consente di ottenere un ammendante igienizzato e stabile, gestibile in cumuli, biocelle o impianti chiusi. Un ulteriore affinamento è l'**essiccazione**, che riduce drasticamente il contenuto d'acqua (fino a sostanza secca all'80-90%) e permette la produzione di fertilizzanti pellettizzati. L'energia termica necessaria può essere

Dieci punti chiave

1. Il bilancio dell'azoto parte dalla dieta: **conoscere fabbisogni e disponibilità** è la base dell'efficienza.
2. L'**impiego della fitasi** permette di ridurre il P totale nella razione senza ridurne l'efficacia.
3. Una frequente **pulizia dei pavimenti** riduce in modo significativo le emissioni di NH_3 e CH_4 .
4. Le **coperture fisse delle vasche** garantiscono maggiore efficacia nella riduzione delle perdite rispetto a quelle galleggianti.
5. La **separazione solido/liquido** è il primo passo per trattamenti più avanzati e valorizzabili.
6. Tecniche come **compostaggio, essiccazione e struvite** trasformano i reflui in fertilizzanti rinnovabili.
7. Un **cantiere ben strutturato**, con trasporto e distribuzione separati, migliora l'efficienza economica e agronomica.
8. La **distribuzione a dose variabile tramite sensori NIR** migliora l'efficacia dell'azoto distribuito.
9. Le tecniche di **iniezione e fertirrigazione** riducono le emissioni di ammoniaca fino all'80-90%.
10. La gestione dei nutrienti richiede un **approccio integrato**: tecnico, logistico, normativo e formativo.

recuperata da impianti di cogenerazione alimentati a biogas, rendendo il processo ancora più efficiente.

Tra le tecnologie più avanzate presentate da Moscatelli, particolare attenzione ha suscitato lo *stripping* con assorbimento dell'ammoniaca, un processo che consente di separare l'azoto ammoniacale trasformandolo in solfato o nitrato di ammonio. Ancora più innovativa è la precipitazione della struvite, un fertilizzante a lento rilascio ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ottenuto da effluenti depurati, che permette di ridurre contestualmente i tenori di azoto e fosforo e di valorizzare elementi strategici in chiave di economia circolare.

In questo ambito, un parametro tecnico chiave è rappresentato dal rapporto $\text{N}/\text{P}_2\text{O}_5$, che secondo la normativa regionale (Reg. 2/2024) deve superare il valore soglia di 2,5: obiettivo tecnico raggiungibile proprio grazie a trattamenti selettivi.

In chiusura, è stata illustrata anche la frontiera della **filtrazione a membrane** – microfiltrazione, ultrafiltrazione, nanofiltrazione e osmosi inversa – utile a rimuovere anche ioni e sali. Sebbene promettenti, queste tecnologie devono però confrontarsi con costi energetici elevati, manutenzioni complesse e una certa fragilità operativa.

Moscatelli ha concluso sottolineando che la scelta della tecnologia non può prescindere da un'analisi caso per caso, tenendo conto del tipo di effluente, del rapporto tra azoto prodotto e superficie agraria disponibile (N/SAU), delle distanze di spandimento e, naturalmente, della predisposizione aziendale alla gestione degli impianti. Servono strumenti di supporto, non solo per l'investimento, ma anche per la gestione. E servono politiche che riconoscano il valore dei fertilizzanti rinnovabili ottenuti dagli effluenti. Perché le frazioni solide, se ben trattate, possono

diventare miniere di fosforo, potassio e microelementi, nel pieno rispetto dei nuovi vincoli normativi.

La logistica è un fattore agronomico

Una buona logistica vale quanto un buon fertilizzante. È questo, in sintesi, il messaggio centrale dell'intervento di **Guido Bezzi** (Consorzio Italiano Biogas), che ha illustrato in dettaglio l'importanza strategica dell'organizzazione logistica nella valorizzazione agronomica del digestato e degli effluenti zootecnici.

Per ottenere risultati reali, non basta produrre un buon fertilizzante organico: serve anche portarlo al momento giusto, nel posto giusto, con le giuste modalità. La fertilizzazione organica, ha sottolineato Bezzi, è una pratica tecnicamente ed economicamente vantaggiosa, ma richiede efficienza e organizzazione: dalla dislocazione decentrata degli

stoccaggi, all'ottimizzazione dei trasporti, fino alla separazione delle fasi di movimentazione e distribuzione. Quando il trasporto viene scorporato dalla distribuzione, è infatti possibile intervenire anche in condizioni meteorologiche avverse o su terreni temporaneamente inaccessibili con mezzi carichi, massimizzando le finestre utili per l'impiego agronomico e riducendo anche le emissioni e il rischio di lisciviazione.

Al centro dell'analisi presentata vi è lo studio comparativo dei diversi cantieri operativi, elaborato da **Marco Fiala** (Università di Milano, DiSAA), che ha simulato 7 diversi modelli di cantiere su distanze comprese tra 1 e 20 km. Le variabili considerate sono molteplici: tempi operativi, caratteristiche delle macchine, capacità di lavoro (espressa in ha/h e t/h), numero di mezzi necessari e soprattutto costo per unità di azoto distribuito.

La simulazione ha evidenziato

che i cantieri più performanti sono quelli specializzati, nei quali trasporto e distribuzione sono separati e ottimizzati. Al crescere della distanza, questi cantieri mantengono migliori produttività e capacità operativa, oltre a contenere gli incrementi nei costi. A titolo di esempio, un cantiere semplificato (A1) vede aumentare l'indice di costo fino a 7 volte passando da 1 a 20 km, mentre un cantiere ottimizzato (C2) registra un incremento molto più contenuto (1,9 volte).

Bezzi ha quindi proposto un confronto diretto tra i costi della fertilizzazione organica e di quella minerale. Utilizzando i dati del digestato (contenuto di azoto: 3,96 g/kg; densità: 1.020 kg/m³), è possibile convertire i costi operativi da €/m³ a €/kg di N distribuito. Risultato: se ben organizzata, la fertilizzazione con digestato risulta più economica dell'apporto equivalente tramite urea 46%, soprattutto per colture ad alta esigenza azotata come il mais (ad esempio 280 kg N/ha).

Non è mancato un richiamo alla normativa stradale e alla sicurezza nella movimentazione degli effluenti: i mezzi agricoli adibiti al trasporto devono rispettare limiti di carico per asse, velocità massime (40 km/h), dotazione di impianti frenanti pneumatici e dimensioni compatibili con la circolazione. In alternativa, è possibile ricorrere a mezzi stradali specializzati per liquidi, più sicuri e veloci, ma non adatti ai percorsi su terra battuta.

In chiusura, Bezzi ha ricordato che il cantiere migliore non è necessariamente quello meno costoso, ma quello che garantisce la maggiore operatività al miglior costo, in relazione alle superfici da gestire, alle distanze da coprire e alla configurazione aziendale. Una logistica efficiente, ben strutturata e modulare è oggi una delle chiavi di volta per valorizzare a pieno il digestato, trasformando un problema in

una risorsa concreta. Ed è proprio questa efficienza logistica, ha evidenziato Bezzi, che crea le condizioni per adottare in campo sistemi di distribuzione avanzati, come quelli illustrati successivamente da Alberto Finzi.

Tecnologia in campo, nutrienti sotto controllo

Il valore del liquame non è solo nei suoi nutrienti, ma nella capacità di distribuirli in modo efficiente. È questa la prospettiva con cui Alberto Finzi ha affrontato il tema delle tecnologie per l'applicazione agronomica degli effluenti, partendo da una domanda concreta: quanto vale davvero un metro cubo di liquame? La risposta, basata sui prezzi dei fertilizzanti minerali aggiornati alla fine del 2024, è sorprendente: il contenuto in N, P₂O₅ e K₂O può raggiungere anche 8,50 €/m³, a cui si aggiungono il valore della sostanza organica e dei microelementi.

Ma questo valore resta "potenziale" se non si interviene sul fronte della distribuzione.

L'obiettivo, ha spiegato Finzi, è duplice: massimizzare l'efficienza dell'azoto zootecnico e minimizzare le perdite ambientali (volatilizzazione, ruscellamento, lisciviazione). Per farlo, occorrono attrezzature adeguate, una buona capacità operativa e sistemi in grado di dosare correttamente gli effluenti in base al reale contenuto di nutrienti.

I cantieri tradizionali (ad esempio carrobotti con piatto deviatore) sono ancora diffusi, ma risultano spesso inefficienti sia in termini di uniformità di distribuzione che di contenimento delle emissioni. Le soluzioni innovative oggi disponibili includono:

- carrobotti con pompe volumetriche, ripartitori e interratori, per garantire dosaggi precisi e distribuzione localizzata;
- sistemi ombelicali con macchine semoventi dotate di guida GPS, misurazione in continuo

del contenuto azotato tramite NIR e distribuzione a rateo variabile;

- fertirrigazione tramite pivot o ali gocciolanti, applicabile previa adeguata filtrazione.

Le macchine semoventi, dotate di sistemi analitici integrati (NIR, conduttività elettrica), consentono una valutazione istantanea del contenuto in azoto ammoniacale, con elevata correlazione rispetto ai valori analitici (r² fino a 0,88). In questo modo, è possibile adattare in tempo reale la dose di distribuzione alla concentrazione dell'effluente, sfruttando appieno il principio della distribuzione a dose variabile.

Finzi ha mostrato dati eloquenti sulle emissioni di ammoniaca (NH₃): la maggior parte si verifica nelle prime ore successive alla distribuzione. Cambiando attrezzatura, cambia tutto.

Le iniezioni in solchi chiusi possono ridurre le perdite dell'80-90% rispetto al piatto deviatore, le bande con scaricatori del 40-65%, mentre le iniezioni in solchi aperti si attestano tra il 55 e l'80%.

Nel progetto GESEFFE, ad esempio, si è passati da un'efficienza del 49% a una del 76% semplicemente sostituendo il sistema di distribuzione.

Una delle innovazioni più promettenti è la fertirrigazione con digestato, resa possibile da un sistema di filtrazione multilivello (solidi grossolani, vibrovagli, microfiltri, filtri a sabbia). I dati del progetto LIFE ARIMEDA mostrano come, nonostante la necessità di diluire il digestato e le portate relativamente basse (4-12 m³/h), i sistemi a pivot o ali gocciolanti permettano una distribuzione continua e mirata, con una riduzione delle emissioni di NH₃ fino all'80% rispetto alla distribuzione convenzionale. Finzi ha chiuso il suo intervento con una riflessione chiave: non esiste un modello universale. Ogni azienda deve costruire

il proprio sistema distributivo considerando i vincoli normativi (ad esempio PRIA Lombardia, 2024), le caratteristiche del digestato, le superfici disponibili e le colture. Tuttavia, il messaggio è chiaro: per ridurre l'uso di fertilizzanti minerali e rispettare gli obiettivi ambientali, occorre partire da un liquame "concentrato" e puntare su tecniche avanzate, capaci di trasformare un sottoprodotto in una risorsa preziosa.

E sullo sfondo si intravede già il futuro: una possibile revisione della Direttiva Nitrati potrebbe consentire di superare il limite dei 170 kg/ha, aggiungendo ulteriori 100 kg/ha di azoto zootecnico se derivante da trattamenti specifici come solfato ammonico, struvite o concentrato da osmosi inversa.

In principio c'è la ricerca di efficienza

Dall'alimentazione alla distribuzione, il filo rosso che lega tutti gli interventi è la ricerca dell'efficienza: ridurre le perdite e valorizzare i nutrienti presenti negli effluenti, per diminuire l'impatto ambientale e la dipendenza dai fertilizzanti chimici.

Il messaggio comune è che non esiste una singola tecnologia risolutiva, ma un insieme integrato di scelte che partono dalla formulazione della razione e attraversano tutte le fasi gestionali: pulizia dei pavimenti, progettazione degli stoccaggi, trattamento e separazione, organizzazione dei cantieri, scelta della tecnica distributiva. L'adozione di pratiche e tecnologie avanzate non è solo una risposta a obblighi normativi, ma rappresenta un'opportunità per costruire fertilizzazione organica di precisione. E questo richiede - oltre alle macchine - una rete di conoscenze, dati, operatori formati. È proprio il contributo che il progetto Nutri-Know si propone di offrire al sistema agricolo europeo. *

* Agricultural Knowledge and Innovation System - Sistema della Conoscenza e dell'Innovazione in Agricoltura. I principi dell'AKIS sono alla base delle politiche europee per lo sviluppo di un'agricoltura più sostenibile, integrata e intelligente.