REGIONE DEL VENETO

VENETO AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

PROGETTO RiduCaReflui

PROCESSI DI VALORIZZAZIONE ENERGETICA

PROCESSI FISICI

PROCESSI BIOLOGICI

TRATTAMENTI TERZIARI DI AFFINAMENTO

Filiere e Tecnologie di trattamento degli effluenti di allevamento

Riduzione del Carico inquinante generato dai Reflui zootecnici nell'area del bacino scolante della laguna veneta

REGIONE DEL VENETO

VENETO AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

PROGETTO
RiduCaReflui

Filiere e Tecnologie di trattamento degli effluenti di allevamento

Riduzione del Carico inquinante generato dai Reflui zootecnici nell'area del bacino scolante della laguna veneta

Pubblicazione redatta nell'ambito del Progetto "Riduzione del carico inquinante generato dai reflui zootecnici nell'area del bacino scolante della laguna veneta – RiduCaReflui" finanziato dalla Regione Veneto con D.G.R. 4031 del 30/12/2008

GRUPPO DI COORDINAMENTO

Referente del Progetto: Riccardo De Gobbi – Dirigente Direzione Agroambiente, Regione del Veneto
Responsabile del Progetto: Giustino Mezzalira – Direttore Sezione Ricerca e Gestioni Agroforestali, Veneto Agricoltura
Coordinatore del Progetto: Federico Correale Santacroce – Dirigente Settore Bioenergie e Cambiamento Climatico, Veneto Agricoltura
Responsabile Gruppo di Coordinamento: Giulia Ruol – Consulente esterno, Veneto Agricoltura

AUTORI DELLA PRESENTE PUBBLICAZIONE

Rielaborazione e supervisione foto e testi a cura del Gruppo di Lavoro del Progetto RiduCaReflui:
per Veneto Agricoltura: Giustino Mezzalira, Federico Correale Santacroce, Giulia Ruol, Stefano Barbieri, Alberto Brighenti, Alessandro Cecchin, Gioia Garavini e Raffaello Zonin
per Regione del Veneto: Riccardo De Gobbi, Barbara Lazzaro, Fernando De Rosa, Lorenzo De Sabbata e Francesco Lamo

Per quanto riguarda la stesura della singole schede, essa si deve:
Modello della destinazione agronomica diretta (A): *Vasco Boatto, Alberto Brighenti e Raffaello Zonin*
Modello del trattamento extra-aziendale (B): *Vasco Boatto, Alberto Brighenti e Raffaello Zonin*
Modello del trattamento aziendale (C): *Vasco Boatto, Alberto Brighenti e Raffaello Zonin*
Digestione anaerobica: *Franco Cecchi, Paolo Pavan, Paolo Battistoni, David Bolzonella, Francesco Fatone e Cristina Cavinato; Roberto Chiumenti, Alessandro Chiumenti e Francesco Da Borso*
Termovalorizzazione delle deiezioni avicole: *Stefano Guercini e Clelia Rumor*
Separazione a bassa efficienza: *Roberto Chiumenti, Alessandro Chiumenti e Francesco Da Borso; Stefano Guercini e Clelia Rumor*
Separazione ad alta efficienza: *Roberto Chiumenti, Alessandro Chiumenti e Francesco Da Borso; Stefano Guercini e Clelia Rumor*
Ultrafiltrazione e Osmosi inversa: *Roberto Chiumenti, Alessandro Chiumenti e Francesco Da Borso*
Essiccazione/Disidratazione: *Roberto Chiumenti, Alessandro Chiumenti e Francesco Da Borso*
Trattamento combinato di Estrusione ed Essiccazione: *Stefano Guercini e Clelia Rumor*
Strippaggio: *Franco Cecchi, Paolo Pavan, Paolo Battistoni, David Bolzonella, Francesco Fatone e Cristina Cavinato*
Evaporazione sottovuoto: *Roberto Chiumenti, Alessandro Chiumenti e Francesco Da Borso; Stefano Guercini e Clelia Rumor*
Trasformazione di liquami e digestato in materiale palabile - Tecnologia CLF MODIL: *Roberto Chiumenti e Alessandro Chiumenti*
Nitrificazione - Denitrificazione in continuo: *Franco Cecchi, Paolo Pavan, Paolo Battistoni, David Bolzonella, Francesco Fatone e Cristina Cavinato; Roberto Chiumenti e Alessandro Chiumenti*
Nitrificazione - Denitrificazione a fasi sequenziali (SBR): *Franco Cecchi, Paolo Pavan, Paolo Battistoni, David Bolzonella, Francesco Fatone e Cristina Cavinato*
Processi innovativi "via nitrito": *Franco Cecchi, Paolo Pavan, Paolo Battistoni, David Bolzonella, Francesco Fatone e Cristina Cavinato*
Stoccaggio controllato: *Stefano Guercini e Clelia Rumor*
Aree Filtro Forestali (AFF): *Bruna Gumiero e Bruno Boz*
Sistema Ibrido di Fitodepurazione (SIF): *Maurizio Borin e Marco Politeo*
Supervisione parte economica delle schede: *Davide Pettenella, Mattia Cai e Diego Gallo*

Coordinamento per la stesura dei testi: Federico Correale Santacroce e Giulia Ruol

Pubblicazione edita da
Veneto Agricoltura
Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale e Agroalimentare
Viale dell'Università, 14 - Agripolis - 35020 Legnaro (Pd)
Tel. 049.8293711 - Fax 049.8293815
e-mail: info@venetoagricoltura.org
www.venetoagricoltura.org

Realizzazione editoriale
Veneto Agricoltura
Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale e Agroalimentare
Coordinamento editoriale e realizzazione grafica
Margherita Monastero, Silvia Ceroni, Federica Mazzuccato
Settore Divulgazione Tecnica, Formazione Professionale ed Educazione Naturalistica
Via Roma, 34 - 35020 Legnaro (Pd)
Tel. 049.8293920 - Fax 049.8293909
e-mail: divulgazione.formazione@venetoagricoltura.org

È consentita la riproduzione di testi, foto, disegni *etc* previa autorizzazione da parte di Veneto Agricoltura, citando gli estremi della pubblicazione.

INTRODUZIONE

Il presente lavoro *Filiere e tecnologie di trattamento degli effluenti di allevamento* è da considerarsi appendice della Pubblicazione "Nitrati da problema a risorsa" che presenta i principali risultati del Progetto RiduCaReflui "Riduzione del carico inquinante generato dai reflui zootecnici nell'area del bacino scolante della laguna veneta", promosso e realizzato dalla Regione del Veneto con il coordinamento e la diretta partecipazione dell'Azienda regionale Veneto Agricoltura.
Obiettivo del Progetto è stato quello di fornire linee guida e percorsi modello per la gestione degli effluenti di allevamento (EA) nel rispetto della Direttiva Nitrati e dell'insieme delle norme correlate (Condizionalità, Autorizzazione Integrata Ambientale, *etc*).
L'impostazione del presente lavoro consente una rapida e diretta acquisizione delle informazioni su modelli gestionali e tecnologie innovative di trattamento degli EA che vengono presentati sotto forma di schede riassuntive:

- **Modelli di filiera integrata**
- **Processi di valorizzazione energetica**
- **Processi fisici**
- **Processi biologici**
- **Trattamenti terziari di affinamento con sistemi naturali**

Le schede sono strutturate in modo da fornire una sintetica descrizione dei modelli gestionali di tipo associativo e delle tecnologie di trattamento degli EA, con particolare evidenza per le specifiche tecniche, le matrici in ingresso e l'efficienza del sistema sia in termini tecnici che di riduzione di azoto, di massa e di fosforo; indicazioni sull'attuale ambito di applicazione della tecnologia in esame e il suo grado di sviluppo nel settore zootecnico. Infine per facilitare il confronto tra le diverse schede vengono definiti i prodotti finali (caratteristiche quantitative e qualitative) e la loro destinazione in base alle scelte aziendali e limiti normativi, una stima dei costi di investimento e gestione ed una sintesi dei punti di forza, di debolezza e conclusioni finali per facilitarne la lettura.
Tale prodotto rappresenta un utile strumento di approfondimento tecnico, di consultazione e di supporto agli operatori del settore zootecnico.

Indice

1 Modelli di filiera integrata ..... pag. 5
1.1 Modello della destinazione agronomica diretta (A) ..... » 7
1.2 Modello del trattamento extra-aziendale (B) ..... » 9
1.3 Modello del trattamento aziendale (C) ..... » 11

2 Schema di filiera integrata ..... » 13

3 Processi di valorizzazione energetica ..... » 15
3.1 Digestione anaerobica ..... » 17
3.2 Termovalorizzazione delle deiezioni avicole ..... » 20

4 Processi fisici ..... » 23
4.1 Separazione a bassa efficienza ..... » 25
4.2 Separazione ad alta efficienza ..... » 27
4.3 Ultrafiltrazione e Osmosi inversa ..... » 29
4.4 Essiccazione/Disidratazione ..... » 31
4.5 Trattamento combinato di Estrusione ed Essiccazione ..... » 33
4.6 Strippaggio ..... » 35
4.7 Evaporazione sottovuoto ..... » 37

5 Processi biologici ..... » 41
5.1 Trasformazione di liquami e digestato in materiale palabile - Tecnologia CLF MODIL ..... » 43
5.2 Nitrificazione - Denitrificazione in continuo ..... » 45
5.3 Nitrificazione - Denitrificazione a fasi sequenziali (SBR) ..... » 47
5.4 Processi innovativi “via nitrito” ..... » 49
5.5 Stoccaggio controllato ..... » 51

6 Trattamenti terziari di affinamento con sistemi naturali ..... » 53
6.1 Aree Filtro Forestali (AFF) ..... » 55
6.2 Sistema Ibrido di Fitodepurazione (SIF) ..... » 57

1 MODELLI DI FILIERA INTEGRATA

I modelli di filiera integrata identificano le modalità organizzative attraverso cui gli effluenti di allevamento (EA) possono essere correttamente gestiti. Nell'ambito di un ciclo che non rimane aperto ma si chiude, il sottoprodotto contenente nitrati passa o meno attraverso un processo di valorizzazione energetica. Le tre tipologie prefigurate trovano collocazione socialmente accettata, ovvero legalmente ammessa, in una delle sue possibili destinazioni, che sono le seguenti:

1. valorizzazione agronomica diretta
2. commercializzazione finalizzata alla valorizzazione agronomica
3. riduzione/distruzione di nitrati e smaltimento dei residui

Indice

- 1.1 Modello della destinazione agronomica diretta (A) ..... pag. 7
- 1.2 Modello del trattamento extra-aziendale (B) ..... » 9
- 1.3 Modello del trattamento aziendale (C) ..... » 11

Descrizione

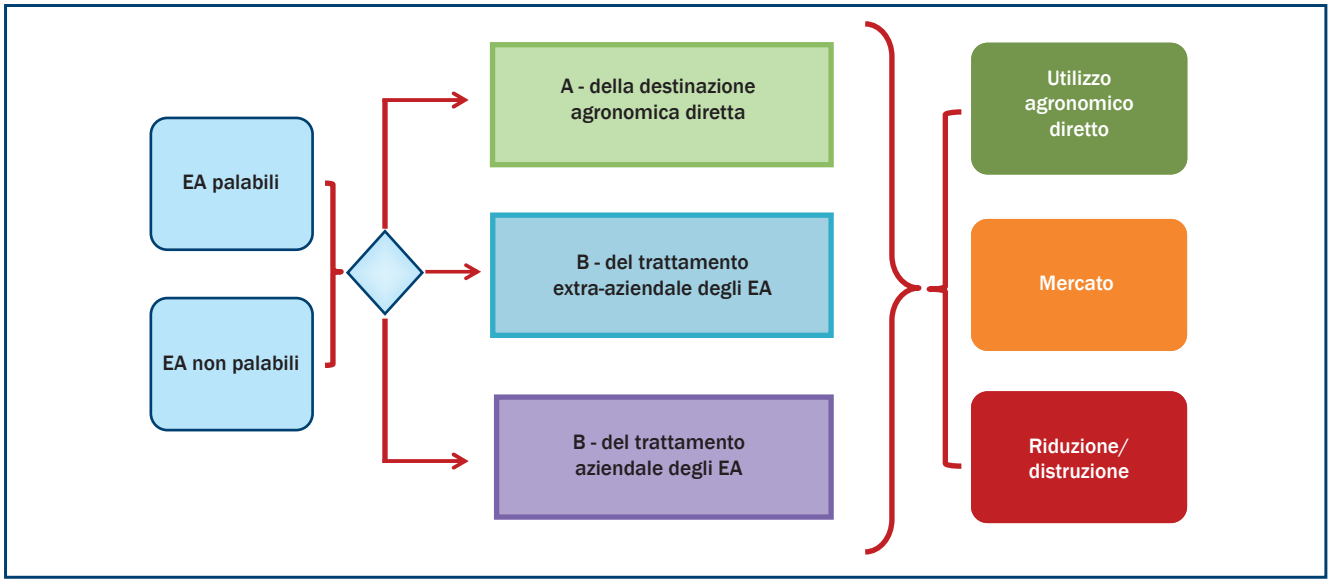
I modelli di filiera integrata che vengono prefigurati raggruppano le possibili iniziative finalizzate al trattamento degli effluenti di allevamento (EA), di tipo individuale e associativo, riferite ad un dato ambito comprensoriale. La dimensione dell'ambito comprensoriale è funzionale alle distanze entro cui le condizioni tecnico-economiche consentono di spostare convenientemente l'EA da trattare, ovvero da spargere sulle superfici agrarie.

In particolare, la gestione consortile o comunque comprensoriale degli EA può riferirsi a strutture in grado di gestire livelli progressivamente maggiori di complessità organizzativa e di investimento finanziario. Essa può quindi essere ricondotta a tre modelli di filiera integrata.

A. Il primo, della *Destinazione agronomica diretta*, è rivolto ad una equilibrata distribuzione degli EA sulle SAU delle aziende consorziate, ovvero su altra superficie agricola utilizzata (SAU) asservita.
B. Il secondo, del *Trattamento extra-aziendale orientato alla valorizzazione energetica ed agronomica o alla riduzione di nitrati*, è indirizzato al trasferimento degli EA dalla singola azienda zootecnica verso strutture di trasformazione e trattamento esterne e che fanno riferimento ad una o più delle linee tecnologiche disponibili.
C. Il terzo, del *Trattamento aziendale orientato alla valorizzazione energetica ed agronomica o alla riduzione di nitrati*, è rivolto alla creazione e gestione di impianti dedicati alla trasformazione diretta degli EA secondo le diverse modalità applicabili.

L'articolazione organizzativa così prefigurata può assumere sia una valenza consortile che comprensoriale e si connette alle principali linee tecnologiche di trattamento degli EA attualmente disponibili. Nella figura viene sintetizzato lo schema dei modelli di filiera individuati.

Modelli di filiera integrata



1.1 Modello della destinazione agronomica diretta (A)

Descrizione del modello organizzativo

Il *modello della destinazione agronomica diretta* coinvolge allevatori la cui produzione di EA è superiore alle capacità di assorbimento delle superfici agrarie disponibili al loro spandimento e che si organizzano al fine di adeguare tale disponibilità. L'adeguamento viene realizzato attraverso contratti aziendali di asservimento, ovvero contratti stipulati dalla struttura associativa di appartenenza al fine di ottimizzare l'utilizzo agronomico distrettuale degli EA.

Tipologie di EA interessate

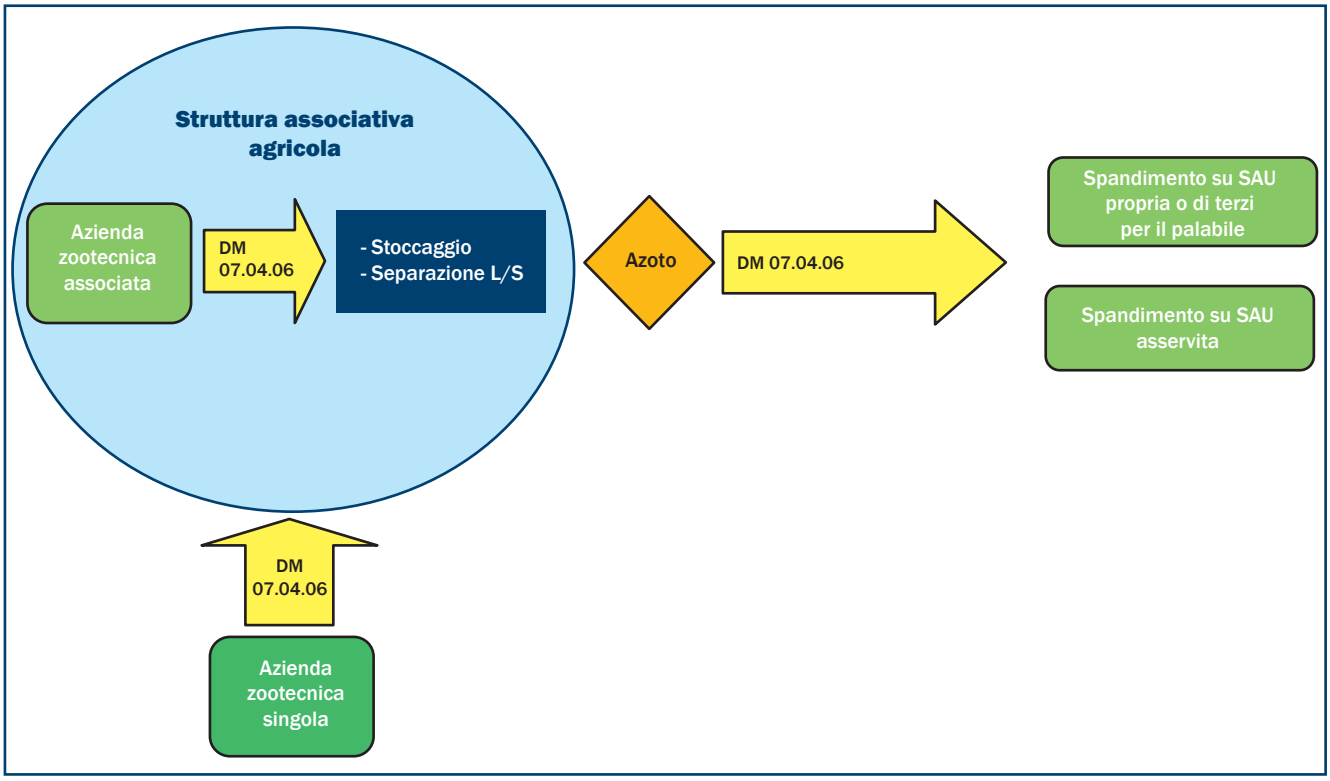
Si tratta di un modello organizzativo adatto a tutte le tipologie di EA, quindi di origine suina, bovina o avicola, nonché ai corrispondenti stati di consistenza (palabile o non palabile).

Tecnologie adottabili

Le tecniche di trattamento adottabili nell'ambito di questo modello organizzativo sono relativamente semplici, come lo stoccaggio e la separazione liquido/solido.

Le strutture necessarie sono modeste, limitandosi generalmente alle attrezzature per il trasporto, che può essere anche gestito dai soci o tramite terzisti.

Diagramma di flusso e riferimenti normativi



Costi d'investimento

I costi di investimento sono modesti in relazione alla semplicità delle tecnologie adottate; contenuti sono anche i costi legati alla gestione della struttura organizzativa.

Attuale ambito di applicazione

Esperienze di questo tipo sono presenti ma poco diffuse in Veneto; ne è esempio significativo un Consorzio di allevatori in Lessinia che dai primi anni Novanta gestisce le eccedenze di effluenti derivanti dagli allevamenti suini del comprensorio montano di riferimento, attraverso il reperimento di superfici agrarie aggiuntive in comprensori contigui e si occupa del relativo spandimento.

Forme giuridiche appropriate

La forma giuridica dell'aggregazione sociale che si rende necessaria per gestire il processo può essere relativamente "leggera".
Tale modello presuppone tuttavia una propensione associativa da parte degli allevatori coinvolti e la presenza di una *leadership* riconosciuta dagli stessi. Fattore che influisce positivamente è il sostegno di *stakeholder* esterni (quali ad esempio enti locali).

Vincoli normativi

Dal punto di vista normativo la gestione degli EA nell'ambito di questo modello organizzativo non solleva particolari problemi, in presenza di una dimensione adeguata delle superfici in proprietà o in asservimento dei soci della struttura l'EA può essere legalmente movimentato sulla base del DM 7 aprile 2006.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Valorizzazione agronomica degli EA • Semplicità del modello organizzativo • Semplicità delle tecnologie applicate • Costi strutturali e di gestione bassi	• Necessità di una propensione associativa e di una *leadership* riconosciuta da parte degli allevatori • Necessità di SAU sufficienti alla corretta distribuzione degli EA prodotti in un raggio territoriale compatibile con i costi di trasporto • Esigenza di fare ricorso a processi di depurazione/smaltimento laddove la SAU disponibile per lo spandimento rimanga insufficiente
Opportunità	**Minacce**
• Ottimizzazione distrettuale nella valorizzazione agronomica degli EA • Diminuzione dei costi aziendali di gestione degli EA attraverso lo sfruttamento di economie di scala • Sviluppo di sinergie collaborative tra allevatori e agricoltori	• Possibili complicazioni legate all'incremento del traffico su strada per lo spostamento degli EA

Considerazioni finali

Il chiaro orientamento rivolto alla valorizzazione degli EA di questo modello di filiera - che prevede un'aggregazione fra allevatori finalizzata all'ottimizzazione nel loro impiego agronomico su scala comprensoriale - unito alla sua semplicità organizzativa, lo rende particolarmente interessante. Ciò anche in considerazione dei bassi costi di dotazione strutturale e di gestione che esso comporta. La sua realizzazione, tuttavia, richiede la presenza di una propensione associativa tra gli allevatori e di una *leadership* da essi espressa o quantomeno riconosciuta.

1.2 Modello del trattamento extra-aziendale (B)

Descrizione del modello organizzativo

Il *modello del trattamento extra-aziendale* finalizzato alla produzione di energia elettrica e/o di fertilizzanti o alla riduzione dell'azoto coinvolge imprese nelle quali i processi di produzione dell'EA e relativa trasformazione sono disgiunti, essendo questi ultimi gestiti da strutture esterne all'azienda zootecnica.

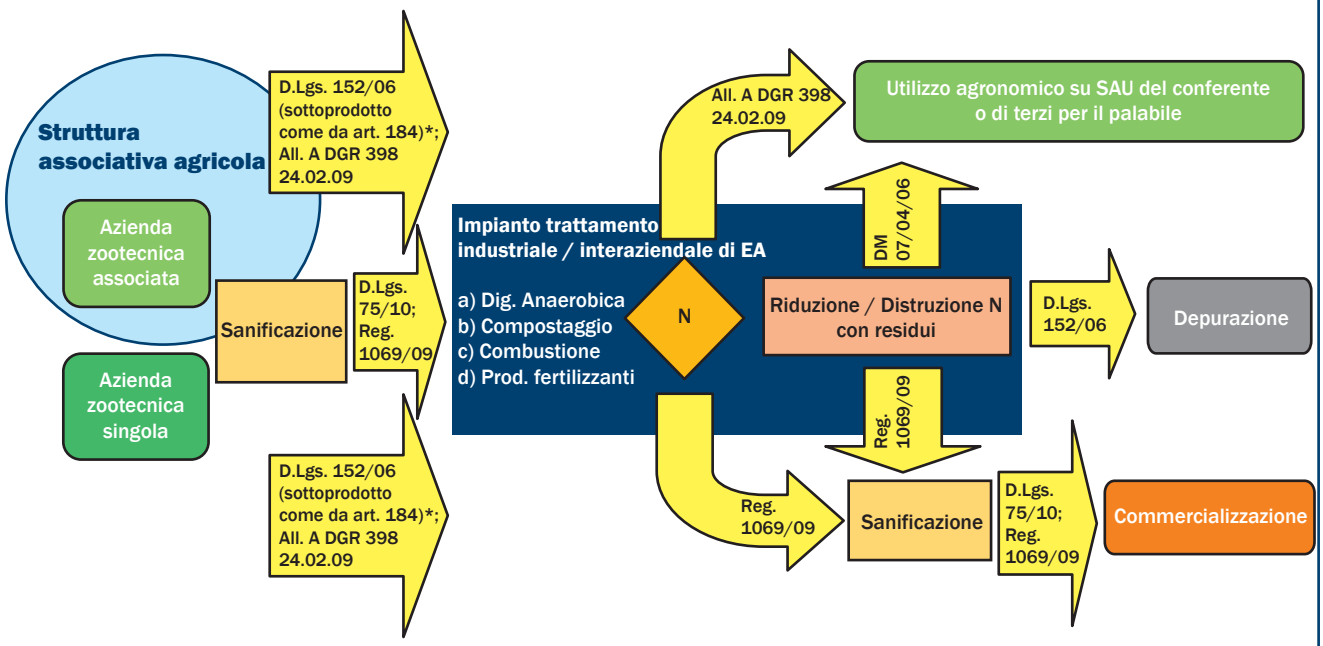
Tipologie di EA interessate

Si tratta di un modello organizzativo adatto a tutte le tipologie di EA, quindi di derivazione suina, bovina o avicola, nonché ai corrispondenti stati di consistenza (palabile o meno). La tipologia degli EA condiziona ovviamente la scelta della tecnologia di trasformazione, che in questo modello può essere anche di tipo complesso.

Tecnologie adottabili

Questo modello organizzativo attualmente interessa le principali linee tecnologiche disponibili, con particolare riferimento a digestione anaerobica e produzione di fertilizzanti.

Diagramma di flusso e riferimenti normativi



* Con riferimento alla destinazione degli EA verso impianti di produzione energetica da fonte rinnovabile.

Costi d'investimento

Per gli allevatori i costi di investimento sono quasi assenti, ad eccezione del caso in cui l'allevatore venga coinvolto in forme societarie con la struttura che realizza l'impianto; fatta eccezione per il caso di partecipazione societaria, per gli allevatori sono molto contenuti anche i costi legati alla gestione della struttura.

Attuale ambito di applicazione

Esperienze di questo tipo sono presenti sia in Veneto che nelle regioni limitrofe e riferiti soprattutto al conferimento degli EA (pollina in particolare) a strutture di produzione di fertilizzanti. Significativo il recente emergere di casi in cui l'impresa titolare dell'impianto di trasformazione (tramite digestione anaerobica) si propone di coinvolgere nella gestione dell'impianto gli allevatori che forniscono la materia prima, fino a promuoverne l'aggregazione consortile.

Forme giuridiche appropriate

Anche in questo caso, come nel modello di filiera di tipo A, la forma giuridica necessaria a contenere l'eventuale struttura associativa tra gli allevatori conferenti non è particolarmente vincolante. Fa ovviamente eccezione il caso di coinvolgimento societario degli allevatori nella struttura di trasformazione.

Vincoli normativi

Dal punto di vista normativo la gestione degli EA nell'ambito di questo modello integrato di filiera fa anzitutto riferimento alla disciplina secondo cui essi vengono classificati come sottoprodotti (art. 184 del D.Lgs. 152/2006) ovvero alla normativa sui fertilizzanti (D.Lgs. 75/2010 e Reg. (CE) 1069/2009); anche nell'ambito delle iniziative che ricadono in questo modello, in caso di depurazione-smaltimento si farà riferimento alla normativa sui rifiuti (D.Lgs. 152/2006).

Punti di forza	Punti di debolezza
• Possibilità di valorizzazione energetica degli EA • Possibilità di valorizzazione agronomica degli EA sia nelle aziende degli allevatori che in aziende terze • Scarsa rilevanza del grado di propensione associativa espresso dagli allevatori	• Dipendenza degli allevatori dalle imprese terze che si occupano del trattamento degli EA • Esigenza di fare ricorso a processi di depurazione/smaltimento laddove lo sbocco commerciale finale del sottoprodotto sia insufficiente
Opportunità	**Minacce**
• Alimentazione dei processi di produzione industriale di fertilizzanti • Esternalizzazione, totale o parziale, della gestione degli EA dalle aziende zootecniche che li producono	• Possibili complicazioni legate all'incremento del traffico su strada per lo spostamento degli EA dalle aziende di origine all'impianto di trasformazione • Possibili conflitti tra impiego orientato alla valorizzazione energetica e alla valorizzazione agronomica degli EA

Considerazioni finali

Lo sviluppo di questo modello organizzativo presuppone adeguati margini di convenienza per le imprese industriali disposte ad investire nella trasformazione degli EA; ciò indipendentemente dal fatto che l'iniziativa sia finalizzata alla produzione energetica o di fertilizzanti. Questo modello di filiera d'altra parte non presuppone una propensione associativa da parte degli allevatori, dato che le imprese che gestiscono i processi di trasformazione molto spesso si occupano anche dalla fase di trasporto dell'EA all'impianto di trasformazione. Tra le varie soluzioni tecnologiche adottate, l'attuale regime di incentivazione della produzione di energia elettrica da biomasse favorisce la digestione anaerobica; questo può tradursi in una destabilizzazione del contesto di riferimento per le imprese che impiegano l'EA per la produzione di fertilizzanti.

1.3 Modello del trattamento aziendale (C)

Descrizione del modello organizzativo

Il *modello del trattamento aziendale finalizzato alla produzione di energia elettrica e/o di fertilizzanti o alla riduzione dell'azoto* è, fra i tre qui prefigurati, il più impegnativo per gli allevatori, data la diretta connessione tra produzione e trasformazione degli EA che esso prevede. La sua realizzazione richiede infatti sia una solida propensione associativa tra le imprese coinvolte sia una loro disponibilità verso investimenti strutturali considerevoli.

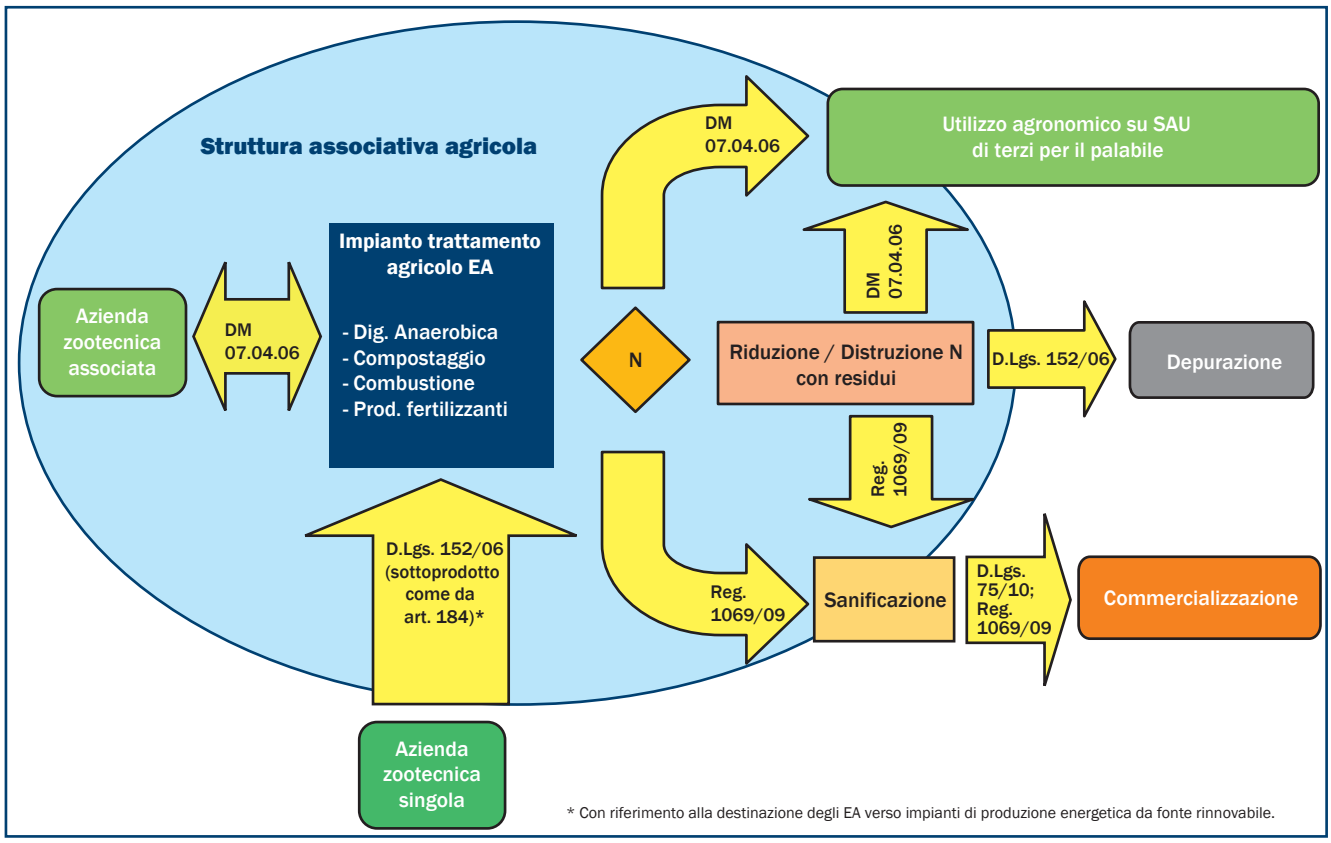
Tipologie di EA interessate

Si tratta di un modello organizzativo adatto a tutte le tipologie di EA, quindi di origine suina, bovina o avicola; nonché ai corrispondenti stati di consistenza (palabile o non palabile).

Tecnologie adottabili

Questo modello organizzativo interessa potenzialmente tutte le linee tecnologiche di trasformazione degli EA disponibili. In realtà, in Veneto e regioni contermini sono attualmente rilevabili soprattutto applicazioni connesse alla digestione anaerobica. Molto difficile, in particolare, la gestione consortile dei processi di trasformazione e commercializzazione di fertilizzanti, che presuppone stili imprenditoriali mutuati dal mondo industriale.

Diagramma di flusso e riferimenti normativi



* Con riferimento alla destinazione degli EA verso impianti di produzione energetica da fonte rinnovabile.

Costi d'investimento

Data la totale internalizzazione dei processi di trasformazione prevista da questo modello di filiera, che prevede il coinvolgimento diretto degli allevatori, i costi di investimento a carico delle imprese partecipanti sono ragguardevoli, in relazione alla tecnologia adottata e alla dimensione dell'impianto; rilevanti sono anche i costi legati alla gestione della struttura.

Attuale ambito di applicazione

In Veneto esempi assimilabili a questo modello sono rari, seppure significativi, e riconducibili ad esperienze cooperative (Monastier e Terrassa Padovana); nelle regioni limitrofe sono presenti casi di particolare rilievo (come le cooperative di: Martinengo, Manerbio, Correggio, Prato allo Stelvio).

Forme giuridiche appropriate

Considerato il rilevante impegno economico dei soci coinvolti nell'iniziativa, la forma giuridica di cui la struttura associativa si deve dotare in questi casi è maggiormente vincolante rispetto ai due modelli di filiera integrata in precedenza descritti.

Vincoli normativi

Dal punto di vista normativo la gestione degli EA nell'ambito di questo modello organizzativo può avvenire sulla base del DM 7 aprile 2006. Laddove si preveda una commercializzazione finale del sottoprodotto ottenuto si dovrà fare riferimento alla normativa sui fertilizzanti (D.Lgs. 75/2010 e Reg. (CE) 1069/2009), oppure a quella sui rifiuti in caso si segua la via di depurazione-smaltimento (D.Lgs. 152/2006).

Punti di forza	Punti di debolezza
• Possibilità di valorizzazione energetica degli EA • Possibilità di valorizzazione agronomica degli EA sia nelle aziende degli allevatori che in aziende terze • Autonomia degli allevatori da imprese che si occupano del trattamento degli EA	• Forte esigenza di una propensione associativa da parte degli allevatori • Esigenza di una cultura imprenditoriale mutuata dal settore industriale per la realizzazione e gestione degli impianti più complessi • Possibile necessità di un impegno patrimoniale da parte dei soggetti coinvolti
Opportunità	**Minacce**
• Integrazione dei redditi agricoli attraverso la gestione diretta dell'eventuale valorizzazione energetica degli EA	• Possibili conflitti tra impiego degli EA orientato alla valorizzazione energetica o alla valorizzazione agronomica

Considerazioni finali

Lo sviluppo di questo modello organizzativo presuppone una rilevante propensione associativa e agli investimenti da parte degli allevatori; ciò a fronte della presenza di sufficienti margini di convenienza connessi alla trasformazione degli EA finalizzata alla produzione energetica o di prodotti fertilizzanti. Tra le diverse soluzioni tecnologiche adottabili, l'attuale regime di incentivazione della produzione di energia elettrica da biomasse fa si che le esperienze in atto siano concentrate nella digestione anaerobica. Le realizzazioni in atto che rientrano in questo modello consortile sono accomunate da percorsi di condivisione associativa che negli anni hanno saputo consolidare tra i soci uno spirito adatto a renderli capaci di aderire a scelte comuni, anche quando implicano un notevole impegno individuale.

2 SCHEMA DI FILIERA INTEGRATA

Schede descrittive di tecnologie e processi tecnologici

Lo "schema di filiera integrata" intende schematizzare il flusso degli effluenti di allevamento (EA) e di eventuali altre matrici con cui possono entrare in co-digestione, attraverso la rappresentazione delle fasi tecnologiche che compongono i principali processi di trattamento attualmente utilizzati e rivolti principalmente alla gestione dell'azoto in essi contenuto. Si tratta di uno schema a blocchi caratterizzato da diversi colori.

• Matrici in ingresso ai trattamenti

Sono stati presi in considerazione i reflui zootecnici solidi e liquidi e le biomasse vegetali dedicate. Si tratta degli input ai processi di trattamento contemplati dal Programma Straordinario Nitrati della Regione Veneto, a cui si possono aggiungere i sottoprodotti agro-industriali, previa autorizzazione da parte degli organismi preposti. Tali matrici possono seguire processi di trattamento primari, secondari e terziari differenti.

• Processi di trattamento

Possono essere adottate differenti linee tecnologiche di trattamento, innanzitutto in base allo stato fisico solido o liquido delle matrici di partenza, conseguenti all'assetto aziendale di riferimento (categoria allevata e tipologia di stabulazione) o del prodotto finale che si intende ottenere. I box evidenziati in giallo indicano i processi tecnologici, mentre gli altri i prodotti intermedi o finali.

• Destinazioni finali

Nella filiera ci si può orientare verso la destinazione agronomica diretta dell'effluente nella misura utilizzabile sulla SAU condotta dall'azienda o verso la cessione extra-aziendale della frazione solida. Infine si possono collocare sul mercato dei fertilizzanti i prodotti in grado di soddisfare le norme che regolano il settore.

In sintesi, lo schema descrive i percorsi tecnologici che gli EA possono compiere, integrandosi o meno a processi di valorizzazione energetica e dando luogo a prodotti che, in base al loro contenuto di azoto, si prestano a diverse destinazioni finali: destinazione agronomica e produzione di fertilizzanti attraverso trattamenti conservativi, produzione di frazioni a ridotto contenuto di azoto attraverso trattamenti riduttivi.

Nei seguenti capitoli si ha una rassegna delle principali soluzioni tecnologiche presenti sul mercato rivolte al trattamento degli eccessi azotati presenti negli effluenti di allevamento e nei digestati.

Le tecnologie vengono presentate sotto forma di schede riassuntive raggruppate in quattro diverse categorie in base alle seguenti tipologie di processo:

- **Processi di valorizzazione energetica**
- **Processi fisici**
- **Processi biologici**
- **Trattamenti terziari di affinamento con sistemi naturali**

Le schede comprendono le seguenti sezioni informative.

Descrizione del trattamento. Inquadramento generale della tecnologia, ottenuta utilizzando le fonti bibliografiche, evidenziando le specifiche tecniche, le matrici in ingresso e l'efficienza del sistema.

Riduzione di azoto. Indicazione percentuale del range di valori su cui si attestano le prestazioni del sistema in termini di riduzione di azoto e di fosforo, rispetto al totale in ingresso.

Attuale ambito di applicazione e Grado di Sviluppo. Descrizione dell'ambito operativo in cui la soluzione tecnologica trova i suoi principali impieghi e finalità di utilizzo e specifica del livello di sviluppo e affidabilità raggiunti nel settore zootecnico connesso al trattamento degli effluenti di allevamento e digestati a valle di processi di valorizzazione energetica.

Prodotti Finali e Destinazione prodotti finali. Indicazioni quantitative e qualitative sulle diverse matrici in uscita dal trattamento tecnologico analizzato con specifica delle possibili destinazioni per ciascuna frazione individuata, in base alle scelte aziendali ed alla normativa vigente.

Costi di investimento e gestione. Presentazione schematica in una tabella divisa in due parti. Nella prima sezione è riportata una forbice di prezzi di investimento, seguita da una rassegna dei fattori che maggiormente influenzano tali costi, secondo un principio di rilevanza, dal più incisivo in rosso, al meno significativo in giallo. Il gruppo di esperti impegnati nel Progetto ha provveduto a stimare e valutare tali indicazioni sulla base delle esperienze monitorate e dello stato dell'arte del settore dedotto da approfondite analisi di mercato. Nella seconda parte della tabella si evidenziano i costi di gestione della tecnologia (esclusi i costi di ammortamento), riportati all'unità di matrice trattata: il costo per volume trattato è rappresentato graficamente

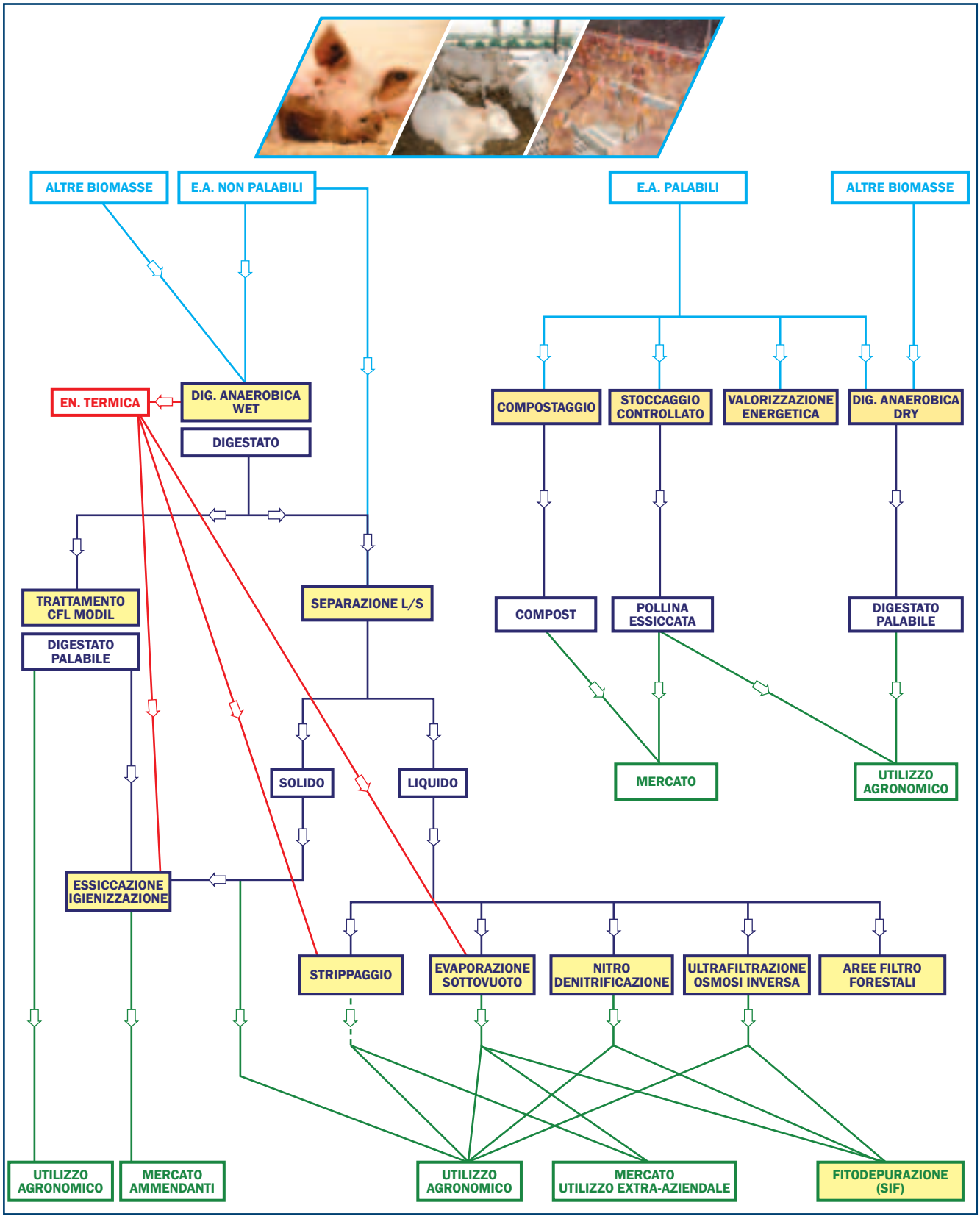
con un istogramma che si presta facilmente ad un'immediata lettura anche di confronto tra diverse soluzioni tecnologiche. La parte rossa dell'istogramma individua l'intervallo di costi di gestione del trattamento in esame.

Schema grafico. Illustrazione della filiera tecnologica e dei possibili percorsi integrati in cui si inserisce la tecnologia analizzata.

Punti di forza e Punti di debolezza. Sintesi delle peculiarità positive e negative della tecnologia per una prima valutazione tecnico-gestionale da parte dell'imprenditore agricolo.

Considerazioni Finali. Sintesi degli aspetti peculiari della tecnologia e dell'impatto di questa sulle scelte gestionali dell'azienda.

Schema di filiera integrata



3 PROCESSI DI VALORIZZAZIONE ENERGETICA

Le biomasse di origine agricola ed in particolare le colture energetiche e gli effluenti di allevamento (EA), ricchi di sostanza organica, possono essere sfruttati a scopi energetici: impiegati nella combustione diretta oppure avviati alla Digestione Anaerobica (DA) per la produzione di biogas, utilizzabile tal quale per la produzione di energia elettrica e termica mediante co-generazione o come metano, anche da autotrazione, dopo depurazione.

Indice

- 3.1 Digestione anaerobica ..... pag. 17
- 3.2 Termovalorizzazione delle deiezioni avicole ..... pag. 20

3.1 Digestione anaerobica

Descrizione trattamento

Il processo di digestione anaerobica (DA) è un trattamento biologico a carico della biomassa organica che avviene in condizioni di assenza di ossigeno. Ha una duplice funzione, stabilizzare la parte degradabile della matrice in ingresso e valorizzare il potenziale energetico in essa racchiuso. In condizioni di processo specifiche, per mezzo di flora batterica, riduce la frazione volatile e il contenuto di carbonio trasformati in gas.

Il prodotto di questa fermentazione microbica è il biogas, costituito principalmente da metano (CH_4) per il 50-80%, anidride carbonica (CO_2) per il 20-40%, vapore acqueo e altri gas in concentrazioni minori, tra cui l'acido solfidrico (H_2S). Il processo di trasformazione dei substrati organici complessi in metano avviene in tre differenti fasi. Nella prima, di idrolisi e acidificazione, avviene la degradazione dei substrati organici complessi particolati o solubili (proteine, grassi e carboidrati), con formazione di acidi grassi volatili, chetoni ed alcoli. Nella seconda fase, l'acetogenesi, dagli acidi grassi si ha la formazione di acido acetico, acido formico, biossido di carbonio ed idrogeno molecolare. Nella terza fase, di metanizzazione, ha luogo la formazione di metano dall'acido acetico o attraverso la riduzione del biossido di carbonio utilizzando l'idrogeno come co-substrato.

La DA può essere realizzata seguendo diverse soluzioni impiantistiche, provvedendo alla copertura delle vasche di raccolta degli effluenti (semplificata) o condotta in appositi reattori (digestori) in cui si ricerca l'ottimizzazione delle condizioni di processo e, tra queste, la velocità delle reazioni biochimiche attuate. Quest'ultima dipende strettamente dalla temperatura, per cui l'attuale tecnica impiantistica tende a privilegiare le condizioni mesofile (30-45 °C) o termofile (50-60 °C) rispetto a processi che avvengono a temperature minori.

Negli ultimi anni si sta sviluppando il processo di DA a secco, con impianti tecnologici che derivano dal trattamento della FORSU. Con tale tecnica le matrici in ingresso al trattamento sono palabili con un contenuto in solidi totali compreso tra il 20 e il 50%. I digestori sono costituiti da celle rettangolari modulari a tenuta d'aria, chiuse ermeticamente e caricate con mezzi meccanici in maniera discontinua ("batch"). Il percolato prodotto viene captato e poi re-immesso sul materiale sottoposto a digestione anaerobica che in questo modo viene inumidito. La temperatura di processo è pari a circa 37 °C. La peculiarità di questo trattamento è l'ottenimento di un prodotto palabile. I livelli di produzione di biogas sono paragonabili alla DA tradizionale "wet".

Riduzione Azoto

Questo trattamento biologico non permette una riduzione dei quantitativi di azoto presenti negli effluenti avviati al trattamento. Principalmente la DA ha come effetto, frutto delle complesse bio-trasformazioni che avvengono durante il processo, quello di modificare la qualità dell'azoto in input. Infatti, si ha una trasformazione dell'azoto organico in forma ammoniacale in quote comprese dal 60-80%.

Nonostante non sia un processo rivolto al trattamento dell'azoto, la DA si è diffusa nel settore agro-zootecnico perché è in grado, con impianti adeguatamente progettati, dimensionati e gestiti, di produrre energia elettrica e termica, che può essere riutilizzata a valle in processi secondari di rimozione o concentrazione dell'azoto. Visto l'elevato livello di incentivazione di cui gode la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, i profitti ottenuti dalla cessione in rete possono compensare i costi dei trattamenti di abbattimento degli eccessi di azoto.

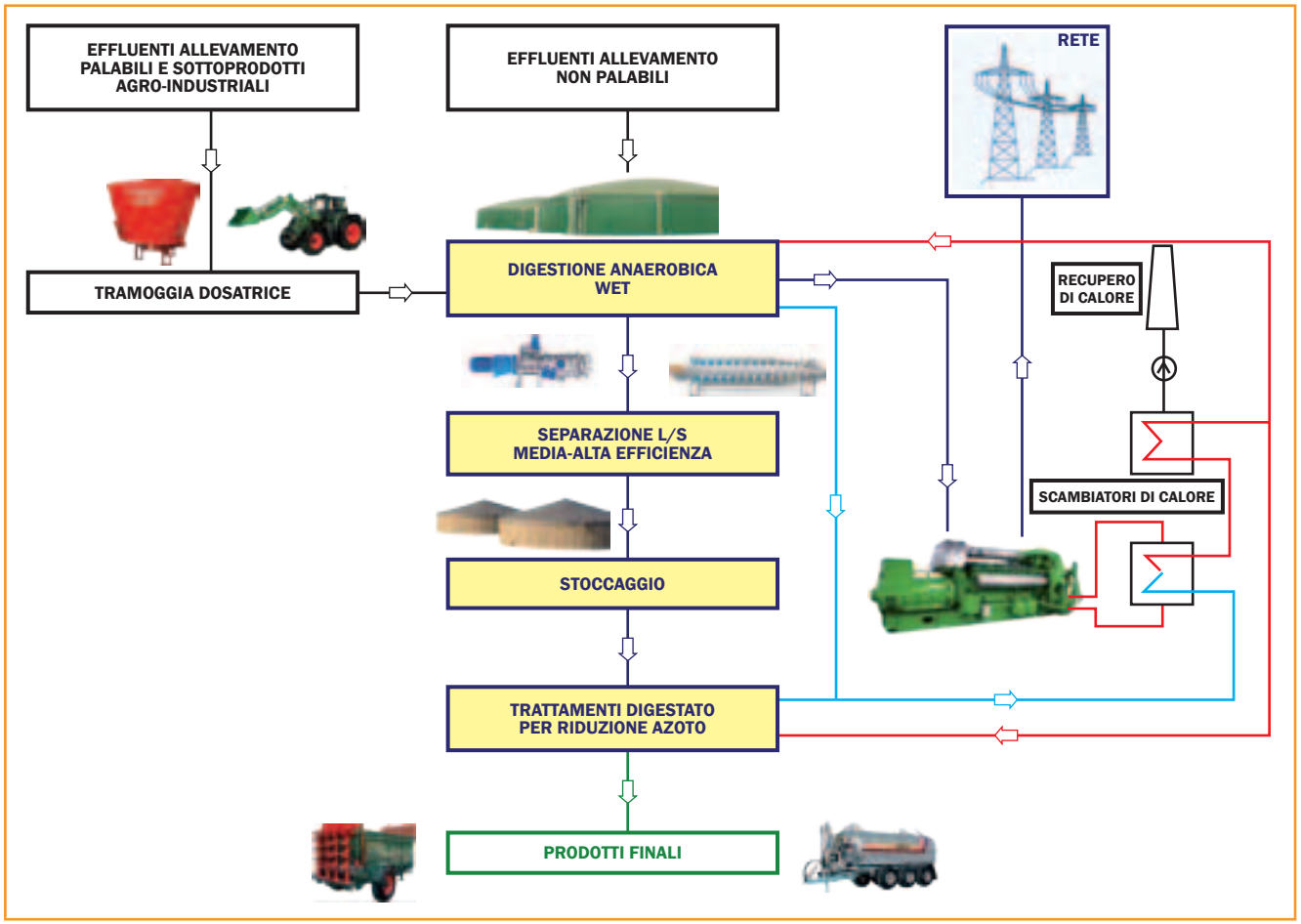
Costi di investimento e gestione

I costi di realizzazione dipendono dal tipo di impianto e processo adottato, nonché dalla dimensione, dato il diminuire del costo per kW all'aumentare della potenza installata, per effetto delle economie di scala. Il costo di gestione dipende dalla tipologia delle matrici impiegate e da eventuali impianti di trattamento del digestato. Indicativamente in base alla taglia di potenza installata si hanno costi compresi nei seguenti intervalli:

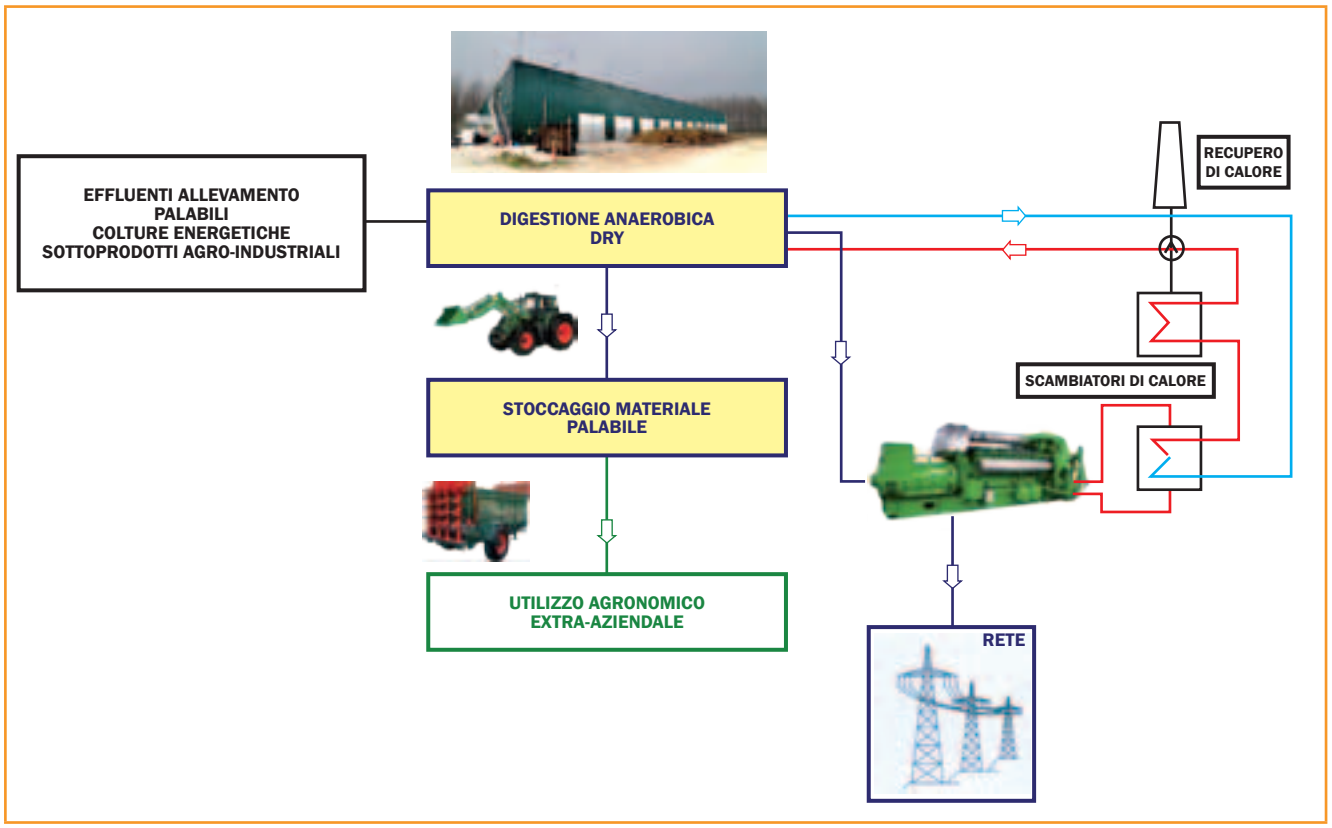
- 5-7 mila €/kW fino a 250 kW
- 4-5 mila €/kW tra 250 e 500 kW
- 3-4 mila €/kW oltre 500 kW

I costi di gestione di un impianto di DA, oltre che dipendere dalla soluzione tecnologica adottata, aumentano in relazione alla quota di biomassa acquisita fuori dall'azienda. Incide, inoltre, in entità non trascurabile, l'assistenza tecnica al processo biologico e alle opere elettromeccaniche. Per quanto riguarda la DA a secco si hanno costi di realizzazione superiori rispetto alla DA tradizionale a parità di potenza; ciò è legato principalmente alle maggiori opere fisse necessarie. I costi di gestione risultano onerosi principalmente in termini di operazioni di carico e scarico delle matrici in entrata e dei prodotti finali.

Schema grafico: DA tradizionale “wet”



Schema grafico: DA “dry”



Attuale ambito di applicazione

La DA è diffusa nel settore agricolo per il trattamento di reflui zootecnici, residui colturali, colture energetiche dedicate.
Nel settore agro-industriale è utilizzata per valorizzare gli scarti di macellazione, sottoprodotti orto-frutticoli, fanghi e reflui dell'industria enologica. Nell'ambito civile è impiegata per il trattamento di fanghi ottenuti dalla depurazione e delle frazioni organiche di rifiuti solidi urbani (FORSU).

Grado di sviluppo

Il forte sviluppo che ha caratterizzato il settore del biogas si è avuto essenzialmente in ambito agricolo. Questo è correlato allo sviluppo della co-digestione mediante il ricorso a colture energetiche dedicate e all'adozione di tecnologie impiantistiche sul modello di sistemi sviluppatosi soprattutto in Germania, Austria e Svizzera.

Prodotti finali

Il prodotto finale del processo di DA è costituito dal digestato. La sua connotazione giuridica dipende dalla qualità delle biomasse trattate nell'impianto a biogas e dalla sua destinazione. Nel caso dell'utilizzo di EA o di colture energetiche dedicate, la Direttiva Nitrati ne consente la destinazione agronomica su terreni gestiti dal titolare dell'impianto considerando il carico di azoto da EA ai fini della Direttiva e l'azoto da biomasse vegetali come azoto chimico.

Destinazione prodotti finali

La normale destinazione del digestato è l'utilizzazione agronomica, ove esista la disponibilità di superfici per il suo spandimento, da definire sulla base del carico di azoto massimo applicabile. In alternativa esiste la possibilità di utilizzarlo nella produzione industriale di fertilizzanti o di depurarlo.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Produzione di energia elettrica e termica • Stabilizzazione della sostanza organica • Riduzione degli odori • Inattivazione dei semi di infestanti • Utilizzazione dell'energia termica in processi per la gestione dell'azoto contenuto nel digestato (essiccazione, strippaggio) • Possibile creazione di reti di teleriscaldamento civile e impianti produttivi • Possibile realizzazione di iniziative associative volte a sfruttare le economie di scala nell'utilizzo congiunto delle risorse	• Alti costi di investimento • Mancata riduzione del tenore di azoto • Complessità normativa ed autorizzativa di riferimento • Possibili reazioni sociali legate agli impatti ambientali dell'impianto, riconducibili all'aumento di traffico veicolare • Possibili effetti locali distorsivi sul mercato degli affitti fondiari per la distribuzione e delle energy crops per gli impianti di co-digestione con biomasse vegetali

Considerazioni finali

La DA evidenzia caratteri di interesse economico, soprattutto alla luce degli elevati tassi di rendimento degli investimenti, determinati principalmente dal livello di incentivazione a cui è sottoposto per effetto delle politiche ambientali. Nella gestione degli EA non rappresenta tuttavia una soluzione tecnologica in grado di risolvere il problema delle eccedenze di azoto. Rappresenta comunque una soluzione che può essere combinata con processi secondari di trattamento, che richiedono una fonte di energia termica spesso attualmente dissipata, rivolti a distruggere o valorizzare la parte azotata. In tal caso è opportuno verificare il bilancio energetico dell'intero processo di trattamento ed il conto economico complessivo dell'investimento, riferito allo specifico assetto aziendale, valutando se l'eventuale costo di trattamento dell'azoto è sostenuto dalla produzione e vendita di energia.
Si tratta di una tecnologia che richiede elevata capacità gestionale: può essere utilmente applicata in un modello comprensoriale-associativo in grado di sfruttare meglio le economie di scala e ripartire il rischio e l'esposizione finanziaria.

3.2 Termovalorizzazione delle deiezioni avicole

Descrizione trattamento

La combustione diretta è un processo di ossidazione ad alta temperatura (> 850 °C) in cui la frazione combustibile del materiale reagisce stechiometricamente con l'ossigeno atmosferico trasformandosi in anidride carbonica e acqua. Nella realtà tale combustione non è mai completa (anche operando con un adeguato eccesso di ossigeno), per cui rimane sempre una certa quota di incombusto o di prodotti intermedi, che, a seconda del loro stato, potranno essere raccolti con le ceneri o allontanarsi con i fumi.

Gli attuali impianti di combustione alimentati con lettiere avicole (da sole o in miscela con matrici legnose) utilizzano caldaie con forno a griglia mobile, un sistema che, abbinato ad altri dispositivi (fornitura differenziata dell'aria di combustione, geometria e isolamento del forno, *etc*) garantisce migliori risultati in termini di combustione del materiale introdotto e di modulazione della potenza.

Affinchè il processo si autoalimenti è necessario che il materiale in ingresso (in questo caso la lettiera avicola) abbia un Potere Calorifico Inferiore (PCI) di almeno 2,3 kWh/kg (2.000 kcal/kg) e un'umidità non superiore al 40%.

Soprattutto in presenza di lettiera umida, l'avviamento della caldaia deve avvenire con legno, utilizzando un bruciatore ausiliario (ad esempio a gasolio), che viene spento non appena la temperatura di combustione giunge a regime.

Completano l'impianto il sistema di abbattimento dei fumi, il sistema di raccolta e allontanamento delle ceneri e quello di recupero energetico.

Il sistema di abbattimento dei fumi ha subito le più profonde modificazioni negli ultimi vent'anni al fine di adeguarsi alle sempre più restrittive norme sulle emissioni in atmosfera degli impianti di combustione. Il sistema agisce sia sul particolato (ceneri sottili), in genere utilizzando sistemi di filtrazione meccanica o gravitazionali (filtri in tessuto, cicloni), che su composti chimici (NOx, *etc*) utilizzando specifici reagenti. Per ridurre gli ossidi di azoto nei fumi di combustione si opera iniettando nella camera secondaria un agente neutralizzante come l'urea. La reazione, che avviene a temperature comprese tra 850 e 1.050 °C, trasforma gli ossidi di azoto in azoto molecolare e acqua.

Dalla combustione e dal trattamento dei fumi si ottengono due tipologie di ceneri: a) quelle grossolane che si raccolgono sul fondo della camera di combustione (ceneri di sottogriglia), che vengono allontanate in continuo mediante sistemi meccanici (a raschiamento), accumulate in appositi contenitori e utilizzabili anche per fini agronomici in virtù del loro contenuto in elementi nutritivi (eccetto l'azoto); b) quelle leggere, provenienti dai sistemi di depolverazione, raccolte a parte e destinate alla discarica in quanto contenenti elementi tossici per la salute dell'uomo. In termini ponderali le ceneri di sottogriglia rappresentano circa l'80% del totale.

Ciò che distingue l'incenerimento dalla termovalorizzazione è rappresentato dal recupero di quanta più energia termica possibile dalla combustione. Recupero energetico che può dar luogo alla sola produzione di acqua calda, oppure alimentare un sistema co-generativo con produzione di acqua calda ed energia elettrica utilizzando turbine.

La scelta tra l'una o l'altra forma dipende in genere dal quantitativo di materiale disponibile, con soluzioni che possono coinvolgere uno o più allevamenti tra di loro variamente associati.

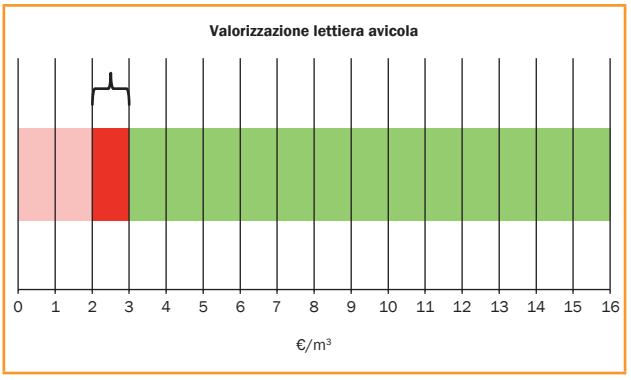
La diffusione di questa tecnologia, soprattutto per gli impianti di medio-grandi dimensioni, è stata in ogni caso sino a questo momento fortemente rallentata dalla scarsa accettazione da parte dell'opinione pubblica, preoccupata per le conseguenze di tipo ambientale e sanitario derivanti dalle emissioni in atmosfera.

Riduzione Azoto

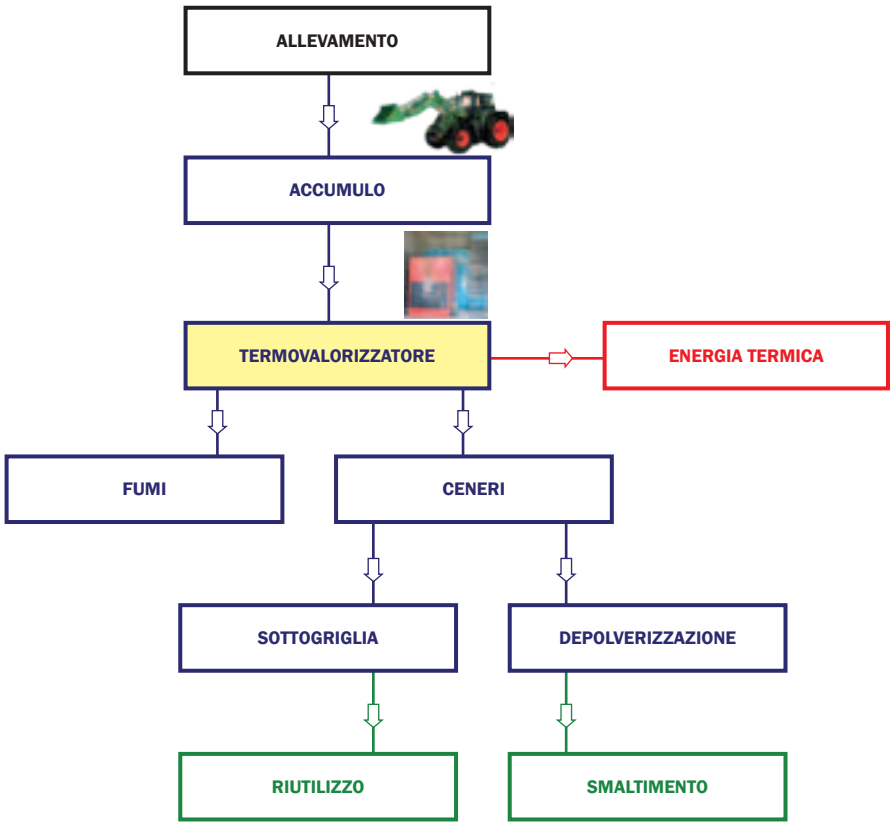
Si tratta di un trattamento distruttivo nei confronti dell'azoto (oltre che della sostanza organica), che, da organico e ammoniacale, le forme in cui è presente nel materiale di partenza, viene ossidato e trasformato in azoto molecolare gassoso, gas inerte in atmosfera.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
350-400.000 € per un impianto da 850-1.000 kWt
• Tecnologia abbattimento fumi
• Complessità del sistema di abbattimento fumi
Costi di gestione
Da 2 a 3 €/m^3
• Complessità impianto di depolverizzazione
• Smaltimento/utilizzo ceneri
• Eventuale integrazione di biomassa



Schema grafico



Attuale ambito di applicazione

La termovalorizzazione è una pratica largamente usata in tutti quei comparti del settore agricolo ed agro-industriale in cui siano disponibili residui ligno-cellulosici con caratteristiche compatibili per una loro corretta combustione.
Nel settore zootecnico è una soluzione da anni collaudata dal punto di vista sia tecnico che commerciale nel trattamento delle lettiere di avicoli da carne.

Grado di sviluppo

La tecnologia ha raggiunto ormai da anni la maturità commerciale.

Prodotti finali

Prodotto di scarto della combustione sono le ceneri, ossia la frazione incombustibile del materiale di partenza, che costituisce, nel caso delle lettiere avicole, il 10-15% in peso del materiale di partenza.
Dalla combustione si genera calore che può essere recuperato e impiegato per il riscaldamento dei ricoveri degli animali e delle utenze aziendali, con un risparmio sul consumo di gas di rete e, se la taglia dell'impianto lo permette, anche per la produzione di energia elettrica che usufruisce dei contributi previsti per gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

Destinazione prodotti finali

Escludendo i fumi, dalla combustione si ottengono: energia elettrica e/o termica, quest'ultima utilizzabile sotto forma di acqua calda per il riscaldamento di edifici (di allevamento o ad uso abitativo), ceneri di sottogriglia e ceneri di depolverazione.
Le ceneri di sottogriglia, in virtù del loro contenuto in calcio, fosforo e potassio (che ne rappresentano circa il 60% in peso) possono essere utilizzate in agricoltura come fertilizzante fosfo-potassico, nel rispetto della normativa che regola l'impiego agronomico delle ceneri da biomassa.
Le ceneri di depolverazione, contenendo buona parte dei metalli pesanti presenti nel materiale di partenza, devono essere smaltite in discarica o cedute ai cementifici.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Consente di ridurre dell'80% circa il volume delle lettiere esauste e la totalità dell'azoto in esse contenuto, risolvendo buona parte del problema connesso all'utilizzo agronomico e al rispetto dei limiti di distribuzione dell'azoto imposti dalla Direttiva Nitrati (170 o 340 kg N/ha/anno) • Consente di utilizzare l'energia termica prodotta per il riscaldamento dei ricoveri di allevamento, consentendo un risparmio sulle spese di gestione • Permette il risparmio energetico senza il bisogno di particolari incentivi per l'energia rinnovabile	• Soluzione che pone delle difficoltà connesse alla non elevata accettazione da parte dell'opinione pubblica • Necessità di operare a ciclo continuo per essere a norma con le emissioni • Mancanza di una definizione univoca, a livello nazionale, della normativa legata all'impiego delle ceneri, a sua volta collegata a quello delle deiezioni avicole in combustione

Considerazioni finali

Nell'ambito delle tecnologie di tipo riduttivo la combustione diretta rappresenta senza dubbio il sistema più efficace e drastico nel trattamento di effluenti allo stato solido e a medio-basso contenuto di umidità, quali sono le lettiere avicole. Essa infatti, qualora opportunamente condotta, permette di eliminare l'azoto presente in questi prodotti, trasformandolo in N_2 che si allontana con i fumi. Il residuo della combustione è rappresentato dalle ceneri, corrispondenti al 10-20% della massa di partenza, in buona parte potenzialmente riutilizzabili come fertilizzanti PK.
Nonostante queste premesse, la diffusione di questo trattamento è ad oggi limitata a causa della sua scarsa accettazione da parte dell'opinione pubblica che teme per la nocività dei fumi emessi dal camino. In tal senso le realizzazioni che possono avere maggior successo sono quelle di piccola-media potenza, indicativamente fino a 1 MWt per impianti che producono energia termica e fino a 200 kWe per quelli operanti per la produzione di energia elettrica (soglia che consente di seguire il procedimento autorizzativo più semplice della Dichiarazione Inizio Attività – DIA – anziché quello più complesso dell'Autorizzazione Unica). Il controllo delle emissioni dipende, oltre che dalla presenza di un efficiente ed aggiornabile sistema di abbattimento dei fumi, anche dalla possibilità di garantire il funzionamento a regime continuo della caldaia, condizione che consente di operare con temperature di combustione tali da escludere la produzione di composti di difficile controllo da parte del sistema di abbattimento fumi.

4 PROCESSI FISICI

I processi fisici adottati per il trattamento degli EA sono generalmente finalizzati alla separazione della frazione liquida da quella solida, per una loro migliore gestione sia per il trasporto (frazione palabile), sia per lo stoccaggio o i trattamenti (frazione chiarificata). In alcuni casi (estrusione), sono finalizzati alla trasformazione della loro consistenza e forma fisica. Nel contesto dei processi tecnologici tali trattamenti possono inserirsi in livelli sequenziali successivi. I processi di separazione si distinguono in trattamenti a bassa efficienza (vagli statici, rotativi, vibranti – utilizzati principalmente nei processi depurativi per la rimozione dei solidi grossolani), a media efficienza (separatori a cilindro rotante con rulli di compressione e a compressione elicoidale – utilizzati per i trattamenti che richiedono un livello di separazione più efficiente rispetto ai separatori a bassa efficienza) e processi di separazione ad alta efficienza (separatori centrifughi e nastro-filtropresse, adottati i primi generalmente a monte dei processi depurativi e i secondi a valle, per la disidratazione dei fanghi). Tra i processi di separazione liquido/solido si possono inserire anche i sedimentatori ed i flottatori, che sfruttano la capacità di sedimentazione o di affioramento della biomassa in sospensione e che generalmente sono riferibili ai processi depurativi.
I processi di essiccazione ed evaporazione sotto-vuoto agiscono utilizzando una fonte di calore per far evaporare l'acqua contenuta negli EA.
Lo strippaggio sfrutta l'effetto della modificazione del pH e/o della temperatura sulla solubilità dell'ammoniaca contenuta nell'EA per favorirne la volatilizzazione.

Indice

- 4.1 Separazione a bassa efficienza ..... pag. 25
- 4.2 Separazione ad alta efficienza ..... » 27
- 4.3 Ultrafiltrazione e Osmosi inversa ..... » 29
- 4.4 Essiccazione/Disidratazione ..... » 31
- 4.5 Trattamento combinato di Estrusione ed Essiccazione ..... » 33
- 4.6 Strippaggio ..... » 35
- 4.7 Evaporazione sottovuoto ..... » 37

4.1 Separazione a bassa efficienza

Descrizione trattamento

Per migliorare la gestione agronomica dei reflui zootecnici è possibile eseguire un trattamento di separazione liquido/solido (L/S) di tipo meccanico. Ciò permette di dividere le frazioni minerali e organiche sospese dalla frazione liquida, confinando una parte di azoto nel materiale palabile che, a differenza del liquido, può trovare collocazione extra-aziendale (frutticoltura, orticoltura, floro-vivaismo, compostaggio) per le sue apprezzate proprietà agronomiche. Con riferimento al liquido separato, inoltre, si riducono i problemi nelle vasche di stoccaggio: sedimentazione per i liquami suinicoli e flottazione superficiale per i liquami bovini, oltre che ridurre il volume necessario per le vasche.
La tecnologia è utilizzata per la gestione dei liquami zootecnici e del digestato con un contenuto in sostanza secca compreso tra 1 e 12%. Vengono generalmente denominati "vagli" quelli operanti senza compressione: vagli statici, vagli rotativi (o rotovagli), vagli vibranti (o vibrovagli); vengono denominati "separatori" quelli che agiscono applicando una compressione: separatori a tamburo rotante e a compressione elicoidale.

Riduzione Azoto

I monitoraggi sono stati eseguiti soprattutto su separatori a compressione elicoidale (oggi i più diffusi sul mercato) di diversa tecnologia e operanti su digestati differenti. Si sono ottenute riduzioni tra il 6 e il 15% dell'input per il flusso di massa, tra l'8 e il 18% per il flusso dell'azoto e tra il 19 e il 44% per il fosforo.
Con un separatore a vaglio rotante con rulli di compressione si è rilevata, partendo da digestato, una separazione di solidi pari all'11% in termini di massa rispetto all'input, al 12% per l'azoto e al 40% del fosforo.

Attuale ambito di applicazione

Si tratta di una tecnologia molto versatile, applicata in vari ambiti. Nel settore industriale ovunque vi sia la necessità di una separazione di diverse componenti o diverse granulometrie, nel trattamento dei rifiuti per separare le diverse frazioni e nel trattamento delle acque e per la loro depurazione, come stadio preliminare a tutte le fasi successive.

Grado di sviluppo

Nel comparto zootecnico la tecnologia ha raggiunto un elevato livello di maturità commerciale; sono di fatto disponibili attrezzature specifiche per il trattamento di effluenti di allevamento non palabili e per il digestato.

Prodotti finali

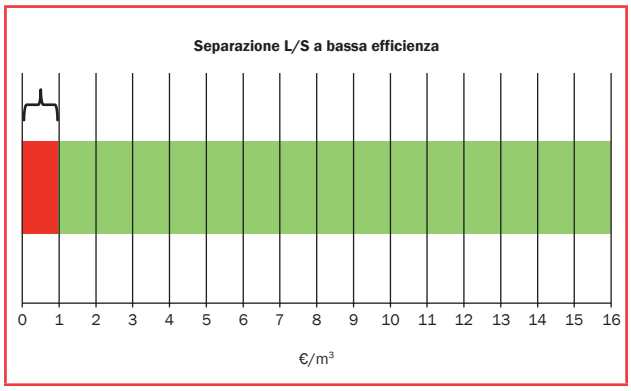
Dalla separazione L/S si ottengono una frazione solida, generalmente con contenuto in sostanza secca del 20-30% ed una frazione liquida chiarificata, con un contenuto in sostanza secca generalmente inferiore al 5%. La composizione delle frazioni solide e liquide separate varia in funzione delle caratteristiche del liquame di partenza.

Destinazione prodotti finali

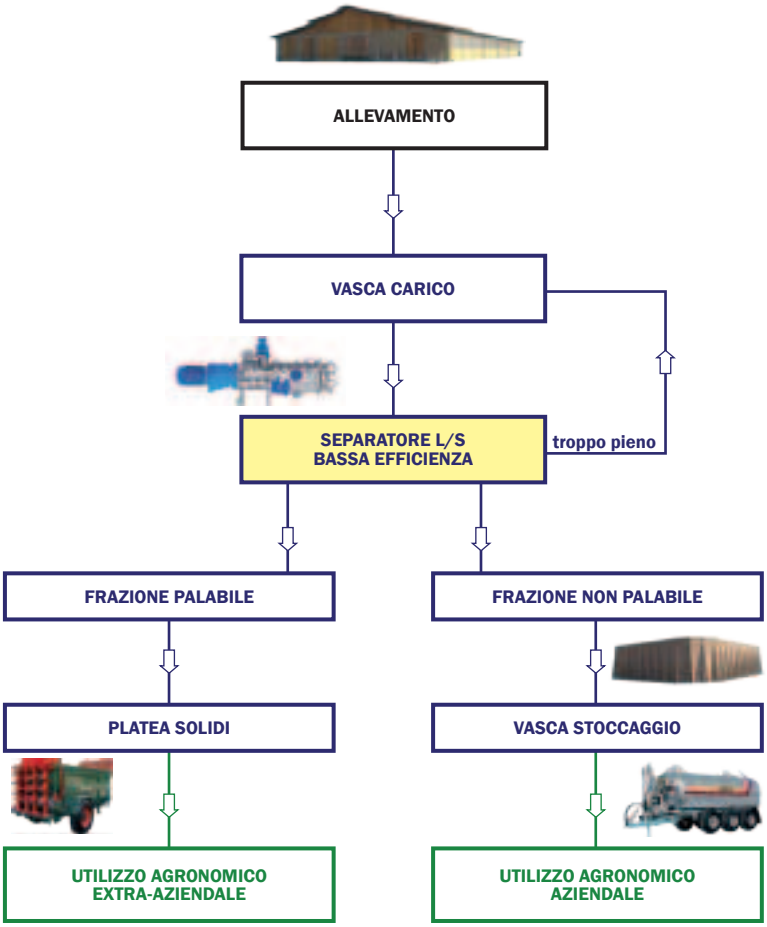
Il separato solido in uscita dal processo può essere trasportato facilmente per un utilizzo extra-aziendale.
Il separato liquido può essere reimpiegato nel ciclo produttivo aziendale (es. fertirrigazione) o avviato ad un trattamento secondario di ulteriore depurazione.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
25-40.000 € per impianto fino a 10 m^3/ora
• Soluzione tecnologica adottata
• Portata oraria
Costi di gestione
Da 0,05 a 1 €/m^3
• Tipologia effluente
• Tenore di secco nel solido separato
• Costo energetico



Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• Riduzione degli effetti negativi connessi alla gestione dell'effluente (flottazione e sedimentazione) • Semplicità gestionale del processo di trattamento • Costi ridotti di investimento e di gestione	• Necessità di una platea, meglio se coperta, per lo stoccaggio della frazione palabile • Pericolo di danneggiamento della tecnologia in presenza di corpi estranei nell'effluente di partenza

Considerazioni finali

Nel trattamento degli EA la separazione L/S costituisce una tecnica semplice ed economica attuabile quale processo preliminare ad altre fasi di trattamento o allo stoccaggio finale; inoltre viene generalmente applicata nel trattamento del digestato a valle della digestione anaerobica. La separazione dei solidi grossolani rende, infatti, possibili, o comunque facilita, successivi trattamenti sia a carico della frazione liquida (tecniche di separazione più spinte come evaporazione sottovuoto, strippaggio, processi biologici) sia della frazione solida (trattamenti di essiccazione e compostaggio).
Il limite di questa tecnologia è dato dalla difficoltà di trasferire nella frazione palabile le particelle solide fini e quote elevate di azoto.

4.2 Separazione ad alta efficienza

Descrizione trattamento

La separazione L/S dei liquami zootecnici e del digestato può essere rivolta alla rimozione delle frazioni solide più grossolane, ma può essere spinta fino alla rimozione dei solidi sospesi con diametro inferiore a 0,1 mm.
La separazione L/S ad alta efficienza può avvenire per azione meccanica (centrifughe, nastro e filtropresse), o attraverso processi gravitazionali (sedimentazione e flottazione).
Nei sistemi meccanici come la centrifuga, la frazione solida rimane all'interno di un tamburo rotante, in genere dalla forma troncoconica, e viene continuamente espulsa dalla coclea interna, mentre la frazione liquida viene convogliata verso un'apposita luce di scarico.
Nelle filtro-nastropresse è la filtrabilità delle tele su cui è trasportato l'effluente che determina il grado di separazione indotto dall'opera di compressione dei rulli.
Con i processi gravitazionali di sedimentazione e flottazione non si ottengono due frazioni distinte solida e liquida, ma due frazioni liquide a diversa concentrazione in sostanza secca: nel sedimentato e flottato non si supera, di norma, il 6% di solidi totali (ST).
L'efficienza della rimozione può essere aumentata utilizzando prodotti coagulanti o flocculanti, che permettono l'aggregazione di piccole particelle in agglomerati di dimensioni maggiori, senza peraltro influire sulla presenza di sostanze disciolte come l'azoto ammoniacale. L'uso di flocculanti può essere adottato anche nei separatori ad azione meccanica.

Riduzione Azoto

Le rese di separazione ottenibili mediante centrifuga variano principalmente in base alle caratteristiche del liquame e alla portata. È possibile separare circa il 10-12% del volume iniziale (con il 50-60% dei solidi totali affluenti), concentrando nella frazione solida il 20-25% di azoto ed il 60-80% del fosforo in input.

Attuale ambito di applicazione

Tecnologie di separazione mediante centrifuga di diversa tipologia e dimensione trovano applicazione in una molteplicità di ambiti, dai settori industriali (ad esempio agroalimentare, chimico, minerario) ai settori di trattamento degli scarichi civili.

Grado di sviluppo

I separatori centrifughi sono oggi da ritenersi affidabili anche per il settore zootecnico, ma il loro utilizzo nell'azienda zootecnica è giustificato solo nel caso di adozione di altri trattamenti a valle.

Prodotti finali

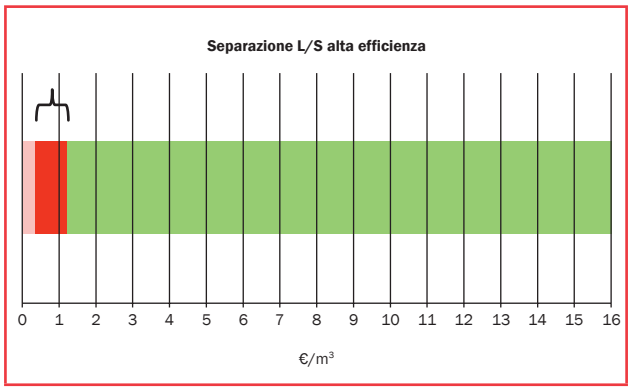
Dal processo di separazione con centrifuga si ottiene una frazione solida palabile generalmente con un contenuto in sostanza secca tra il 20 ed il 30%.

Destinazione prodotti finali

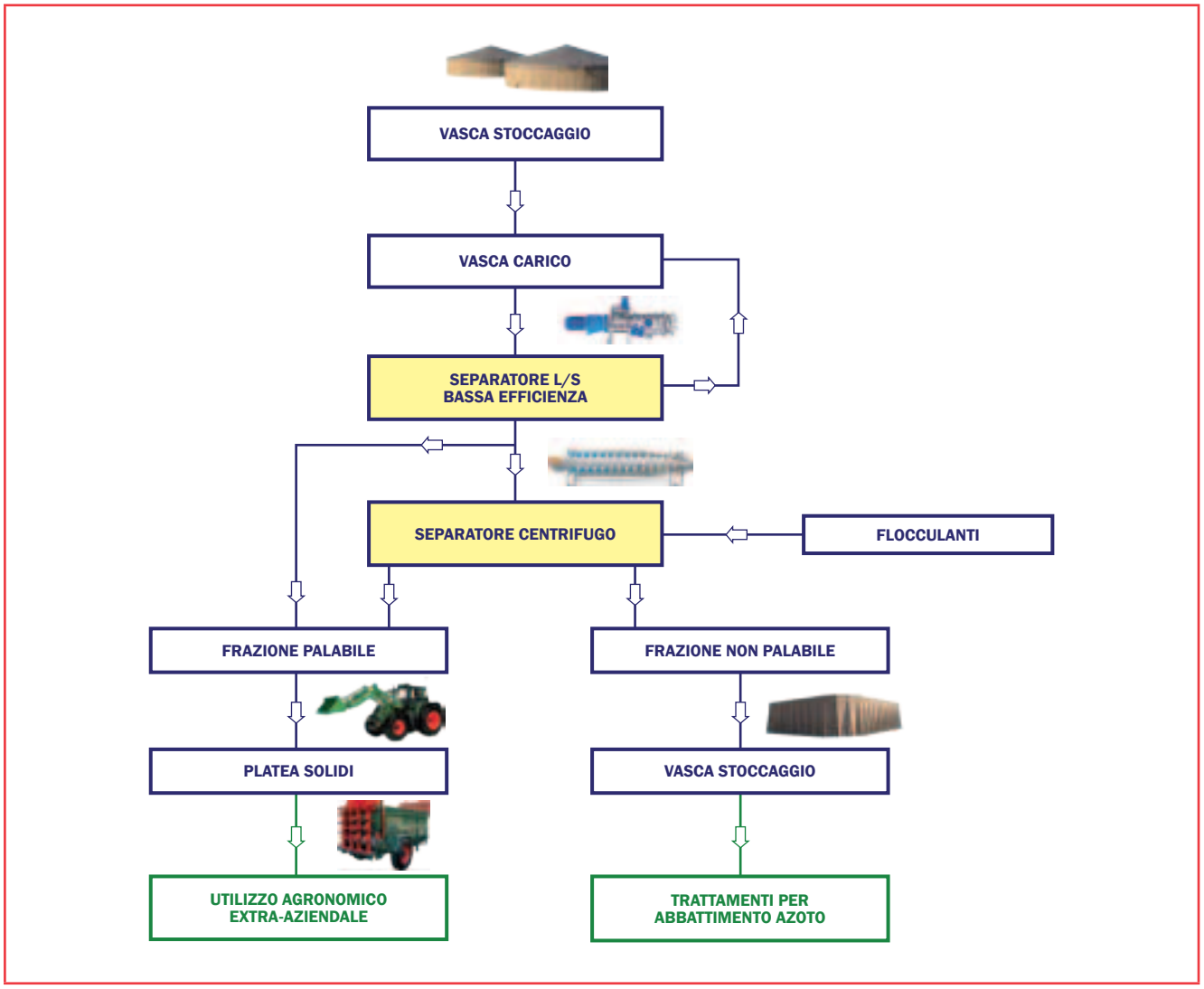
Il separato liquido in uscita dal processo di centrifugazione è generalmente avviato ad un trattamento secondario.
Il separato solido, se eccedente le necessità aziendali, può essere facilmente ceduto per un utilizzo agronomico extraaziendale, oppure avviato a processi di compostaggio. Per quest'ultimo processo va ricordato che la fermentescibilità della frazione palabile è superiore senza l'utilizzo di flocculanti.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
80-150.000 € per impianto fino a 10 m^3/ora
• Soluzione tecnologica adottata
• Portata oraria
• Inserimento sezione di flocculazione
Costi di gestione
Da 0,34 a 1,2 €/m^3
• Eventuale utilizzo di flocculanti
• Costo energetico
• Manutenzione periodica



Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• Gestione dell'effluente facilitata e più agevole • Richiesta di bassi impieghi di manodopera • Prestazioni buone anche in assenza di sostanze floccu-lanti	• Ridotta riduzione dei volumi liquidi • Elevati costi

Considerazioni finali

La separazione L/S ad alta efficienza non costituisce di norma una soluzione per il trattamento degli EA se non nel caso in cui sia richiesto da eventuali trattamenti a valle. Questa tecnologia non modifica il quantitativo di azoto disponibile in azienda, ma produce una frazione solida palabile con caratteristiche gestionali migliori rispetto all'effluente zootec-nico tal quale. Il quantitativo di azoto separato nella frazione solida è direttamente proporzionale all'azoto organico presente, dato che l'azoto ammoniacale viene scarsamente interessato dal processo. Nella frazione palabile separata è presente gran parte del fosforo affluente al separatore.

La frazione liquida ottenuta può essere più facilmente trasferita per pompaggio, crea minori problemi di intasamento, comporta una minore formazione di flottato in superficie e di sedimenti solidi; richiede minore spesa energetica per i trattamenti successivi di aerazione e omogeneizzazione.

4.3 Ultrafiltrazione e Osmosi inversa

Descrizione trattamento

L'ultrafiltrazione (UF) e l'osmosi inversa (OI) sono trattamenti fisico/chimici che si applicano per la separazione ai più elevati livelli di efficienza della frazione chiarificata di reflui zootecnici e del digestato.
Sono processi che di norma operano in serie.
Entrambe le tecnologie si basano sull'applicazione di una differenza di carico idrostatico su membrane semipermeabili che agiscono da barriera selettiva, consentendo il passaggio di determinati componenti del liquido (permeato o filtrato) e trattenendone altri (concentrato o ritentato).
Nell'UF la separazione viene realizzata principalmente per stacciatura, processo con il quale le particelle di dimensioni maggiori a quelle dei pori del mezzo filtrante vengono trattenute meccanicamente. Nell'OI la separazione viene realizzata principalmente per mezzo di un meccanismo di soluzione/diffusione ed esclusione. L'esclusione è il meccanismo con il quale le particelle di piccole dimensioni vengono trattenute a causa della presenza di uno strato liquido adsorbito sulla superficie della "membrana densa". La soluzione/diffusione, invece, è il meccanismo mediante il quale le specie ioniche (come l'ammoniaca) vengono trasportate attraverso la "membrana densa" per diffusione, attraverso i pori delle macromolecole da cui la membrana stessa è costituita.

Riduzione Azoto

Il trattamento di UF trattiene nel concentrato un quantitativo di azoto tra il 45 e il 55% e di fosforo tra l'80 e l'85%.
L'OI, che costituisce generalmente lo stadio finale di una linea di trattamento, consente di raggiungere livelli di rimozione pressoché totale dalla frazione liquida sia dell'azoto che del fosforo.

Attuale ambito di applicazione

Le tecnologie di UF e OI trovano applicazione in diversi settori quali la depurazione avanzata e la dissalazione e potabilizzazione delle acque, la concentrazione e la filtrazione di liquidi nell'industria alimentare e farmaceutica, il trattamento di finissaggio del percolato di discarica.

Grado di sviluppo

Entrambe le tecnologie hanno raggiunto la maturità commerciale. Nel settore zootecnico, a livello europeo, esiste un certo numero di applicazioni a scala reale, soprattutto in Germania, Olanda e Svizzera. Nel contesto italiano la diffusione della tecnologia è ancora limitata a pochi impianti in fase di messa a punto.

Prodotti finali

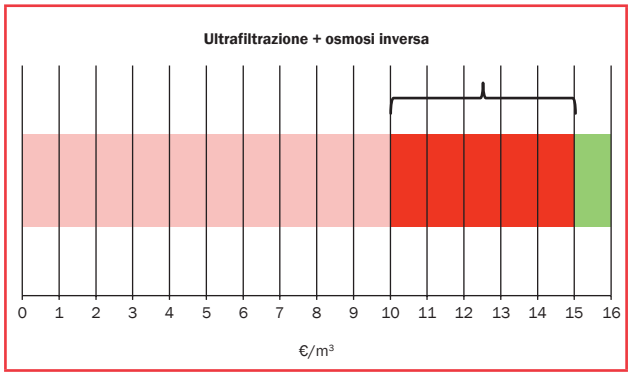
Da entrambi i trattamenti si ottengono due frazioni non palabili. Nell'UF il concentrato, denso, è composto di solidi sospesi, colloidi, microrganismi e macromolecole; nella frazione liquida chiarificata (permeato) rimangono in soluzione acquosa sali e sostanze a basso peso molecolare. Dall'OI si ottiene una frazione liquida molto diluita, contenente concentrazioni molto basse di sostanze disciolte ed una frazione più densa, in cui tendono ad accumularsi sostanze in sospensione ed in soluzione ad elevata concentrazione.

Destinazione prodotti finali

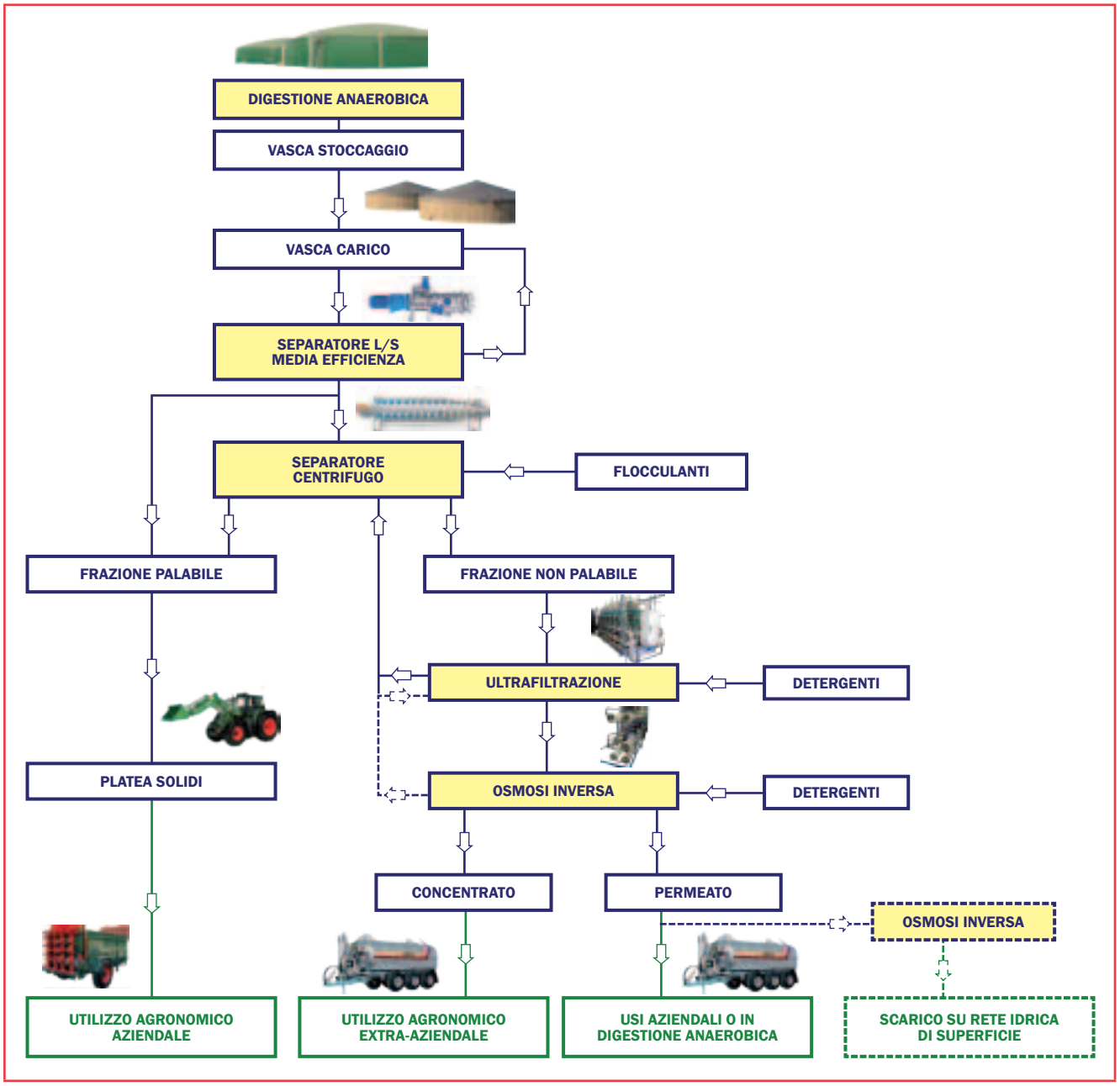
La frazione palabile costituisce un prodotto molto interessante dal punto di vista agronomico dato che in questa è presente la quasi totalità del fosforo e gran parte dell'azoto affluenti all'impianto. Nella frazione palabile confluiscono, infatti, la frazione separata dai due processi in serie di separazione L/S e parte del concentrato della UF (riciclato in centrifuga).
La frazione liquida finale può raggiungere i livelli di depurazione fissati dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. per essere scaricata in acque superficiali o fognatura o, in alternativa, può essere adottato nell'azienda zootecnica come acqua di lavaggio, di irrigazione o per la diluizione delle biomasse destinate all'impianto di digestione anaerobica.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
Da 0,5 a 1,5 milioni € per impianto 80-100 m^3/ora
• Pretrattamenti adottati
• Tipologia di membrane utilizzate
Costi di gestione
Da 10 a 15 €/m^3
• Consumo energetico
• Tempo di vita del modulo filtrante in relazione al suo costo
• Manutenzione e gestione garantita da manodopera specializzata



Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• Alti livelli di trasferimento di azoto e fosforo alla frazione palabile • Riduzione dei volumi dell'EA di partenza da gestire aziendalmente	• Elevati costi di investimento e gestione • Elevati consumi di energia • Complessità impiantistica e tecnologica • Necessità di pretrattamenti spinti • Esigenza di stabilità nelle caratteristiche delle matrici in entrata • Gestione ad opera di personale altamente qualificato

Considerazioni finali

Le tecnologie di UF e OI sono di notevole interesse per gli elevati livelli di abbattimento di azoto e fosforo. Richiedono di essere inserite a valle di sistemi di separazione spinta per evitare l'intasamento delle membrane. Va sottolineata la complessità impiantistica che richiede la presenza di personale qualificato. Gli elevati costi di investimento e gestione di tali tecnologie le rendono maggiormente adatte ad integrazioni di filiera che prevedano la valorizzazione energetica con impianti biogas di grandi dimensioni.

4.4 Essiccazione/Disidratazione

Descrizione trattamento

La tecnologia dell'essiccazione con impianti a sviluppo orizzontale, a due nastri sovrapposti, è utilizzabile per ridurre il contenuto di umidità della frazione solida ottenuta da separazione liquido/solido del digestato e, nell'impianto monitorato, anche del digestato tal quale.
L'essiccazione avviene con processi convettivi ad opera di aria riscaldata con l'energia termica recuperata dal motore e dai fumi del co-generatore.
Nel processo si hanno non trascurabili emissioni di azoto ammoniacale; ciò rende necessario il trattamento dell'aria in uscita dall'impianto con un sistema di abbattimento (*scrubbing*).
Vantaggio principale del processo è la riduzione di massa del materiale affluente al trattamento (del 90% circa rispetto al tal quale), con positivi riflessi ai fini della sua gestione extra-aziendale. Nel processo si ha, peraltro, una perdita netta di azoto per la quota che viene liberata in atmosfera e non recuperata nel solfato d'ammonio che si forma nel trattamento dell'aria con acido solforico nello scrubber.

Riduzione Azoto

In un impianto di digestione anaerobica l'energia termica messa a disposizione dal co-generatore permette di essicare circa il 50% del digestato prodotto dall'impianto. Della frazione di azoto corrispondente trattata il 19% rimane nel solido essiccato, il 15% confluisce nel solfato d'ammonio ottenuto dal processo di scrubbing e la parte restante viene immessa in atmosfera.

Attuale ambito di applicazione

Le applicazioni dei processi termici, con impianti di diversa tipologia e dimensione, sono numerose; sono presenti, ad esempio nella gestione dei rifiuti, come pure nel pretrattamento delle biomasse destinate alla combustione.

Grado di sviluppo

La tecnologia è ad un livello di maturità commerciale, in particolare per quanto riguarda gli impianti di disidratazione della pollina. Tecnologicamente mature sono anche le applicazioni per il trattamento del digestato.

Prodotti finali

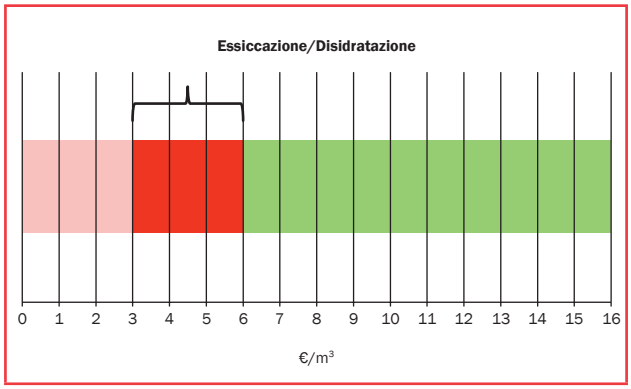
Dal processo si ottiene un materiale solido essiccato ad alto contenuto di sostanza secca, con caratteristiche organolettiche migliori dell'input. Dal trattamento dei volumi d'aria si ottiene solfato d'ammonio.

Destinazione prodotti finali

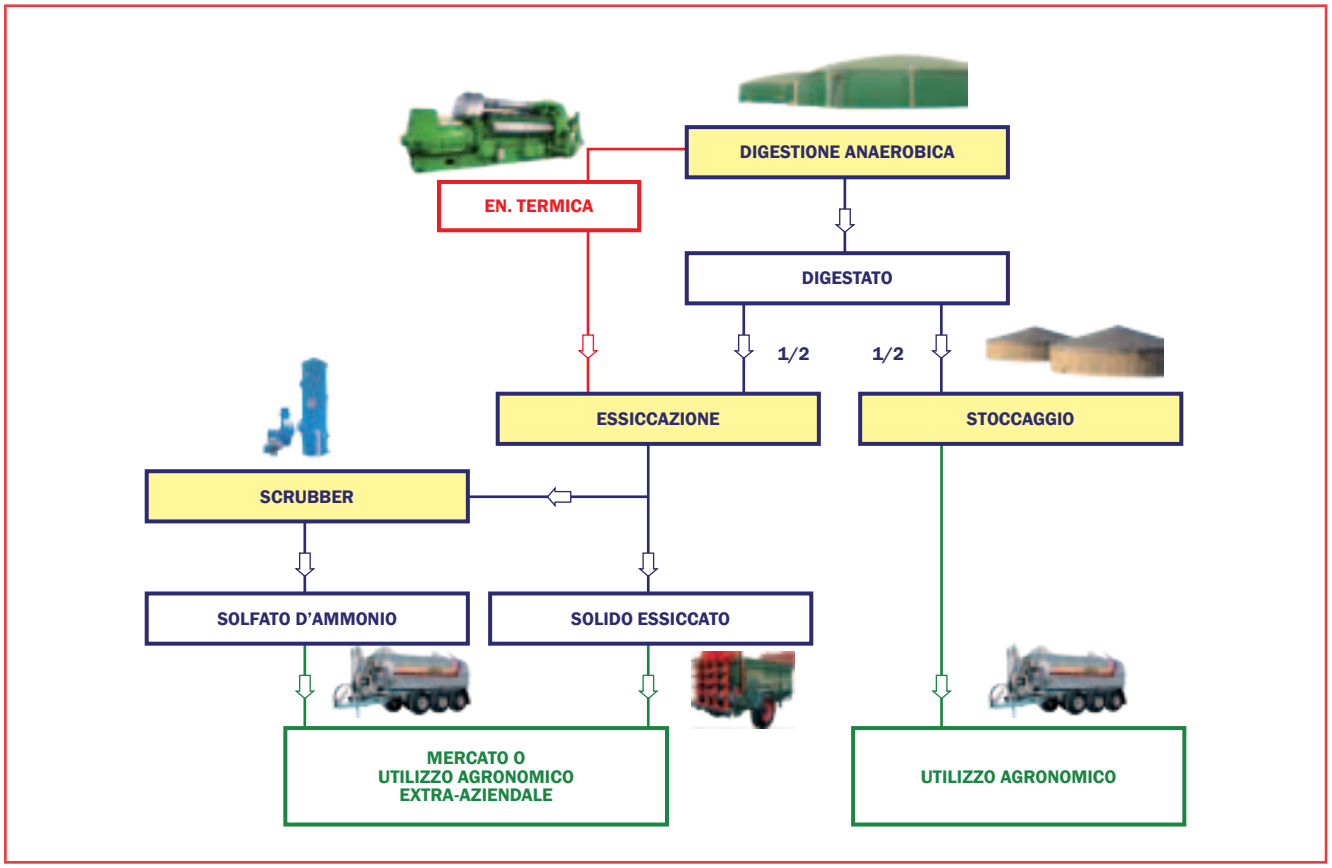
La frazione solida può essere venduta dall'azienda oppure avviata ad un successivo trattamento di combustione o produzione di fertilizzanti. Il solfato ammonico può essere venduto come fertilizzante in conformità a quanto previsto dal D.Lgs. 75/2010 che disciplina produzione e commercio di fertilizzanti; la frazione solida risulta in conformità con il Reg. (CE) 1069/2009 se ha subito un trattamento di almeno un'ora a 70 °C.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
400-500.000 € per impianto 8.000 m^3/ora
• Sistema di trattamento
• Opere fisse
• Sistema igienizzazione
Costi di gestione (per trattamento EA tal quali)
Da 3 a 6 €/m^3
• Fonte di calore
• Acido solforico
• Vendita del solfato ammonico



Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• Diminuzione dei volumi degli EA • Concentrazione, riduzione e complessazione dell'azoto • Possibilità di commercializzazione del solfato ammonico	• Processo economicamente sostenibile solo se si valorizza energia termica a basso costo (filiera integrata con impianti a biogas) • Trattamento di una sola parte di digestato

Considerazioni finali

La sostenibilità economica del processo di essiccazione/disidratazione è strettamente legata alla possibilità di sfruttare fonti termiche a basso costo; per il digestato, in particolare, possono essere raggiunti maggiori capacità di lavoro e livelli di efficienza dell'impianto di essiccazione nei periodi stagionali, primavera-autunno, in cui il digestore richiede una limitata termostatazione e, quindi, la quota di calore disponibile è maggiore. Diversamente, nel periodo invernale la capacità di lavoro dell'impianto risulta inferiore.

Dal punto di vista tecnico l'essiccazione è un processo interessante per la riduzione dei volumi degli EA, nonché per la concentrazione dell'azoto. Dà luogo ad un materiale palabile, facilmente trasportabile, biologicamente stabile e distribuibile in campo in modo agevole, con emissioni notevolmente ridotte.

Il processo di essiccazione è utilizzato anche a valle del processo di trasformazione del digestato liquido in digestato palabile con abbattimento dell'azoto.

4.5 Trattamento combinato di Estrusione ed Essiccazione

Descrizione trattamento

Più convenzionale è il trattamento di essiccazione di deiezioni avicole, nella fattispecie lettiere di pollo da carne e tacchino, in cui il materiale in ingresso viene preventivamente estruso al fine di migliorarne la suscettibilità all'essiccazione, ridurre la polverosità e ampliarne le possibilità d'impiego (come concime o per un eventuale trattamento di termovalorizzazione). L'estrusione garantisce, infatti, una granulometria del materiale più uniforme, un aumento del rapporto superficie/volume, e quindi, la porosità all'aria, riduce drasticamente la polverosità e, conferendo al materiale una forma definita e costante, simile al pellet, lo rende più adatto ad essere distribuito con attrezzature spandiconcime o dosato in una caldaia.

D'altro canto l'estrusione rallenta la capacità di lavoro complessiva ed eleva il consumo di energia elettrica, specie in presenza di materiali contenenti frazioni grossolane, pagliose o legnose, quali le lettiere avicole, utilizzate per la prima volta con una simile attrezzatura.

Il materiale viene immesso nell'estrusore ad un'umidità non inferiore al 50-55%. Il passaggio attraverso la trafila lo riduce in "estruso" del diametro di 12, 8 o 6 mm (gli ultimi due si sono rivelati i più funzionali per il trattamento di queste matrici), in base alle dimensioni dei fori utilizzati nella trafila. Il gruppo di estrusione è montato all'estremità di un braccio brandeggiante che consente di distribuire omogeneamente l'estruso sul piano del primo tappeto dell'essiccatore.

L'essiccatore è formato da uno o più moduli disposti in serie, ciascuno dei quali costituito da 3, 5 o 7 piani di tappeti mobili forati sui quali l'estruso, passa dal piano più alto a quello più basso. L'essiccazione avviene ad opera di una corrente forzata di aria alla temperatura di 70-75 °C.

Il contenuto medio di umidità passa dal 50-55% per il materiale in ingresso all'estrusore, al 15-16% per quello in uscita dall'essiccatore. La capacità di lavoro dipende dalle dimensioni dell'impianto, sapendo che limitante in questo è la capacità di lavoro dell'estrusore.

Riduzione Azoto

Il processo è da intendersi essenzialmente conservativo nei confronti dell'azoto; tuttavia durante l'essiccazione si ha la volatilizzazione di parte dell'azoto ammoniacale contenuto nel materiale processato, che varia in funzione del tipo di materiale e del tempo di permanenza in essiccazione. Prove condotte a carico di lettiere di avicoli da carne hanno evidenziato una riduzione dell'azoto variabile dal 5 al 18%.

Attuale ambito di applicazione

Il trattamento combinato estrusione-essiccazione è attualmente applicato su fanghi da impianti di depurazione, scarti conciari, residui industriali e agro-industriali.

Grado di sviluppo

Per quanto riguarda i materiali di origine civile, industriale ed agro-industriale il trattamento è da tempo a maturità commerciale, con numerosi impianti; meno diffusa è invece questa applicazione nel settore agro-zootecnico, in particolare nella combinazione estrusione-essiccazione.

Prodotti finali

Dal processo si ottiene un prodotto conformato, simile al pellet.

Destinazione prodotti finali

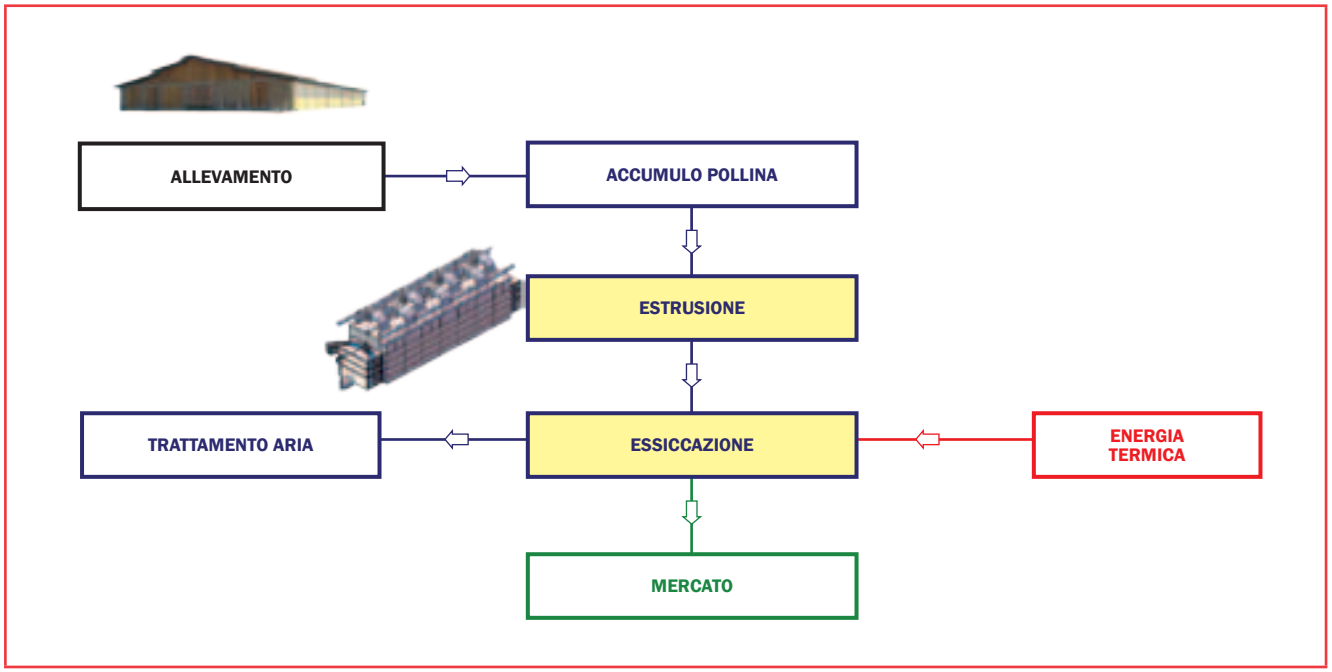
Nel caso dei singoli allevamenti il prodotto estruso ed essiccato può essere valorizzato: a) come concime immettendolo direttamente sul mercato; b) utilizzandolo in un processo di combustione finalizzato alla produzione di energia, anche di tipo co-generativo.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
160-200.000 € per un impianto con produzione minima indicativa 0,1 t/h*
• Portata del prodotto da trattare
• Umidità del materiale di partenza
• Unità del trattamento aria esausta
Costi di gestione
Non è ancora possibile fornire costi standardizzati.
• Disponibilità di fonte di energia termica a basso costo
• Diametro dell'estruso
• Consumi elettrici e di reagenti connessi alla sezione di abbattimento dell'ammoniaca

* Umidità del materiale in ingresso: 55-60% - Umidità del prodotto finale: 15%

Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• L'estrusione omogenizza il prodotto da avviare all'essiccazione, favorendo l'allontanamento dell'acqua e riducendo la polverosità • Il trattamento di estrusione, a differenza della pellettatura, avviene all'umidità di conferimento del materiale e a pressioni di esercizio di circa 50 bar (contro i 250-350 bar richiesti dalla pellettatura) • Favorisce la valorizzazione del prodotto per quanto riguarda sia l'utilizzo agronomico indiretto (produzione di un concime organico) che la valorizzazione energetica (combustione)	• Questi impianti lavorano, di norma, ventiquattr'ore su ventiquattro; in ambito zootecnico possono pertanto risultare sfavoriti quegli allevamenti la cui produzione di lettiera/pollina non consenta l'utilizzo della tecnologia a ciclo continuo • Manca ancora una metodologia sul corretto utilizzo del materiale estruso ed essiccato con le attrezzature di distribuzione dei concimi

Considerazioni finali

La tecnologia si propone come una possibile alternativa alla pellettatura tradizionale soprattutto per l'applicazione nelle aziende produttrici di fertilizzanti.

Tuttavia risulta interessante l'inserimento in azienda zootecnica, in presenza di un impianto a biogas o ad altra fonte di energia termica a basso costo (come il solare termico o una caldaia a biomassa), potendo in questo caso ridurre i costi di processo.

4.6 Strippaggio

Descrizione trattamento

Viene identificato come un trattamento conservativo a carico della frazione liquida del digestato. Questo processo infatti permette di recuperare l'azoto ammoniacale che si libera allo stato gassoso per azione di una corrente di aria calda, mediante reazione chimica con un acido forte (normalmente acido solforico), che lo condensa in una soluzione ad alta concentrazione in azoto che può essere successivamente cristallizzata.
Nel processo di separazione spinta, che precede lo strippaggio, avviene anche un forte abbattimento del fosforo che risulta essere per lo più associato alla matrice organica.
Affinché il processo sia efficace, il liquame in ingresso deve avere un basso contenuto di solidi totali e un alto tenore di azoto ammoniacale (come avviene nel liquame suino tal quale o nella frazione liquida di un digestato).
Il trattamento viene indotto in un ambiente confinato e si articola in due fasi. Nella prima fase (colonna di strippaggio vero e proprio) si ha insufflazione di aria calda a temperatura attorno ai 45-55°C in controcorrente rispetto alla frazione liquida (eventualmente dopo innalzamento del pH). Queste condizioni permettono all'ammoniaca disciolta di passare dallo stato liquido a quello gassoso. Nella seconda fase (*scrubber*) il flusso gassoso ammoniacale viene fatto reagire con un acido forte (generalmente acido solforico), producendo così un fertilizzante (solfato ammonico) che può essere agevolmente stoccato e conservato. Entrambe le colonne sono caricate con corpi di riempimento al fine di incrementare la superficie di reazione disponibile.
Il processo viene regolato da quattro principali parametri operativi quali il pH, la temperatura, il tempo di contatto e la portata del flusso d'aria.

Riduzione Azoto

La riduzione dell'azoto ammoniacale presente nella frazione liquida del separato trattato raggiunge livelli dell'80%, che corrisponde mediamente al 50-60% sul bilancio dell'azoto totale prodotto dall'allevamento. Il pretrattamento connesso allo strippaggio permette di raggiungere elevati livelli di abbattimento anche per il fosforo (dal 30 al 90%).

Attuale ambito di applicazione

Lo strippaggio viene utilizzato nel trattamento di reflui ad alta concentrazione di ammoniaca, come percolati di discarica e reflui industriali. È ancora poco diffusa in ambito zootecnico ma si sta oggi diffondendo molto rapidamente specie in ambito suinicolo.

Grado di sviluppo

Applicazioni nel settore zootecnico iniziano in questi anni a svilupparsi in combinazione con altre tecnologie, in particolare la digestione anaerobica, che offre la disponibilità di eccedenze termiche utilizzabili nel trattamento.

Prodotti finali

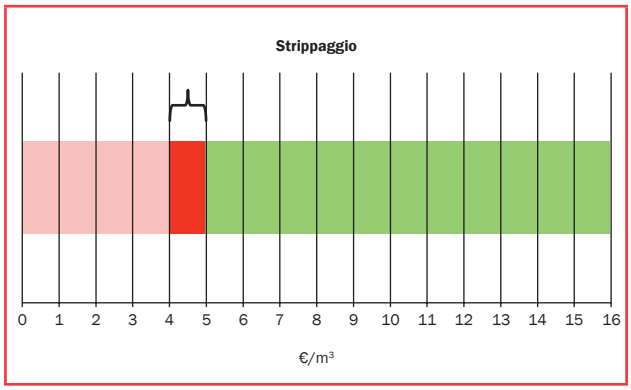
Nel trattamento di separazione spinta che precede lo strippaggio si può ottenere un separato solido più o meno palabile in base alla tecnologia utilizzata mentre dallo strippaggio vero e proprio si ottiene solfato d'ammonio in soluzione liquida al 30% circa (6% ed oltre come N) e un liquido chiarificato povero di azoto.

Destinazione dei prodotti finali

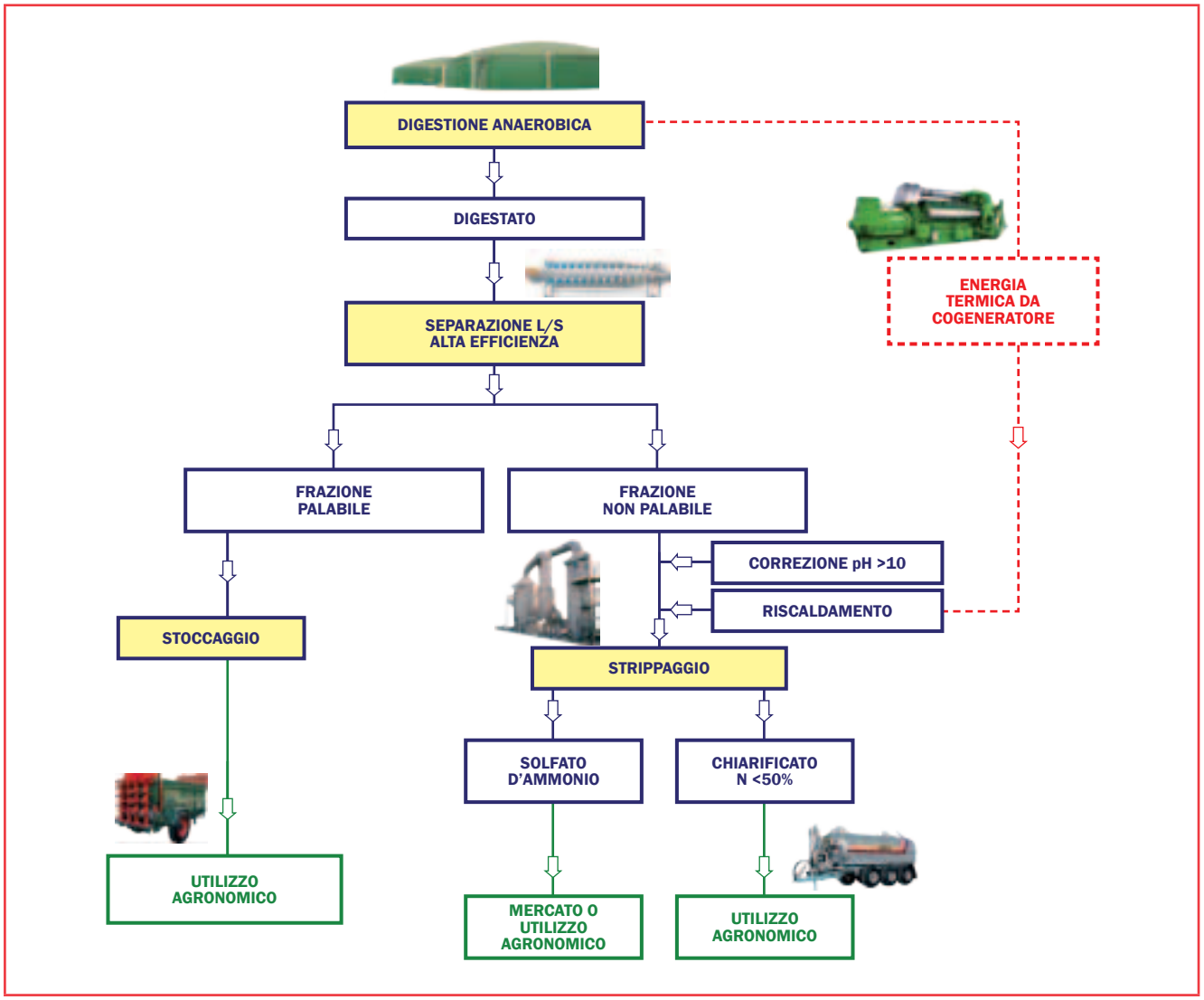
I fanghi non palabili e il liquido chiarificato e deammonificato possono avere una destinazione agronomica diretta; la frazione solida, qualora eccedente il fabbisogno aziendale, può essere ceduta ad altre aziende agricole; il solfato ammonico, se raggiunge un titolo adeguato (oltre il 6% di azoto), può trovare collocazione sul mercato, in conformità a quanto previsto dal D.Lgs. 75/2010, che disciplina la commercializzazione dei fertilizzanti.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
300-400.000 € per impianto 100 m^3/giorno
• Pretrattamenti adottati
• Dimensionamento del tempo di contatto
• Sistema controllo temperatura
Costi di gestione
Da 4 a 5 €/m^3
• Energia termica ed elettrica
• Costo reagenti
• Mercato solfato ammonico



Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• Elevato livello di abbattimento per azoto e, in parte, per il fosforo • Costi di gestione del trattamento modesti • Dimensioni impiantistiche contenute • Possibilità di utilizzare impianti mobili per il trattamento degli EA limitatamente alla quota di azoto eccedente • Recupero del calore in eccesso prodotto dal co-generatore di un impianto di digestione anaerobica	• Nessuna riduzione dei volumi in gioco • Eventuali costi connessi all'approvvigionamento termico

Considerazioni finali

Il processo di strippaggio con aria calda finalizzato alla rimozione dell'azoto ammoniacale dalla frazione liquida dei liquami e/o dei digestati consente di ottenere elevati livelli di abbattimento.
Il suo funzionamento si abbina in modo conveniente agli impianti di digestione anaerobica dove, allo scopo di sfruttarne al meglio le potenzialità tecniche e minimizzare i costi di gestione, è opportuno utilizzare l'energia termica in eccesso prodotta dal co-generatore. Altro elemento che favorisce la sinergia tra processi di strippaggio e digestione anaerobica è determinato dalla caratteristica della frazione liquida del digestato, che presenta maggiori livelli di azoto sotto forma ammoniacale.

4.7 Evaporazione sottovuoto

Descrizione trattamento

Si tratta di un trattamento conservativo a carico della frazione liquida separata ottenuta da liquami zootecnici e/o digestato. Il processo di evaporazione sottovuoto avviene in reattori nei quali si instaura una pressione negativa (vuoto), tale da consentire l'ebollizione della matrice liquida ad una temperatura sensibilmente inferiore a quella richiesta nelle normali condizioni di pressione atmosferica (40÷60 °C anziché 90 °C). La frazione evaporata subisce la condensazione per raffreddamento e viene espulsa in modo continuo dall'evaporatore: ciò che si ottiene è il cosiddetto distillato. La frazione mantenuta nel reattore tende a concentrarsi progressivamente, fino ad assumere una consistenza molto densa: questa frazione rappresenta il cosiddetto concentrato e viene periodicamente scaricata per mezzo di pompe o coclee a funzionamento discontinuo.

Al fine di impedire l'evaporazione dell'azoto ammoniacale, che altrimenti sarebbe convogliato nel distillato, si può abbassare a valori di 5-6 il pH delle matrici in ingresso con acido solforico o fosforico (Scheda A).

In alternativa l'acidificazione può avvenire sul distillato, con il vantaggio di un minor consumo di acido, dato che in questo caso esso deve reagire solo con l'ammoniaca; per contro, il sale che si forma rimane in soluzione, fatto che rende necessario intervenire con un trattamento di Osmosi Inversa dalla quale si ottengono un permeato ed un retentato le cui portate indicativamente corrispondono, nell'ordine, al 42 e 18% circa del refluo introdotto nell'evaporatore (Scheda B). Il retentato, di fatto costituito da una soluzione di sale d'ammonio (solfato o fosfato), può essere miscelato con il concentrato andando così ad arricchire il tenore di azoto totale del materiale da destinare all'utilizzo agronomico diretto, oppure immesso sul mercato qualora la concentrazione del sale risulti compatibile con quella richiesta dall'industria dei fertilizzanti. Nell'ambito della seconda alternativa, l'acidificazione potrà essere omessa qualora si rendano disponibili soluzioni extra-aziendali tendenti a valorizzare il distillato proprio per il suo contenuto in azoto ammoniacale.

Riduzione Azoto

La riduzione della componente azotata tocca livelli molto elevati, maggiori del 90%. A tali performance, tuttavia, si arriva mediante l'acidificazione della matrice in ingresso fino al raggiungimento di pH compresi tra 5 e 6.

Attuale ambito di applicazione

L'evaporazione sottovuoto trova applicazione nel settore industriale (industria chimico-farmaceutica, galvanica, impianti di pressofusione, trattamento dell'alluminio, officine di arti grafiche, oreficeria, industria olearia), nella gestione dei rifiuti civili (trattamento di percolato da discarica), nell'industria di produzione delle materie plastiche (ad es. recupero dei sali di vulcanizzazione nell'industria della gomma), nel settore erboristico-cosmetico (concentrazione di estratti), nel settore enologico (arricchimento dei mosti), nell'agro-industria (addensamento di succhi, produzione di concentrati, *etc*).

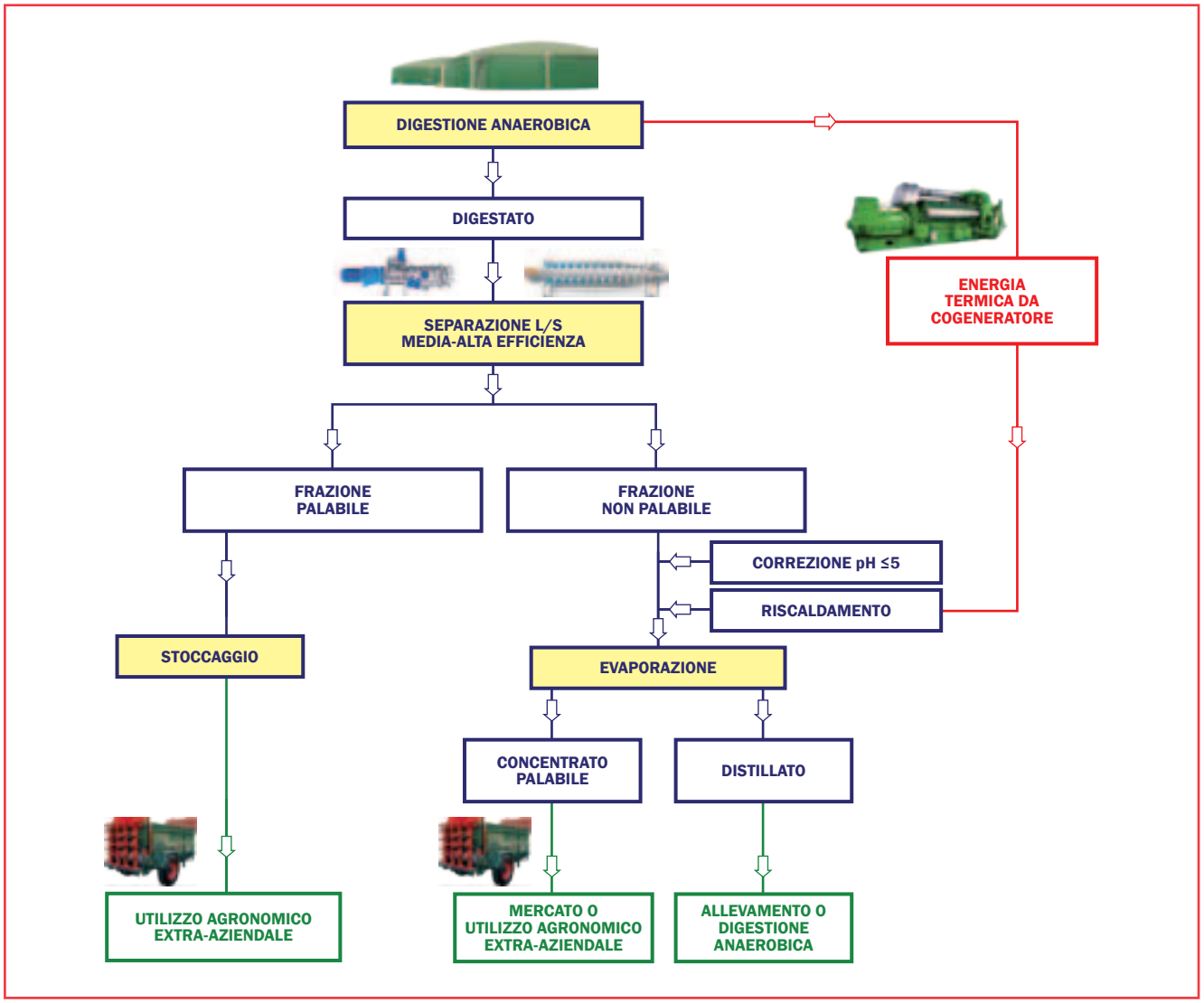
Grado di sviluppo

Nei campi di impiego extra-agricolo la tecnologia ha raggiunto la maturità commerciale. Nel settore zootecnico sono state effettuate sperimentazioni su impianti pilota e la fase di trasferimento su scala produttiva è in corso.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
200-300.000 € per un impianto di capacità di lavoro di 35-40 m^3/giorno di affluente
• Portata dell'impianto
• Disponibilità di una fonte di calore
• Caratteristiche fisico-chimiche del concentrato e del distillato finale
Costi di gestione
Non è ancora possibile fornire costi standardizzati.
• Valorizzazione del concentrato ottenuto
• Costo di approvvigionamento dell'energia termica
• Quantità e qualità dell'acido utilizzato

Schema grafico scheda A



Prodotti finali

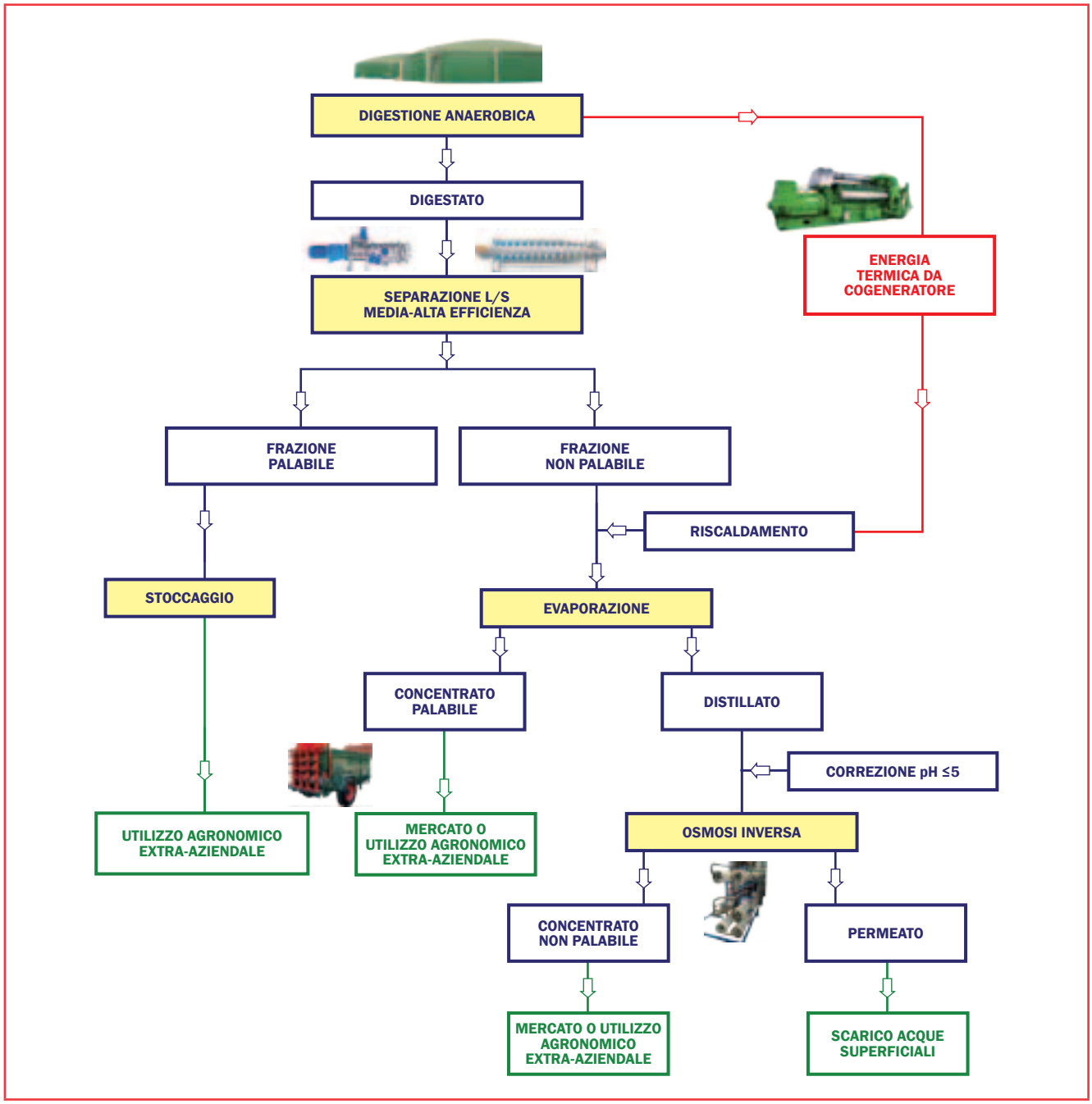
Nel caso in cui l'acidificazione avvenga sul liquido in ingresso si ottengono: a) un concentrato ricco di azoto che può assumere anche una consistenza palabile; b) un distillato contenente quantità minime di sostanze nutrienti.
Con un impianto monostadio il livello massimo di solidi totali (ST) raggiunto è stato dell'ordine del 15% mentre con un impianto bi-stadio si è arrivati al 65% di ST.
Nel caso in cui l'acidificazione avvenga sul distillato si ottengono: a) un concentrato il cui contenuto in secco dipende dall'intensità del trattamento e nel quale l'azoto presente è prevalentemente di tipo organico; b) un distillato limpido ma contenente buona parte dell'azoto ammoniacale evaporato.

Destinazione dei prodotti finali

I prodotti ottenuti hanno possibilità di utilizzo non ancora definite. Qualora il distillato non risulti sufficientemente depurato per lo scarico in acque superficiali (possibile solo dopo il trattamento di Osmosi inversa) potrebbe trovare destinazione aziendale (acque di processo o di lavaggio). Considerati gli elevatissimi livelli di azoto, il concentrato solido si presta ad essere valorizzato nell'industria dei fertilizzanti.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Elevato livello di concentrazione dell'azoto e fosforo • Migliora la gestione del materiale di partenza concentrando il carico azotato in un materiale palabile • Se abbinato a trattamento di OI (acidificazione del distillato) si ha possibilità di scaricare in acque superficiali il relativo permeato	• Criticità dei costi eventualmente connessi all'approvvigionamento termico • Necessità di acidificazione delle matrici in ingresso allo scopo di ottenere alte rese nell'abbattimento dell'azoto • Possibili formazioni di schiume organiche e odori

Schema grafico scheda B



Considerazioni finali

L'evaporazione sottovuoto è un processo che si applica a effluenti non palabili e alle frazioni liquide del digestato. Esso consente l'ottenimento di concentrati semisolidi o solidi disidratati di volume notevolmente ridotto, agevolandone le operazioni di stoccaggio, trasporto e la loro valorizzazione commerciale. A seconda della soluzione adottata (acidificazione del refluo in ingresso o del distillato) si ottiene inoltre una soluzione acquosa molto diluita impiegabile, in relazione al livello di purezza, per usi aziendali diversi, oppure un permeato da OI scaricabile in acque superficiali. Rimangono da valutare i costi di investimento nonché quelli connessi all'approvvigionamento energetico e all'uso di reagenti chimici, vista la realizzazione di limitate esperienze sperimentali.

5 PROCESSI BIOLOGICI

I processi biologici consentono il trattamento degli EA sfruttando la capacità dei microrganismi di trasformare la sostanza organica presente nelle matrici trattate in composti chimicamente e fisicamente stabili. Tali azioni microbiologiche avvengono normalmente anche in natura, ma con ritmi e dinamiche prolungate nel tempo. Le tecnologie applicate nell'ambito di questo progetto consentono di creare le condizioni chimico-fisiche migliori per massimizzare e velocizzare l'attività biologica di degradazione.

Indice

- 5.1 Trasformazione di liquami e digestato in materiale palabile – Tecnologia CLF MODIL ..... pag. 43
- 5.2 Nitrificazione - Denitrificazione in continuo ..... » 45
- 5.3 Nitrificazione - Denitrificazione a fasi sequenziali (SBR) ..... » 47
- 5.4 Processi innovativi “via nitrito” ..... » 49
- 5.5 Stoccaggio controllato ..... » 51

5.1 Trasformazione di liquami e digestato in materiale palabile – Tecnologia CLF MODIL

Descrizione trattamento

Il trattamento consiste nello spargimento giornaliero di EA non palabili o digestato su uno strato di biomassa (es. paglia, cippato, stocchi, *etc*) collocato in una corsia lunga fino a 120 metri, larga fino a 20 metri e alta 1,2-1,5 metri, attrezzata di sistema di distribuzione, rivoltamento ed ossigenazione montati su carroponte mobile su rotaie. Il ciclo ha una durata di 120 e 180 giorni.

Il processo è esotermico e il cumulo raggiunge temperature dell'ordine di 40-50 °C nei primi mesi per abbassarsi successivamente, di pari passo con la diminuzione del contenuto di solidi totali (ST) della massa che a fine ciclo ha un'umidità dell'ordine del 70-80% in funzione soprattutto della durata del ciclo e della tipologia e quantità di biomassa caricata.

La quantità di biomassa caricata nella corsia di trattamento è dell'ordine di 180 kg a m^3 di corsia e la quantità di liquami trattabili è dell'ordine di 18-20 m^3 giorno a m^3 di corsia.

Riduzione di massa e di Azoto

Il processo determina una riduzione di massa intorno all'80% (con punte anche superiori al 90%) rispetto alla massa degli EA non palabili caricati (o digestato) compresa la biomassa preventivamente inserita nell'impianto.

Ciò costituisce un vantaggio non trascurabile per la gestione aziendale, non solo perché si è trasformato in materiale palabile l'effluente non palabile, ma soprattutto per la ridotta quantità di materiale da gestire agronomicamente.

Il processo determina anche una riduzione del contenuto di azoto pari al 60-70% di quello caricato nel ciclo. Le emissioni in atmosfera di ammoniaca e di protossido di azoto sommate sono dell'ordine del 2% dell'input di azoto nel ciclo.

Le emissioni di odori sono trascurabili.

Attuale ambito di applicazione

Questo processo è principalmente impiegato nel settore zootecnico. Esistono applicazioni anche nel campo della gestione dei fanghi di depurazione, attualmente in fase di monitoraggio.

Grado di sviluppo

La tecnologia è presente sul mercato da una quindicina di anni. Si può ritenere raggiunta la maturità commerciale.

Impianti di questo tipo si stanno diffondendo anche a valle della digestione anaerobica, con l'utilizzo diretto sui terreni aziendali del digestato reso palabile.

Recentemente si sta proponendo l'impianto in abbinamento con un trattamento di essiccazione/igienizzazione del prodotto a valle, al fine di ottenere un prodotto con tutti i requisiti di ammendante.

Prodotti finali

Il prodotto ottenuto è caratterizzato da un tenore di sostanza secca pari al 20-30%, un tenore di azoto pari a circa 5 g/kg, di cui il 95% sotto forma organica. L'indice di umificazione medio, pari a 0,27, indica una elevata maturazione e stabilità del prodotto.

Nel caso di ricorso all'essiccazione, applicabile al digestato, si dispone di materiale con umidità inferiore al 50%, richiesta dalla normativa per gli ammendanti.

L'igienizzazione a temperatura > 70 °C per più di un'ora ne consente la commercializzazione ai sensi del Reg. (CE) 1069/2009.

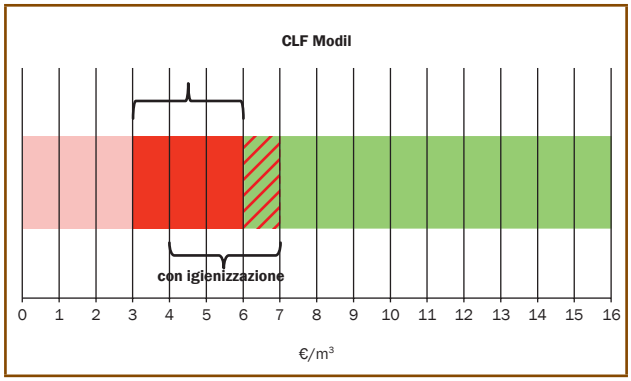
Destinazione prodotti finali

Il prodotto ottenuto è palabile, biologicamente stabile, omogeneo, poroso, privo di odori molesti. Può essere agevolmente trasportato a livello extra-aziendale.

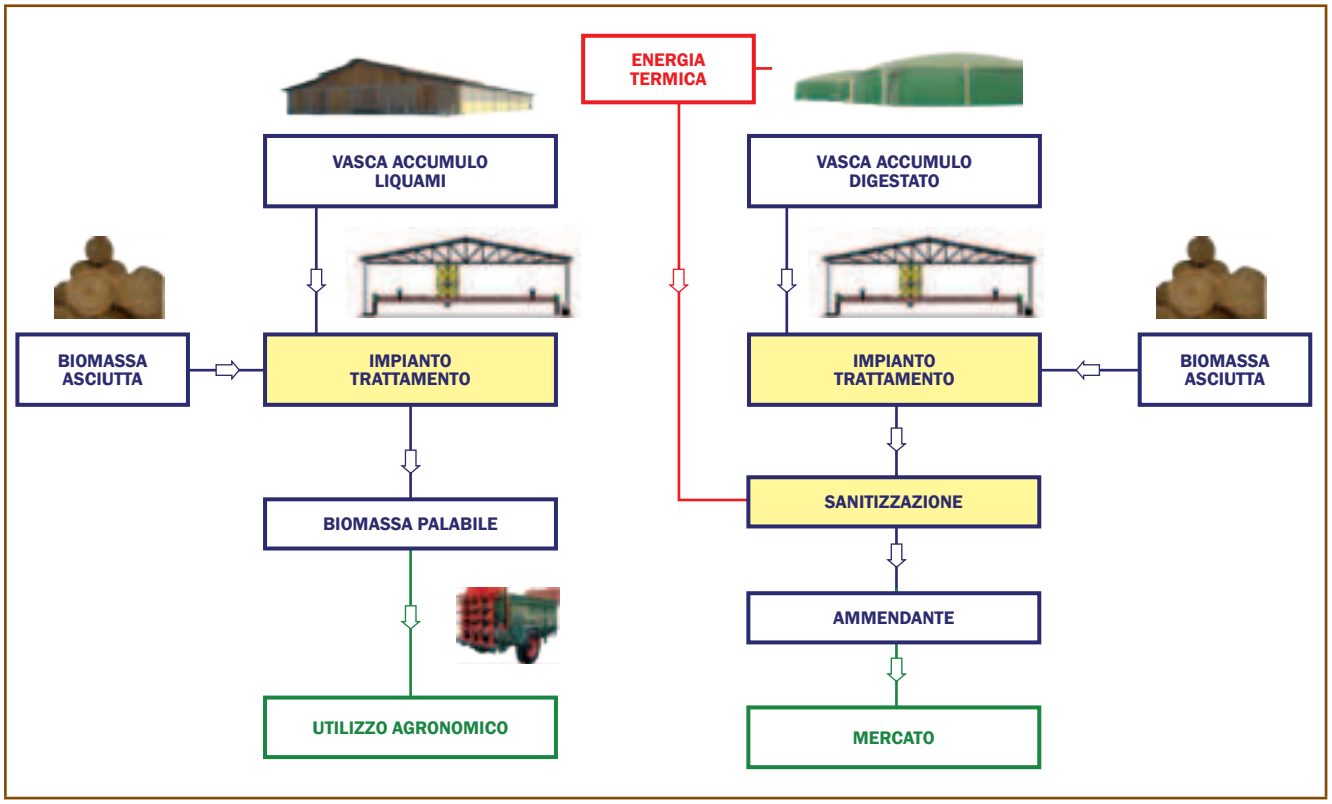
L'ammendante ottenuto dalla essiccazione/igienizzazione ha una interessante prospettiva commerciale.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
400-500.000 € per impianto 8.000 m^3/anno di liquami 750-850.000 € per stesso impianto con il sistema di igienizzazione
• Sistema di trattamento
• Opere fisse (1.000 m^2)
• Sistema igienizzazione
Costi di gestione
Da 3 a 6 €/m^3 Da 4 a 7 €/m^3 con igienizzazione
• Acquisto biomassa asciutta dedicata
• Movimentazione in entrata e in uscita



Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• Elevati livelli di abbattimento di azoto • Riduzione dei volumi nell'ordine dell'80% • Bassi consumi energetici • Ridottissime emissioni di inquinanti e di cattivi odori • Possibilità di inserire la tecnologia a valle di un impianto di digestione anaerobica, trasformando il digestato liquido in materiale palabile	• Reperimento della biomassa

Considerazioni finali

Il processo di trasformazione dei liquami in materiale palabile si presta al trattamento di effluenti liquidi (liquami suini o bovini e digestato ottenuto negli impianti biogas), che vengono distribuiti su matrici organiche a basso contenuto di umidità (paglia e stocchi trinciati, trucioli di legno, segatura, *etc*). Tale processo si rivela interessante per gli alti livelli di abbattimento dell'azoto e dei volumi; si caratterizza per i limitati costi di gestione e per i notevoli risparmi sullo spandimento degli effluenti non palabili.

Con la fase successiva dell'essiccazione/igienizzazione del prodotto ottenuto la tecnologia offre la possibilità di produrre ammendante da immettere sul mercato eliminando ogni fase di utilizzo agronomico diretto da parte dell'azienda. Per questa opzione tecnologica occorre la disponibilità di energia termica garantita dagli impianti biogas e sufficiente a trattare tutto il digestato reso palabile dall'impianto CLF MODIL anche nel caso di alimentazione dei digestori con elevate percentuali di EA.

5.2 Nitrificazione - Denitrificazione in continuo

Descrizione trattamento

I processi di nitro/denitrificazione sono trattamenti di tipo biologico a tre fasi: nella prima, attuata in ambiente aerobico, l'ammoniaca viene ossidata prima in nitriti e successivamente in nitrati; nella seconda fase avviene, in ambiente anossico, il processo di denitrificazione, nel quale l'azoto è convertito da nitrato ad azoto molecolare gassoso da microrganismi eterotrofi; nella terza fase si ha la sedimentazione, che permette la separazione dei solidi fini e della biomassa microbica che vengono parzialmente ricircolati per mantenere stabile il processo.
Il trattamento di nitro/denitrificazione può essere attuato sia con i tradizionali impianti ad alimentazione in continuo, nei quali le tre fasi avvengono in sequenza in ambienti separati con carico e scarico continui, sia in impianti in cui le diverse fasi avvengono nella stessa vasca, con sequenza di fasi discontinua per nitrificazione e denitrificazione e periodico carico/scarico (processo Sequencing Batch Reactor - SBR). Entrambi i processi costituiscono un metodo efficace ed efficiente per la riduzione delle eccedenze azotate contenute nei reflui liquidi, che per larga parte vengono liberate in atmosfera sotto forma di azoto molecolare. La parte rimanente dell'azoto e parte del fosforo vengono separati dai pre-trattamenti e sedimentati nella fase finale del trattamento, insieme con il residuo solido.
A monte del processo biologico è necessario prevedere, oltre al pretrattamento di separazione liquido/solido, un bacino di accumulo ed equalizzazione.
I processi biologici possono oggi essere controllati in tempo reale tramite misura on-line di pH, Ossigeno Disciolto, potenziale RedOx, conducibilità e/o $N\text{-}NH_4$, permettendo l'ottimizzazione del processo e un sensibile risparmio energetico limitando al necessario l'apporto di ossigeno ed eventualmente di carbonio esterno.

Riduzione Azoto

Per gli EA il processo di nitro/denitrificazione può consentire di raggiungere i livelli previsti dalla normativa nazionale per lo scarico in acque di superficie, ma non sempre tale obiettivo è giustificato, tenuto conto che in questo caso il processo è impegnativo sia dal punto di vista economico che gestionale. Per gli allevamenti, nell'ottica degli adempimenti previsti dalla Direttiva Nitrati, appare preferibile una configurazione dell'impianto finalizzata all'abbattimento parziale dell'azoto: la gestione è più economica e può essere affidata a manodopera aziendale, non necessitando di personale specializzato come nel caso della depurazione completa.
Un abbattimento dell'azoto dell'ordine del 50-60% è facilmente raggiungibile con entrambe le tecnologie di nitro/denitrificazione in continuo o SBR anche senza apporto di carbonio esterno; con la depurazione completa e scarico in acque superficiali si ha una riduzione di azoto ≥ 90%, con produzione di fanghi biologici utilizzabili agronomicamente nel rispetto della specifica normativa vigente.
Le emissioni di azoto ammoniacale e di protossido di azoto in atmosfera non sono significative, come pure quelle di odori.

Attuale ambito di applicazione

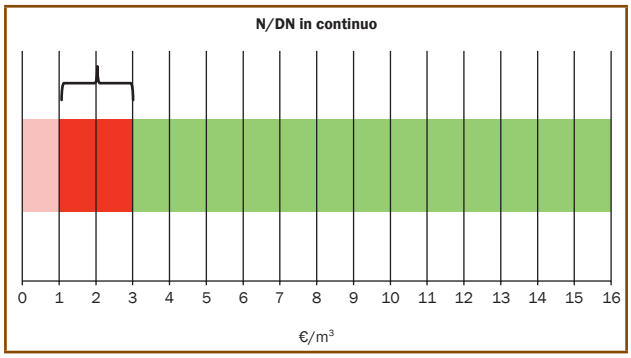
I processi biologici in impianti in continuo sono applicati da decenni anche nel settore zootecnico, ma limitatamente al settore suinicolo. Diffuse applicazioni sono presenti nella depurazione delle acque reflue industriali e urbane, nonché nel trattamento biologico di rifiuti liquidi (es. percolati di discarica RSU).

Grado di sviluppo

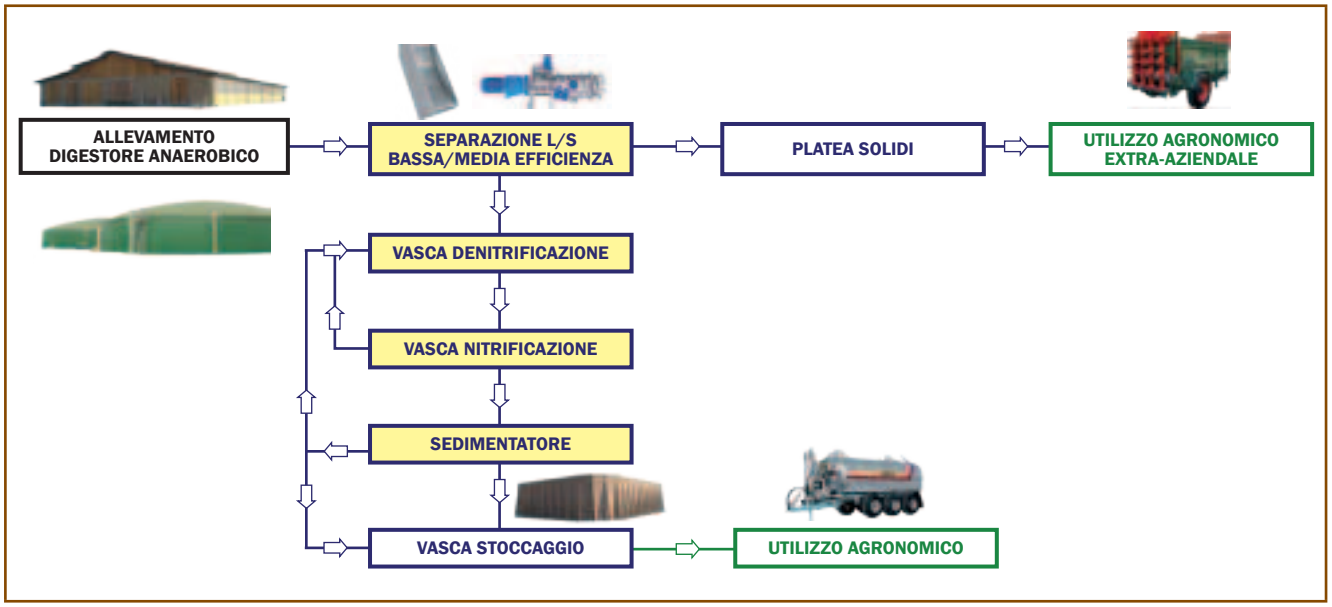
La tecnologia necessaria alla realizzazione di tale processo è presente sul mercato da oltre trent'anni. Si può ritenere raggiunta la maturità commerciale.
Nell'ultimo decennio, inoltre, sono stati sviluppati sistemi di controllo automatico di processo, sulla base di algoritmi programmabili anche su comuni Programmable Logic Controller (PLC) commerciali. Pertanto si ritiene che la tecnologia sia consolidata e, se accoppiata al (tele)controllo automatico delle fasi di reazione, ottimizzata. Quest'ultima soluzione va considerata per la depurazione totale dei reflui.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
300-400.000 € per un impianto da 20.000 m^3/anno
• Sistema di ossigenazione
• Attrezzature elettro meccaniche
• Strumentazioni per il controllo
Costi di gestione
Da 1 a 3 €/m^3
• Uso di carbonio esterno nel caso di trattamento di digestato
• Efficienza e controllo dei sistemi di aerazione
• Assistenza per start-up processo



Schema grafico



Prodotti finali

Nel caso di depurazione totale si ottiene un effluente liquido chiarificato, con contenuto di azoto adeguato allo scarico in corsi d'acqua di superficie, a valle di affinamento in sistemi di trattamento terziari (anche naturali) o in fognatura. Si ottiene inoltre un secondo effluente liquido con contenuto di sostanza secca superiore 3-5% denominato fango di supero che può essere portato a contenuto di sostanza secca superiore (15-20%) con nastro o filtropressa per un più facile utilizzo agronomico.
Nel caso di trattamento parziale si ottiene un liquame chiarificato con un contenuto di azoto dell'ordine del 40-50% di quello affluente all'impianto.

Le emissioni in atmosfera di gas acidificanti (NH_3) e gas serra (N_2O) sono poco significative per entrambe le soluzioni operative.

Destinazione prodotti finali

L'effluente liquido ottenuto nei processi di trattamento parziale, al pari del materiale palabile ottenuto dalla separazione L/S attuata a monte del processo, vengono dapprima stoccati e poi utilizzati per la distribuzione agronomica secondo le norme di buona pratica agricola (CBPA).

Punti di forza	Punti di debolezza
• Elevati livelli di abbattimento di azoto • Possibilità di telecontrollo del processo e telemonitoraggio • Tecnologia consolidata ed ottimizzata • Possibilità di rimozione contestuale del fosforo (ad opera della separazione liquido/solido a monte) e/o trattamento terziario	• Non permette recupero dell'azoto • Non permette la riduzione del volume dell'affluente • Ingombri piuttosto elevati

Considerazioni finali

Il trattamento biologico di nitro-denitrificazione a processo continuo è una tecnologia consolidata ed affidabile. Anche nel caso degli EA le prestazioni di rimozione dell'azoto possono essere molto elevate, fino a permettere lo scarico in corpo d'acqua superficiale dopo ulteriori trattamenti di affinamento. Data la difficoltà di garantire il rispetto dei limiti di legge per lo scarico, soprattutto nel periodo invernale, sembra oggi preferibile l'utilizzo di questa tecnica per un abbattimento parziale del carico azotato; ciò non solo permette di ampliare la gamma degli effluenti da trattare (in aggiunta ai suinicoli), inclusi anche i digestati, ma rende inoltre possibile la gestione del processo da parte di personale non altamente qualificato.

5.3 Nitrificazione - Denitrificazione a fasi sequenziali (SBR)

Descrizione trattamento

Il sistema Sequencing Batch Reactor (SBR) consiste di uno o più reattori in parallelo e permette il funzionamento dei processi di rimozione biologica dell'azoto in modo sequenziale e discontinuo, lavorando attraverso cicli costituiti dalle seguenti fasi:

- Alimentazione: immissione dell'effluente d'allevamento per il 30-60% del volume utile della vasca. Il refluo va ad aggiungersi al volume di fango biologico che viene mantenuto all'interno del reattore a seguito della fase di estrazione dell'effluente;
- Reazione: comprende una successione di fasi distinte di aerazione ed anossia, corrispondenti alla nitrificazione e denitrificazione;
- Sedimentazione: in questa fase la miscelazione cessa e si instaurano condizioni di quiete che permettono la sedimentazione della massa presente all'interno del reattore e quindi la separazione del fango biologico dal surnatante;
- Scarico: realizzato con progressiva riduzione del livello del pelo libero, che può avvenire per gravità o per pompaggio in cui vanno evitati richiami di fango allo scarico;
- Inattività: opportuna per dare flessibilità al sistema, con possibilità di rimodulare, ove sia necessario, la durata delle fasi operative.

Con il sistema SBR è possibile attuare qualsiasi processo che avviene in continuo in un tradizionale sistema a fanghi attivi, ma in maniera discontinua; la differenza fra le due tipologie di processo sta nel fatto che, mentre in un sistema in continuo la sequenza delle fasi è di carattere spaziale ovvero le varie operazioni avvengono in vasche distinte, nel processo SBR le varie fasi avvengono a livello della medesima vasca e la loro suddivisione è di carattere temporale. Questo comporta che il parametro fondamentale di processo sia la durata totale del ciclo e che ad esso sia legata l'efficienza dell'intero processo.

A monte del processo biologico SBR è necessario prevedere, oltre ai pretrattamenti tipici anche dei processi biologici alimentati in continuo (es. separazione liquido/solido), un opportuno bacino di accumulo ed equalizzazione.

Nei reattori SBR le cinetiche di reazione biologica si sfruttano appieno con tassi di rimozione più elevati nelle fasi di alimentazione del refluo. Inoltre nei reattori SBR i processi biologici sono meglio controllabili in tempo reale (tramite misura on-line di pH, Ossigeno Disciolto, Potenziale RedOx, conducibilità e/o $N\text{-}NH_4$) permettendo: (i) il miglioramento della qualità dell'effluente, (ii) risparmio energetico (in termini di ossigenazione durante la fase aerobica ed, eventualmente, di carbonio esterno nella fase anossica) e (iii) aumento dei volumi degli EA trattabili.

I principali vantaggi dei reattori SBR sono: (a) rendimenti migliori rispetto ai sistemi a fanghi attivi tradizionali in continuo e, a parità di rendimenti, volumetrie notevolmente ridotte; (b) maggiore resistenza a shock di carico; (c) maggiore flessibilità gestionale; (d) possibilità di tele-controllare automaticamente e ottimizzare le fasi del processo biologico; (e) possibilità di avanzata rimozione del fosforo nel ciclo sequenziale di trattamento.

Riduzione Azoto

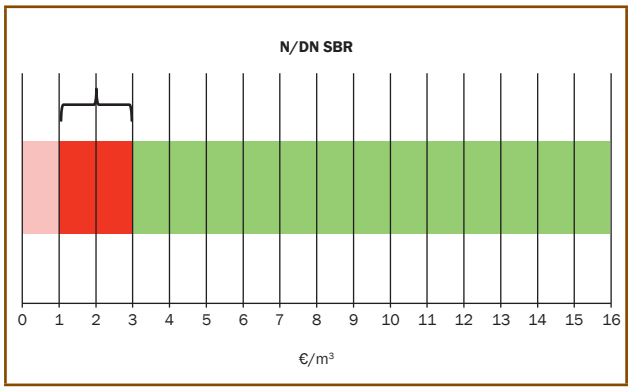
Il processo può determinare una riduzione di azoto totale ben superiore al 90%. Al pari dei processi biologici di nitro/denitrificazione in continuo, le emissioni di azoto in atmosfera non sono significative, essendo comunque funzione dei sistemi di aerazione e della temperatura raggiunta nel processo. Le emissioni di odori sono trascurabili.

Attuale ambito di applicazione

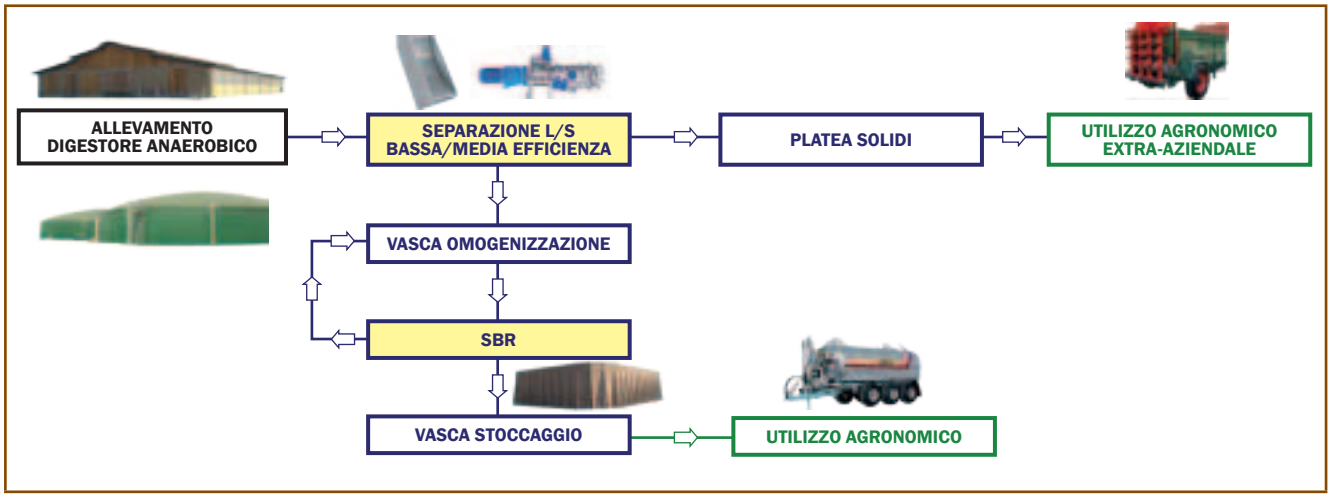
I processi biologici in reattori SBR sono applicati da decenni nel settore zootecnico, su frazioni liquide prima di EA tal quali, poi di digestato anaerobico. Diffuse applicazioni sono presenti nella depurazione delle acque reflue industriali e urbane, nonché nel trattamento biologico di rifiuti liquidi (es. percolati di discarica RSU).

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
300-400.000 € per un impianto da 27.000 t/anno
• Sistema di fornitura d'aria
• Pretrattamenti
• Strumentazioni per il (tele)controllo in tempo reale di processo
Costi di gestione (per trattamento EA pre-digeriti)
Da 1 a 3 €/m^3
• Uso di carbonio esterno (in caso di trattamento di digestato)
• Efficienza e controllo dei sistemi di aerazione
• Assistenza avviamento processo biologico



Schema grafico



Grado di sviluppo

La tecnologia necessaria alla realizzazione di tale processo è presente sul mercato da oltre trent'anni. Si può ritenere raggiunta la maturità commerciale. Nell'ultimo decennio, inoltre, sono stati sviluppati sistemi di controllo automatico di processo in tempo reale, sulla base di algoritmi programmabili anche su comuni PLC commerciali. Pertanto, si ritiene che la tecnologia sia al momento consolidata e, se accoppiata al (tele)controllo automatico delle fasi di reazione, ottimizzata.

Prodotti finali

Il prodotto ottenuto è un effluente liquido chiarificato e opportunamente depurato dal carico di azoto totale. L'effluente solido, ovvero il fango di supero biologico, ha un contenuto di azoto del 3-5% su sostanza secca. Le emissioni in atmosfera sono poco significative, comunque funzione della temperatura del fango attivo, dunque dell'equilibrio delle forme azotate, e del sistema di aerazione.

Destinazione prodotti finali

L'effluente liquido può essere stoccato e utilizzato in agricoltura o ulteriormente trattato con processi di affinamento (anche naturali) per raggiungere qualità di scarico in corpo idrico superficiale.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Elevati livelli di abbattimento di azoto • Possibilità di telecontrollo del processo e telemonitoraggio • Tecnologia consolidata ed ottimizzata • Possibilità di rimozione contestuale del fosforo	• Non permette recupero dell'azoto • Ingombri piuttosto elevati, ma inferiori rispetto ai processi biologici alimentati in continuo

Considerazioni finali

I processi di trattamento biologico in reattori a sequenza di fase sono realizzati in tecnologie consolidate ed affidabili, ottimizzabili tramite sistemi di tele-controllo automatico. Le prestazioni di rimozione dell'azoto possono essere molto elevate, fino a permettere scarico in corpo d'acqua superficiale dopo trattamenti di affinamento, anche naturali (es. fitodepurazione). Rispetto ai processi biologici alimentati in continuo, i reattori a sequenza di fase permettono maggiore flessibilità gestionale e minori volumetrie di reazione, a parità di prestazioni di rimozione dell'azoto.

5.4 Processi innovativi “via nitrito”

Descrizione trattamento

I processi biologici innovativi “via nitrito” realizzano la corto-circuitazione della rimozione dell’azoto tramite (1) nitrosazione+denitrosazione o (2) nitrosazione parziale+ossidazione anaerobica dell’ammoniaca (AnAmmOx®).

Nel primo caso la reazione di ossidazione aerobica dell’ammoniaca è arrestata a nitrito fino alla percentuale di rimozione di azoto voluta. Successivamente essa è seguita da denitritazione eterotrofa. Rispetto ai processi biologici convenzionali di nitrificazione-denitrificazione (sia in continuo che SBR), questa tecnologia comporta risparmi almeno di: 25% sulla richiesta di ossigeno, 40% sulla fonte di carbonio e 40% sulla produzione di nuova biomassa. Essa può essere realizzata in diverse configurazioni reattoristiche, in continuo o in fase sequenziale (SBR), dove la soluzione in SBR permette migliori possibilità di controllo automatico di processo.

Nel secondo caso la reazione aerobica di nitrosazione è parziale e ossida circa 50-60% dell’azoto ammoniacale, in modo da produrre una miscela di azoto nitroso e ammoniacale in proporzione molare 1:1. Successivamente l’ammonio è ossidato anaerobicamente con contestuale riduzione del nitrito. Rispetto ai processi biologici convenzionali di nitrificazione-denitrificazione, questa tecnologia comporta risparmi almeno di: 60% sulla richiesta di ossigeno, 100% sulla fonte di carbonio e 85% sulla produzione di nuova biomassa. Essa può essere realizzata in diverse configurazioni reattoristiche, alimentate in continuo o in fase sequenziale (SBR), anche secondo soluzioni tecnologiche coperte da brevetto industriale.

Riduzione Azoto

Sia il processo di nitrosazione+denitrosazione che di nitrosazione parziale+AnAmmOx® possono determinare una riduzione di azoto totale superiore al 90%. Le emissioni di odori sono trascurabili nel caso di nitrosazione+denitrosazione, mentre possono essere significative, e richiedere abbattimenti delle sostanze odorigene, in caso di nitrosazione parziale+AnAmmOx®.

Attuale ambito di applicazione

I processi biologici di nitrosazione+denitrosazione sono applicati negli ultimi anni sia al settore zootecnico sia a quello municipale e industriale, anche come modifica innovativa dei processi convenzionali di nitrificazione-denitrificazione.

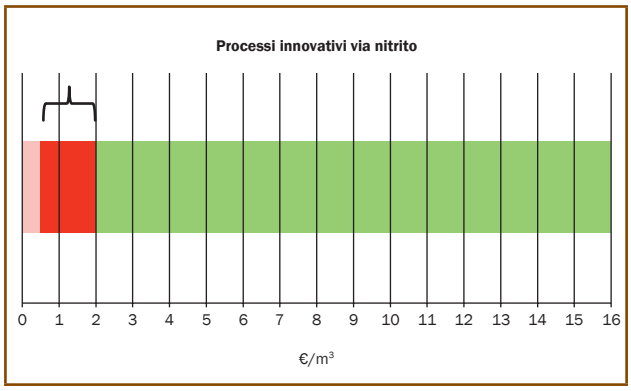
Nel settore zootecnico non sono note applicazioni in piena scala del processo nitrosazione parziale+ossidazione anaerobica dell’ammoniaca (AnAmmOx®). D’altra parte, tale processo è applicato con successo per il trattamento della frazione liquida del digestato di fanghi di depurazione o di acque reflue industriali ad alto carico azotato.

Grado di sviluppo

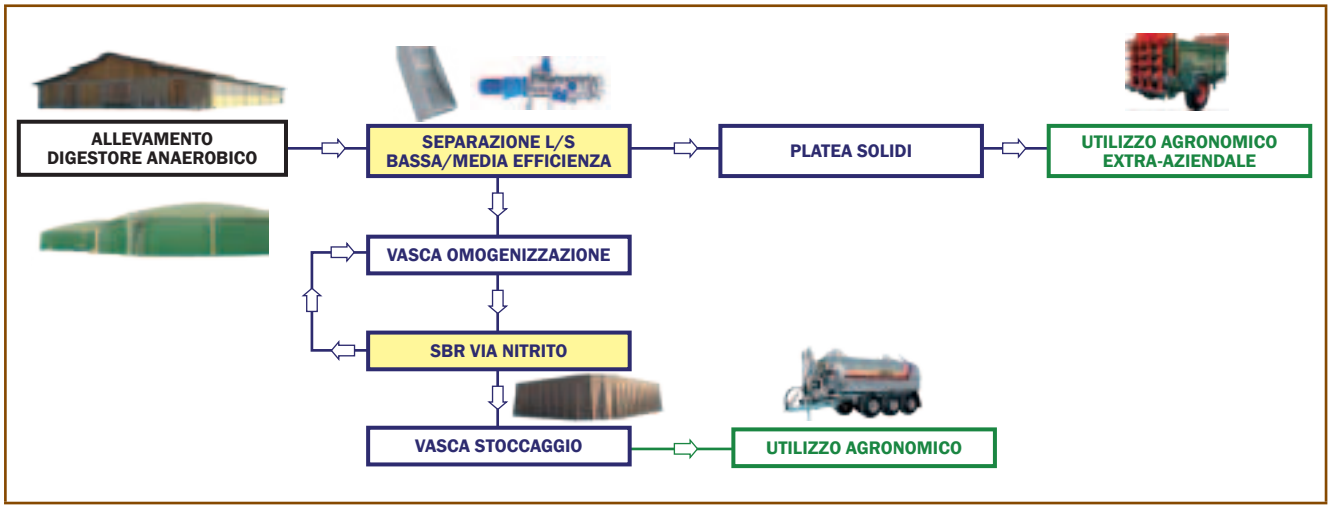
Il processo di nitrosazione+denitrosazione è applicato in piena scala da qualche anno in Europa, anche come modifica innovativa di esistenti impianti progettati con processi convenzionali. D’altra parte, il processo di nitrosazione parziale+ossidazione anaerobica dell’ammoniaca (AnAmmOx®) è in fase di sviluppo e i tempi per la sua matura e affidabile applicabilità in ambito zootecnico sono difficilmente prevedibili.

Costi di investimento e gestione

Costi d’investimento (per processi di nitrosazione+denitrosazione e trattamento EA pre-digeriti)
300-400.000 € per un impianto da 27.000 t/anno
• Sistema di fornitura d’aria
• Pretrattamenti
• Strumentazioni per il (tele)controllo di processo in tempo reale
Costi di gestione (per processi di nitrosazione+denitrosazione e trattamento EA pre-digeriti)
Da 0,5 a 2 €/m^3
• Uso di carbonio esterno (in caso di trattamento di digestato)
• Efficienza e controllo dei sistemi di aerazione
• Assistenza avviamento processo biologico



Schema grafico



Prodotti finali

Al pari dei processi biologici convenzionali anche i processi innovativi trasformano l'azoto ammoniacale in azoto gassoso inerte. Una frazione inferiore al 10% è trasformata in biomassa cellulare, mentre l'effluente liquido può contenere forme azotate in funzione dell'efficienza di rimozione voluta dal processo.

Destinazione prodotti finali

L'effluente liquido può essere stoccato e utilizzato in agricoltura o ulteriormente trattato con processi di affinamento (anche naturali) per raggiungere qualità di scarico in corpo idrico superficiale.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Drastici abbattimenti dei costi rispetto ai processi convenzionali, specialmente per il trattamento di effluenti di allevamento predigeriti • Livelli di abbattimento di azoto molto elevati • Possibilità di (tele)controllo del processo e (tele)monitoraggio • Possibilità di applicazione come modifica innovativa di SBR convenzionali esistenti	• Limitate e recenti applicazioni industriali • Necessità di personale qualificato specialmente in fase di avviamento • In caso di trattamenti di affinamento e scarico in acqua superficiale, necessità di post-trattamento per garantire adeguata concentrazione di nitriti allo scarico

Considerazioni finali

I processi innovativi di trattamento biologico hanno trovato da qualche anno applicazione in piena scala secondo la tecnologia di nitrosazione-denitrosazione. Rispetto ai processi convenzionali consentono risparmi del 30-50% sui costi di gestione in caso di trattamento di effluenti di allevamento predigeriti. Ad oggi tali tecnologie non sono consolidate al pari dei processi biologici convenzionali, ma si prospettano come il naturale ammodernamento degli stessi.

5.5 Stoccaggio controllato

Descrizione trattamento

Per "stoccaggio controllato" di EA palabili, nello specifico avicoli, si intende la conservazione dei medesimi – ottenuti alla fine di un ciclo di produzione per gli allevamenti da carne a terra o all'uscita del ricovero/sistema di essiccazione per quelli di galline ovaiole – in una concimaia, coperta, per un periodo variabile da 2 a 3 mesi. Nella concimaia il materiale viene posto in cumulo, possibilmente lineare, a sezione trapezoidale (larghezza 3,5 m, altezza 2,0 m), e sottoposto a 3-4 rivoltamenti eseguiti con la pala meccanica aziendale, opportunamente cadenzati tra di loro. Questa gestione è finalizzata a favorire le fermentazioni microbiche aerobie che naturalmente si sviluppano nei cumuli in stoccaggio ed il conseguente innalzamento termico della massa che, grazie ai rivoltamenti, permette di superare i 70 °C e di mantenere questa condizione per parecchi giorni. Così sostenute, queste fermentazioni portano all'igienizzazione del materiale secondo quanto previsto dai Reg. (CE) 1069/2009 e Reg. (UE) 142/2011, che regolano la trasformazione e l'immissione sul mercato (dei fertilizzanti) di questi materiali, classificati come "stallatico", sottoprodotto di origine animale (SOA) di categoria 2. La copertura della concimaia risulta indispensabile per eliminare l'effetto della eccessiva bagnatura e del conseguente raffreddamento della massa, in occasione di prolungate precipitazioni, contro le quali nulla può l'"effetto pagliaio" svolto dallo strato esterno del cumulo.

Riduzione Azoto

Si tratta di un trattamento essenzialmente conservativo nei confronti dell'azoto, finalizzato a valorizzare questo tipo di deiezioni come concime organico NP. Le perdite di azoto per volatilizzazione durante lo stoccaggio controllato sono in ogni caso riconducibili a quelle che caratterizzano uno stoccaggio convenzionale.

Attuale ambito di applicazione

Le deiezioni avicole sono da tempo utilizzate, da sole o in miscela con altri ingredienti, per la produzione di fertilizzanti organici presso stabilimenti riconosciuti e autorizzati. Le deiezioni avicole, in quanto *stallatico non trasformato*, materiale di categoria 2, per poter essere immesse sul mercato come fertilizzante devono essere sottoposte a un trattamento termico di igienizzazione di almeno 70 °C per 1 ora, a seguito del quale diventano *stallatico trasformato*. Questo trattamento attualmente avviene presso stabilimenti (ditte produttrici di fertilizzanti) autorizzati a ricevere e trattare materiali di categoria 2. Molto meno frequente è il caso di singoli allevamenti (avicoli) che attuano tale trasformazione per la cessione a terzi. Si tratta molto spesso di situazioni che sfruttano autorizzazioni rilasciate prima dell'entrata in vigore degli attuali criteri di gestione (avviati con il Reg. (CE) 1774/02) e che pertanto, pur rispettando di fatto i vincoli sanitari, si pongono in un limbo normativo che sopravvive solo grazie a queste di fatto labili autorizzazioni.

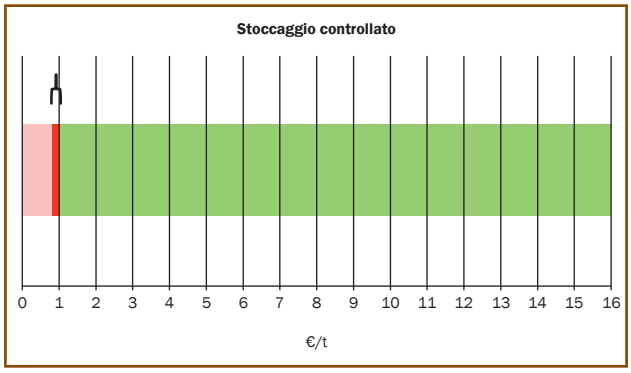
Costi di investimento e gestione

La tecnologia è estremamente semplice, limitandosi alla realizzazione di una concimaia (qualora non sia già esistente), o alla sua copertura, secondo quanto previsto dal *Codice di Buona Pratica Agricola* (CBPA) (platea impermeabile, dotata di un'adeguata pendenza, pareti di contenimento), caratteristiche riprese dalla Direttiva 96/61/CE *"Sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento"* (IPPC).

Costi d'investimento
95-125 €/m^2 di concimaia *
53-58 €/m^2 di copertura concimaia **
• Quantità di prodotto da stoccare
• Presenza/assenza di copertura
• Rivoltamento meccanico
Costi di gestione
0,8-1 €/t di prodotto messo in cumulo
• Numero dei rivoltamenti
• Quantità di prodotto da rivoltare
• Attrezzatura utilizzata

* Concimaia di 300-350 m^2 con pareti di contenimento costituite da moduli prefabbricati (alti 2,7 o 3,5 m)

** Copertura in struttura metallica a tunnel con telo ignifugo in PVC del peso di 650 g/m^2, realizzata a norma di legge e in grado di coprire luci da 11 a 14 m



Grado di sviluppo

Contrariamente a quanto avviene negli altri settori del comparto zootecnico, in quello avicolo la pratica dello stoccaggio aziendale non ha avuto una grande diffusione; ad essa sono state preferite altre forme gestionali, come ad esempio l'accumulo temporaneo sui terreni oppure la

Schema grafico

cessione del materiale disponibile al termine di un ciclo produttivo a ditte autorizzate al ritiro e al trasporto (come rifiuto) verso impianti per la trasformazione in fertilizzanti (concimi e/o ammendanti).

Prodotti finali

Al termine dello stoccaggio controllato in concimaia aziendale si ottiene un prodotto potenzialmente classificabile come "stallatico trasformato" conforme a quanto richiesto dai Reg. (CE) 1069/2009 e Reg. (UE) 142/2011.

Destinazione prodotti finali

Il materiale così ottenuto avrebbe pertanto le caratteristiche per essere immesso sul mercato come "pollina essiccata", così come previsto dal D.Lgs. 75/2010 *"Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'art. 13 della legge 7/07/09 n. 88"*. Si utilizza il condizionale in quanto la trasformazione non avviene presso i siti descritti dal Reg. (UE) 142/2011 (All. XI, sez. 2, lett. a: impianti di produzione di biogas o di compostaggio, impianti di fabbricazione di fertilizzanti organici o ammendanti).

Punti di forza	Punti di debolezza
• Ulteriore possibilità, a basso impatto ambientale e sociale, per far uscire da un determinato territorio i quantitativi di azoto contenuti nelle deiezioni avicole eccedenti i fabbisogni colturali dei terreni che ricadono in quel territorio • Soluzione semplice e poco costosa per quanto riguarda la dotazione impiantistica e le attività di gestione dei cumuli • Promuove, con particolare riferimento agli allevamenti da carne, l'utilizzo della concimaia come elemento strategico nella gestione generale dei cicli produttivi, in quanto svincola gli allevatori dall'obbligo di allontanare, ad ogni costo, la lettiera dall'azienda prima dell'avvio del ciclo successivo • La trasformazione che avviene a carico del materiale esercita un positivo effetto anche nel controllo di agenti patogeni non considerati dal Reg. (CE) 1069/09	• Manca un riconoscimento ufficiale che faccia chiarezza sulle modalità di trasferimento (immissione sul mercato) del materiale al di fuori dell'azienda come "pollina essiccata" • Nel caso di allevamenti particolarmente vicini a zone abitate, e di concimaie scoperte, può verificarsi un problema di diffusione di odori e polveri dovute al rivoltamento soprattutto nelle prime fasi dello stoccaggio • La concimaia è ancora considerata fonte di trasmissione di malattie, fatto vero quando il materiale in essa contenuto non venga sottoposto ad una adeguata igienizzazione e risulti troppo vicina alle stalle

Considerazioni finali

L'idea della tecnica denominata "stoccaggio controllato", applicata agli EA avicoli, nasce dalla constatazione che, anche in un cumulo non rivoltato, la temperatura della massa può raggiungere livelli compatibili con l'igienizzazione del materiale. L'assenza di un sistematico controllo, ed in particolare di rivoltamenti, rende però incerto e non ripetibile questo risultato. Da qui la messa a punto di un protocollo che, sfruttando la presenza di una concimaia aziendale opportunamente attrezzata, sia in grado di assicurare l'effettiva igienizzazione di questi materiali, ovvero la loro *trasformazione*, secondo quanto previsto dai Reg. (CE) 1069/09 e Reg. (UE) 142/11 per lo *stallatico* (denominazione che comprende anche le deiezioni avicole, considerate dalla vigente normativa sanitaria come "sottoprodotto di origine animale" di categoria 2), prerequisito fondamentale per procedere alla loro immissione sul mercato. Da questo punto di vista la tecnica dello stoccaggio controllato si pone, al tempo stesso, come soluzione convenzionale, matura ed auspicabile, per quanto concerne lo stoccaggio (potendo essere un motivo valido per una sua maggiore diffusione nel settore avicolo), e come soluzione innovativa (se si può usare questo termine) in quanto finalizzata, non tanto a produrre un materiale da utilizzare direttamente sui terreni (dell'azienda o di terzi), quanto a garantirne l'immissione sul mercato affiancandosi, anche in maniera sinergica, a percorsi già in essere che vedono la trasformazione, e la successiva commercializzazione, affidata a Ditte autorizzate. Tutto ciò nell'intento di contribuire a ridurre, e possibilmente annullare, le problematiche connesse alla presenza, in determinati ambiti territoriali, di surplus azotati. Al momento la sua diffusione è impedita dal fatto che l'Autorità Sanitaria non riconosce all'allevamento – ed in particolare alla concimaia aziendale – la qualifica di "impianto/stabilimento" (autorizzato ad attuare la trasformazione), qualifica di cui del resto essi già godono, ad esempio, nell'ambito dell'acquisizione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale prevista, in origine, dalla Direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC).

6 TRATTAMENTI TERZIARI DI AFFINAMENTO CON SISTEMI NATURALI

I processi di trattamento terziari hanno lo scopo di affinare la depurazione riducendo il carico di elementi nutritivi, come azoto e fosforo presenti nell'effluente secondario. In certi casi questi trattamenti sono in grado di eliminare sostanze poco biodegradabili, derivanti dai precedenti trattamenti o dal metabolismo batterico.

Indice

- 6.1 Aree Filtro Forestali (AFF)..... pag. 55
- 6.2 Sistema Ibrido di Fitodepurazione (SIF)..... » 57

6.1 Aree Filtro Forestali (AFF)

Descrizione trattamento

Le aree forestali, sia di tipo naturale che artificiale, vengono definite "filtro forestali" (AFF) nel caso in cui siano in grado di svolgere una specifica azione depurante nei confronti delle sostanze (azoto, fosforo, solidi sospesi, pesticidi, *etc*) veicolate dalle acque che le attraversano. Il termine "area" indica generalmente la presenza di impianti estesi, mentre nel caso di sistemi lineari, posti in genere lungo i corsi d'acqua del reticolo minore (scoline, fossi, canali, *etc*), si parla più comunemente di fasce tampone.

Il trattamento qui indicato si riferisce alla distribuzione di reflui in aree forestali a pieno campo e realizzate anche per svolgere altre funzioni specifiche quali la produzione di biomasse e, solo in impianti posti in alta pianura, anche la ricarica della falda (in questo caso definite come Aree forestali di infiltrazione, AFI).

L'azione depurativa è il risultato dell'azione combinata di processi vegetazionali e microbici che si verificano nello strato di suolo attivo, generalmente coincidente con la rizosfera. Le dinamiche idrologiche, strettamente dipendenti dal tipo di suolo, influenzano in modo determinante questi processi. In suoli permeabili di alta pianura i deflussi avvengono prevalentemente con direzione verticale e in tempi rapidi; la distribuzione di reflui su AFF, rispetto ad altre colture, permette il contenimento delle perdite di inquinanti disciolti verso la falda grazie allo scarso disturbo praticato al suolo nel corso delle attività colturali, alla possibilità di distribuzioni frequenti, distanziate e poco concentrate dei reflui e al forte sviluppo verticale degli apparati radicali che incrementa lo strato attivo nei processi depurativi.

Nei suoli poco permeabili di bassa pianura i deflussi avvengono prevalentemente per via sub-superficiale e con velocità ridotte; la vegetazione arborea svolge prevalentemente un ruolo di supporto in termini di sostanza organica all'attività microbica; i processi depurativi trovano generalmente in questi suoli le condizioni ottimali per realizzarsi.

Riduzione Azoto

Le prime esperienze messe a punto in Veneto hanno indicato che, per questo tipo di trattamento, il fattore limitante principale è costituito dal profilo pedologico dei suoli su cui vengono riprodotte le aree filtro. Sono infatti maggiormente adatti i terreni limo-argillosi, per l'elevata ritenzione idrica e la scarsa permeabilità che li caratterizza, ciò che permette di limitare al minimo i fenomeni di lisciviazione tipici dei terreni sciolti.

I tassi di riduzione di azoto ascrivibili alle aree di infiltrazione, al netto delle perdite sotto forma di emissioni in atmosfera, connesse al processo di distribuzione, variano tra il 70 e il 90% a seconda del tipo di terreno.

Attuale ambito di applicazione

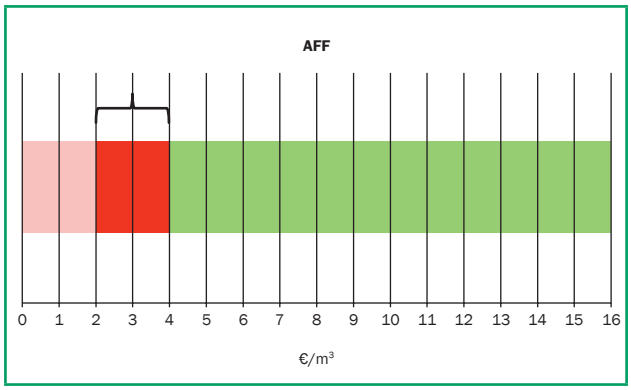
Le aree filtro forestali trovano attualmente applicazione nel trattamento di inquinanti diffusi anche se esistono esperienze di utilizzo di questi sistemi nel post-trattamento di reflui provenienti da fonti di inquinamento puntuali.

Grado di sviluppo

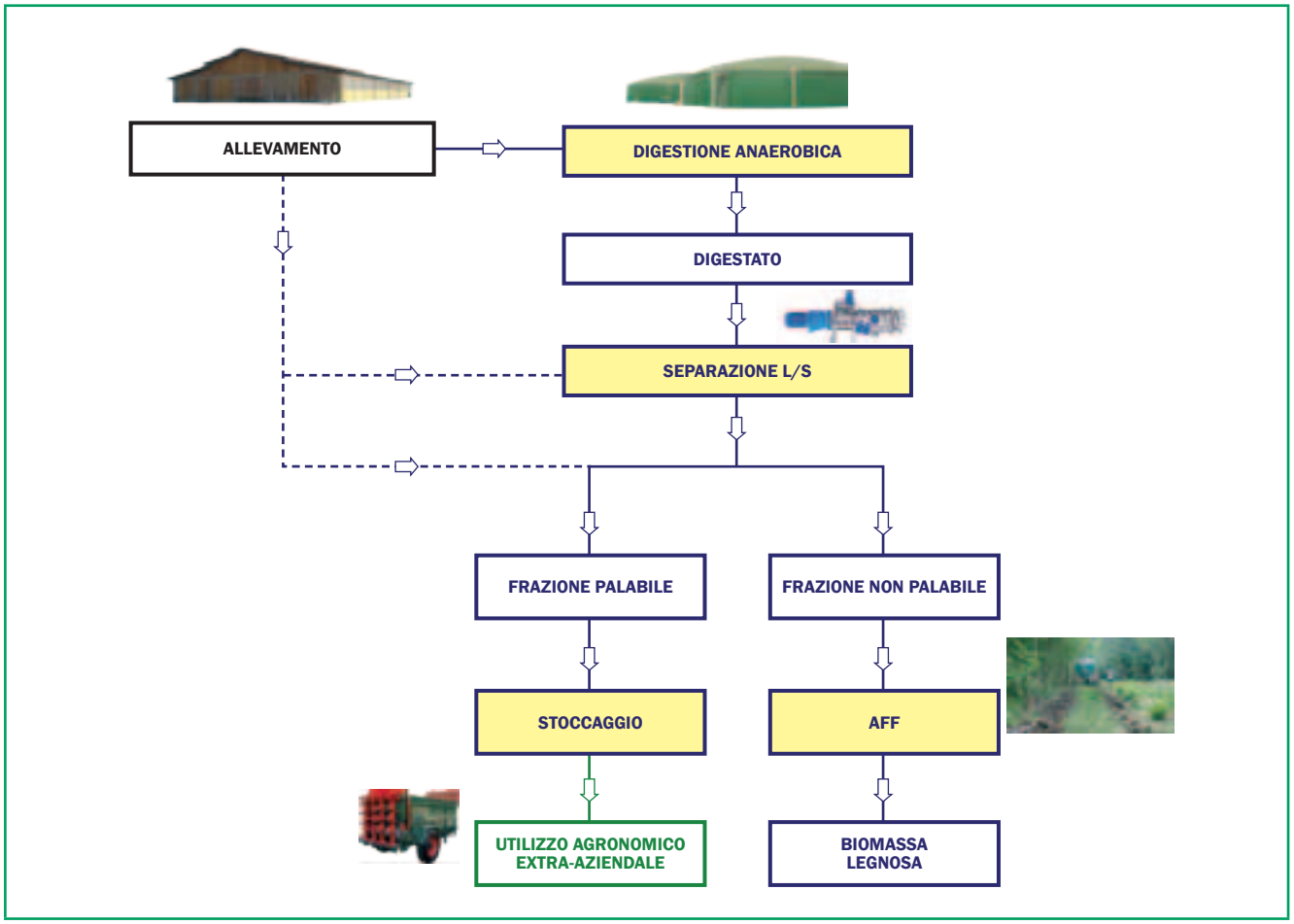
L'utilizzo di sistemi arborei con effetto filtro e per la produzione di biomassa legnosa ha già numerose applicazioni mentre, con la finalità di trattamento degli effluenti di allevamento, la sua diffusione è ancora sperimentale. Così pure il trattamento con tale tecnica dei digestati.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
15-18.000 €/ha
• Sistemazioni fondiarie
• Sesti di impianto
• Pacciamatura
Costi di gestione
Da 2 a 4 €/m^3
• Manutenzione opere fondiarie
• Controllo componente erbacea
• Taglio biomassa



Schema grafico



Prodotti finali

Nelle aree filtro forestali è possibile produrre biomassa legnosa utilizzabile a fini energetici. Nello specifico si possono utilizzare salice bianco (*Salix alba*), platano (*Platanus hispanica*), frassino ossifillo (*Fraxinus angustifolia*) e paulonia (*Paulownia tomentosa*).

Destinazione prodotti finali

La biomassa prodotta dagli impianti di infiltrazione forestale può essere reimpiegata in azienda per la produzione di bioenergia o essere venduta sul mercato sia per fini energetici che per altri scopi.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Semplicità impiantistica • Esternalità positive legate alla ricarica della falda e alla conservazione della biodiversità locale • Possibile introduzione di una remunerazione di tale tecnologia nella forma del servizio ambientale	• Minor efficienza di tale tecnologia con suoli sciolti • In presenza di suoli pesanti vanno adottate tecnologie adeguate alla distribuzione dei reflui in profondità • Stagionalità dell'attività biochimica

Considerazioni finali

Si tratta di un processo biologico di trattamento degli EA che avviene grazie all'azione combinata di processi vegetazionali e microbici che si verificano nello strato di suolo attivo, generalmente coincidente con la rizosfera. Accanto all'effetto di fitodepurazione, nel caso delle AFI, esse contribuiscono in modo molto significativo al mantenimento dei livelli della falda freatica e alla produzione di biomasse legnose dedicate alla valorizzazione energetica o ad altri impieghi produttivi.

Questi sistemi di trattamento sono maggiormente efficienti su suoli privi di pendenza e caratterizzati da drenaggi modesti. Il loro impiego per il trattamento degli EA è ancora in fase sperimentale.

6.2 Sistema Ibrido di Fitodepurazione (SIF)

Descrizione trattamento

Il sistema ibrido prevede l'uso combinato di tecniche di fitodepurazione differenti fra loro. I sistemi di fitodepurazione in vasche qui considerati sono riconducibili a tre tipologie: flottante, a flusso sommerso verticale e a flusso sommerso orizzontale. I sistemi flottanti fanno ricorso a supporti galleggianti su corpi idrici sui quali sono poste piante palustri che, attraverso l'apparato radicale, svolgono l'azione di filtro. Gli impianti a flusso sommerso sono costituiti da vasche impermeabilizzate riempite di un substrato poroso e permeabile (ghiaia, sabbia o altro materiale) su cui viene piantumata la vegetazione. Il refluo viene immesso nella parte alta, da un lato della vasca e scaricato all'estremità opposta (flusso orizzontale), oppure distribuito sulla superficie e raccolto dal fondo della vasca (flusso verticale).
La rimozione dell'azoto avviene attraverso il metabolismo batterico, per assorbimento della pianta e per sedimentazione. Anche se l'assorbimento da parte delle piante può avere un effetto significativo, la maggior parte della rimozione dell'azoto è attribuibile alla denitrificazione batterica, che comporta la trasformazione e liberazione di azoto gassoso in atmosfera. Il ruolo delle piante è di fornire un substrato e una fonte di carbonio organico per i microrganismi denitrificanti.
Affinché il trattamento di fitodepurazione risulti efficace, il liquame deve subire preliminarmente processi rivolti alla diminuzione della concentrazione dell'azoto totale, fino a raggiungere livelli inferiori ai 500 mg/l e preferibilmente di 250 mg/l; ciò in considerazione del fatto che un liquame tal quale in uscita da un allevamento normalmente presenta livelli di concentrazione da quattro a dieci volte superiori.

Riduzione Azoto

L'impianto ibrido di fitodepurazione riduce la concentrazione di azoto totale presente nel refluo pretrattato in misura variabile dal 42 al 63%, in relazione all'assetto impiantistico, ai valori di concentrazione in ingresso e alle modalità di gestione. Ciò corrisponde a una rimozione giornaliera di azoto totale di circa 2 g/m^2, che corrisponderebbero circa a 7.000 kg/anno rimossi avendo a disposizione la superficie di un ettaro. Risultati migliori vengono ottenuti dalle vasche a flusso verticale, nonostante le dimensioni ridotte rispetto alla vasca a flusso orizzontale.

Attuale ambito di applicazione

L'impiego di questa tecnica è consolidato nel settore civile; viene utilizzata anche nel settore agro-industriale (es. caseifici, cantine) e per il trattamento delle acque di drenaggio delle superfici agrarie. Gli impianti di fitodepurazione sono impiegati, inoltre, per la riqualificazione ambientale in parchi, riserve, corsi d'acqua.

Grado di sviluppo

In ambito internazionale esistono numerosi impianti che utilizzano sistemi di fitodepurazione per la depurazione di reflui prodotti da bovini da latte e da suini. Nel contesto italiano, invece, per il trattamento dei liquami zootecnici sono stati realizzati alcuni impianti pilota.

Prodotti finali

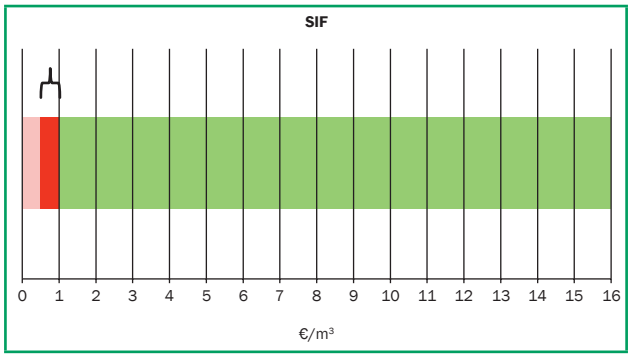
I prodotti in uscita dal sistema ibrido di fitodepurazione sono il liquido chiarificato inodore, con valori di torbidità compresi tra 100 e 400 NTU (unità nefelometriche di torbidità), nonché l'azoto atmosferico. Va poi considerata la biomassa prodotta, che può essere costituita da *Canna indica, Phragmites australis* e *Juncus effusus*.

Destinazione prodotti finali

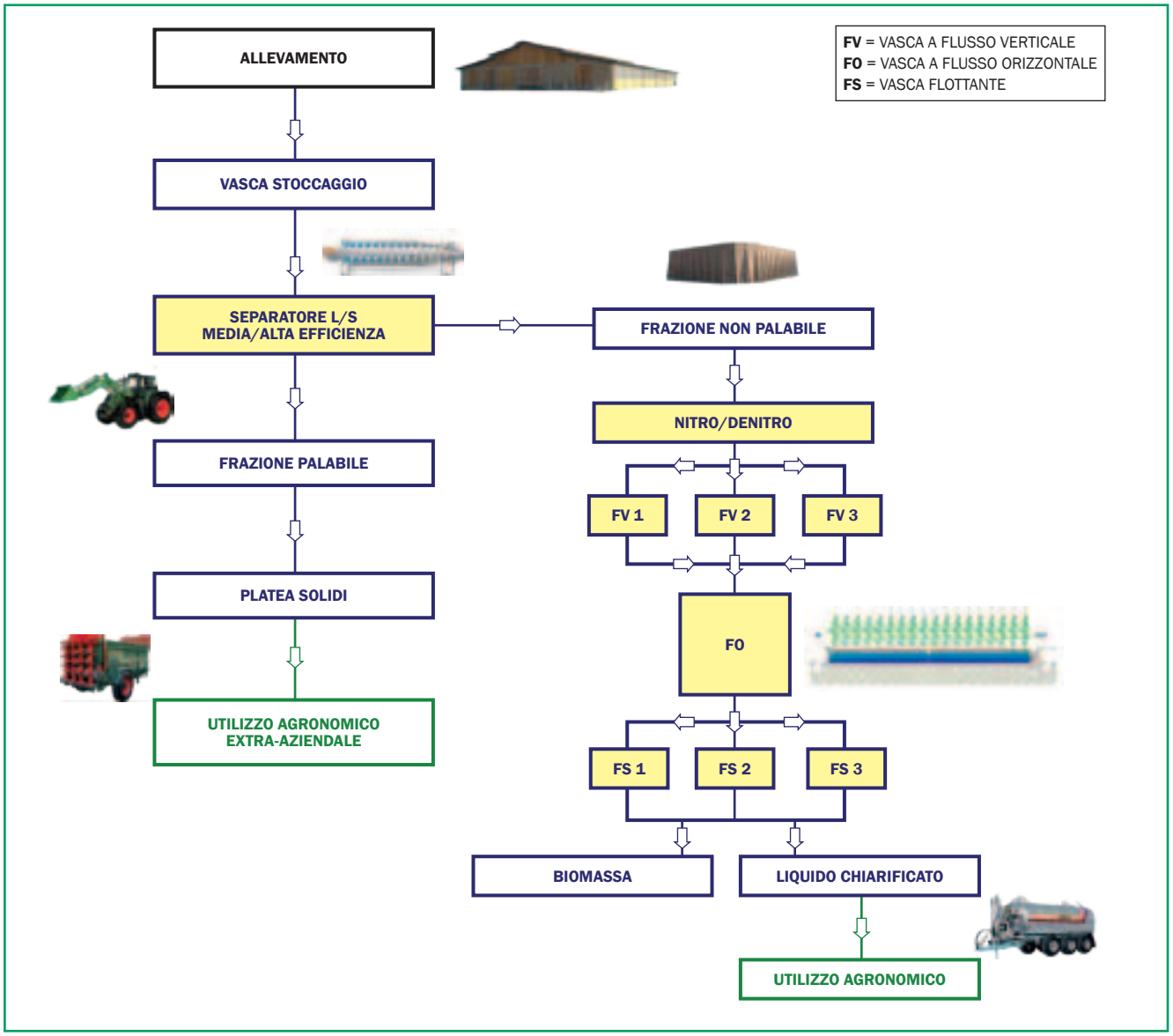
Il chiarificato in uscita dal processo può essere reimpiegato nel ciclo produttivo aziendale (es. acqua di lavaggio, fertirrigazione localizzata).
Inoltre, la biomassa prodotta dal letto fitodepurante può essere reimpiegata in azienda a fini energetici.

Costi di investimento e gestione

Costi d'investimento
100-200 €/m^2 per un Sistema Integrato di Fitodepurazione
• Carico di azoto da rimuovere
• Disponibilità di superficie
• Tipologia di vasche adottate
Costi di gestione
Da 0,5 a 1 €/m^3
• Taglio annuale della biomassa
• Energia elettrica
• Pulizia filtri



Schema grafico



Punti di forza	Punti di debolezza
• Assenza di odori e rumori molesti • Possibilità di costruire impianti ibridi con la combinazione di vari sistemi integrati • Impianti complementari, facilmente modulabili • Semplicità costruttiva e semplicità di gestione e manutenzione	• Il sistema necessita di pretrattamenti in grado di ridurre la torbidità e il contenuto di azoto ammoniacale • Per lo sviluppo della biomassa e per un consistente sviluppo radicale delle piante sono necessari da sei mesi a un anno • Elevati costi di investimento • Necessità di superficie

Considerazioni finali

Nel caso di applicazione ai reflui zootecnici, il sistema di fitodepurazione va necessariamente preceduto da processi in grado di rimuovere la maggior parte dei nitrati presenti. Il liquido in entrata deve inoltre avere un basso tenore di solidi sospesi per non occludere i macropori presenti nel substrato (ghiaino, sabbia) impiegato per fare attecchire le piante acquatiche perenni che svolgono la funzione di fitodepurazione. Considerate le caratteristiche e le potenzialità di questo processo, esso si configura come un trattamento terziario di finissaggio collocabile a valle di trattamenti primari e secondari.

Stampato su carta riciclata

Finito di stampare nel mese di Marzo 2012
presso Sileagrafiche Srl
Via Marchesi, 7 - 31057 Silea (TV)
Tel. 0422.362162 - Fax 0422.361950
e-mail: sileagrafiche@sileagrafiche.it - www.sileagrafiche.it

ISBN 978-88-6337-088-1