
**Gestione degli effluenti
di allevamento
per ridurre il rilascio di nutrienti
nell'ambiente**

Gestione dei reflui e rilascio ambientale

Indice:

- Strutture di allevamento
- Gestione degli animali
- Caratteristiche degli stoccaggi per effluenti
- Trattamento degli effluenti

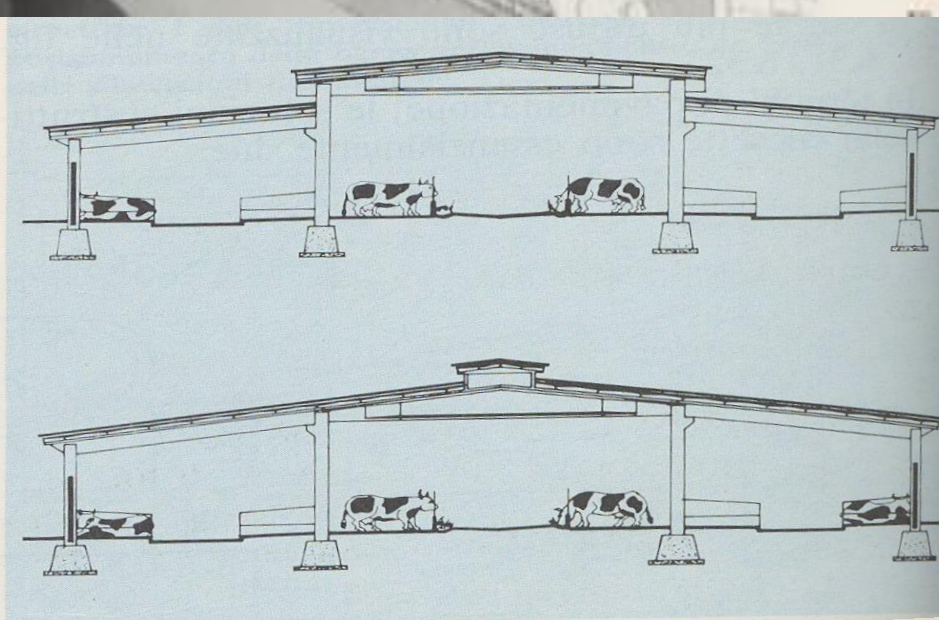
Strutture di allevamento

Strutture di allevamento

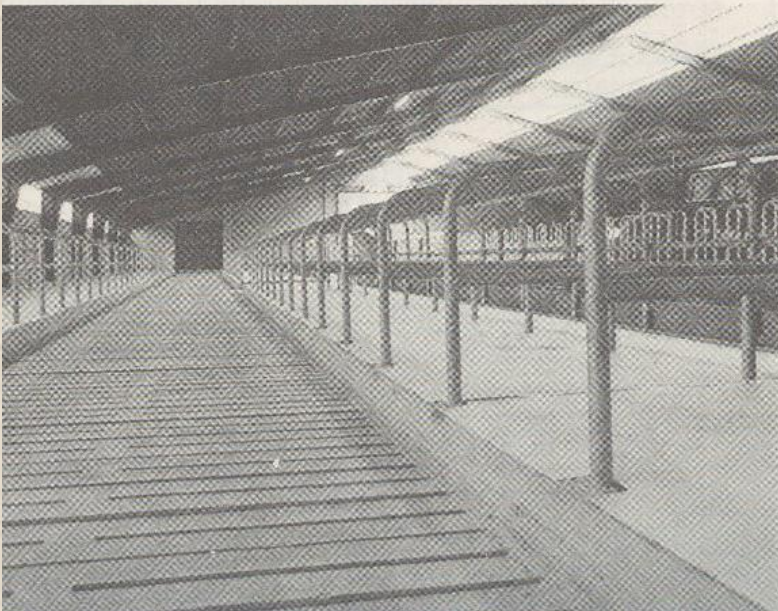
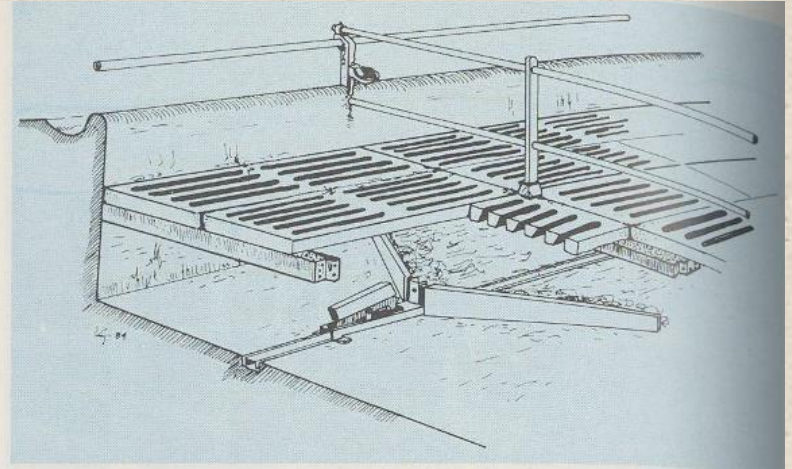
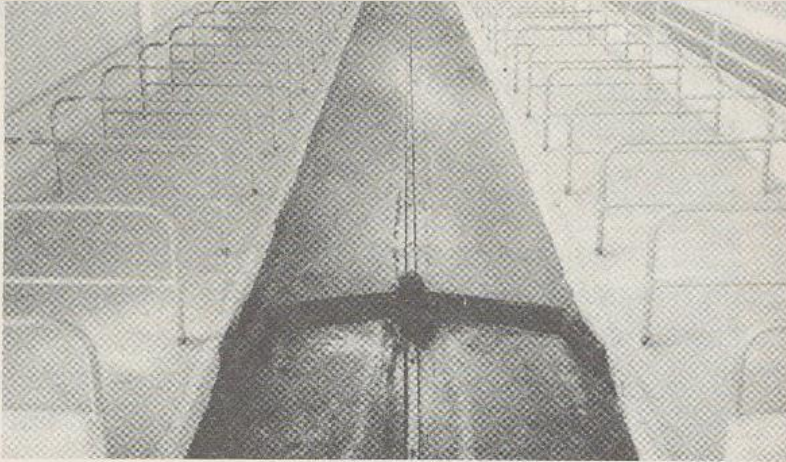
Negli allevamenti per bovini:

- a) Evitare **stalle libere aperte** con zone di riposo ed alimentazione separate da una **zona di esercizio scoperta**. " una soluzione ancora molto diffusa, soprattutto per il giovane bestiame da rimonta, e che va invece decisamente sconsigliata.
- b) Privilegiare le soluzioni accorpate nelle quali, durante le stagioni sfavorevoli, sia possibile escludere le zone scoperte.
- c) Favorire le **soluzioni elastiche** che, in presenza di disponibilità di materiali da lettiera, consentono di passare dalla produzione di liquame alla produzione di deiezioni solide (ciò porta a limitare l'uso del pavimento fessurato).
- d) Fare particolare attenzione al **settore della mungitura** prevedendo soluzioni che evitino/riducano l'uso di **acqua per il lavaggio** delle pavimentazioni e degli impianti.

Stabulazione libera con e senza paddock esterno



Sistemi di rimozione dei reflui: raschiatori



Sistemi di rimozione dei reflui: ricircolo reflui



Sistemi di rimozione dei reflui: ricircolo reflui



Strutture di allevamento

Negli allevamenti suini:

a) **Evitare** soluzioni costruttive che richiedono il lavaggio delle **pavimentazioni** e l'impiego di acqua per la veicolazione delle deiezioni.

L'adozione della **pavimentazione fessurata** su tutta, o parte, della superficie consente di evitare i lavaggi. La movimentazione delle deiezioni, raccolte nelle fosse sottostanti gli animali, deve essere realizzata e gestita in modo particolarmente accurato. Sono da privilegiare soluzioni che prevedono lo **svuotamento discontinuo e frequente** o che consentono l'**allontanamento, per semplice gravità, dei solidi**.

b) **Evitare** la realizzazione delle **fosse di stoccaggio dei liquami** sotto al fessurato ed all'interno del ricovero. Tale situazione, oltre che di solito più costosa, presenta numerose controindicazioni (oggi vietate nelle nuove strutture):

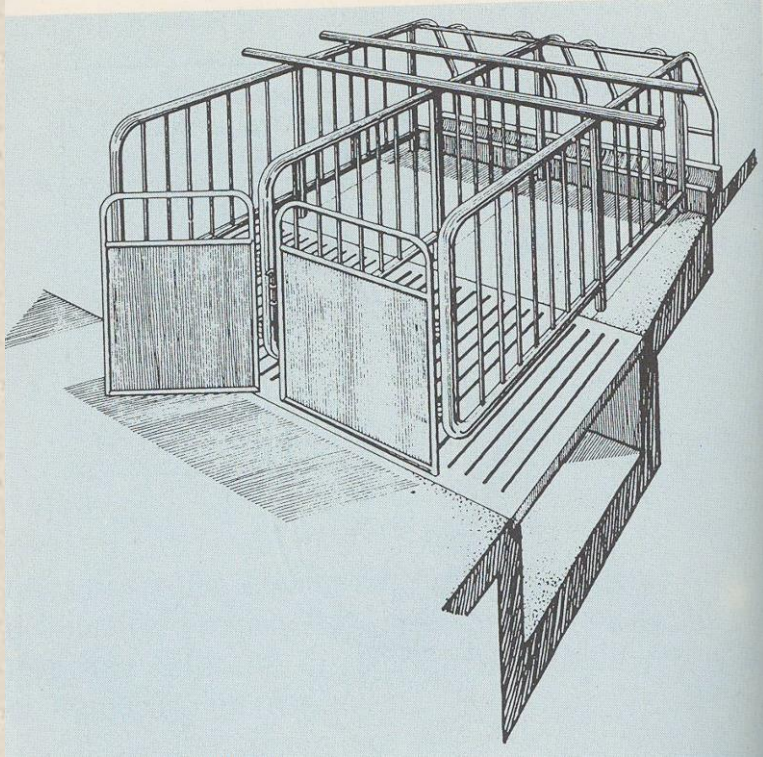
- o induce un aumento delle **emissioni di gas nocivi** (NH_3 , H_2S) nel ricovero;
- o la elevata profondità delle fosse aumenta la probabilità di interessare le falde più superficiali con rischi di **diluizione dei liquami, o inquinamento** delle falde;
- o comunque necessario uno stoccaggio esterno ove effettuare il **trattamento di omogeneizzazione**, pratica indispensabile per il corretto utilizzo agronomico dei liquami;
- o non è possibile conservare i liquami, per il **periodo minimo di cautela sanitaria**;

Le **fosse interne** al ricovero dovranno quindi essere progettate **solo per la veicolazione dei liquami**. In pratica non si dovrà superare una altezza complessiva di 80-100 cm.

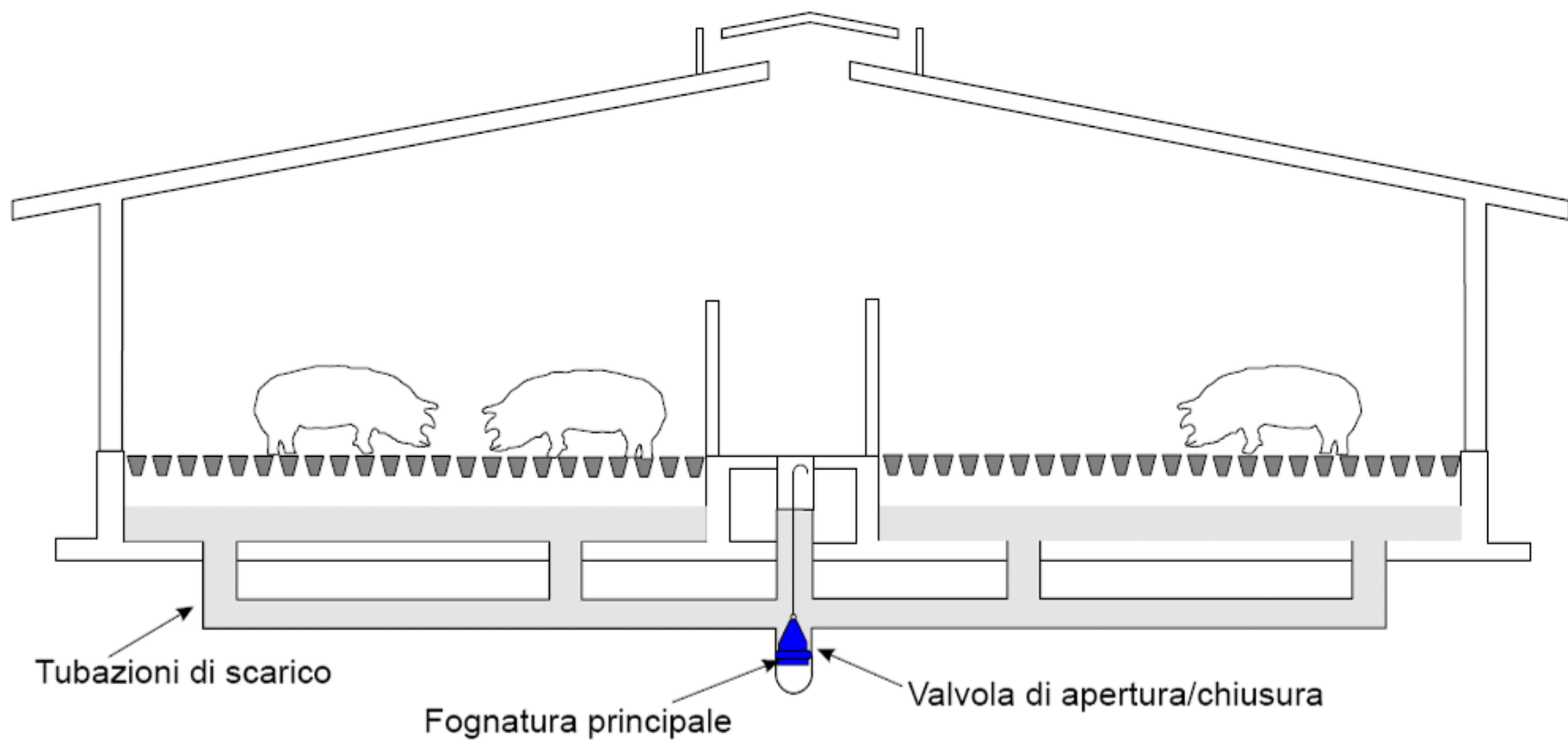
c) Adottare accorgimenti per **evitare ogni spreco d'acqua degli abbeveratoi**. questo deve rientrare nelle specifiche dei requisiti di ogni impianto idrico. Un ruolo importante, oltre al **tipo** ed al **numero** degli abbeveratoi, è svolto dalle modalità di **installazione** e dal livello della **pressione di erogazione**.

d) Nei nuovi insediamenti, progettare soluzioni che prevedano un **maggior tempo di permanenza degli animali nello stesso ambiente** riducendo anche le operazioni di lavaggio.

Sistemi di stabulazione per scrofe



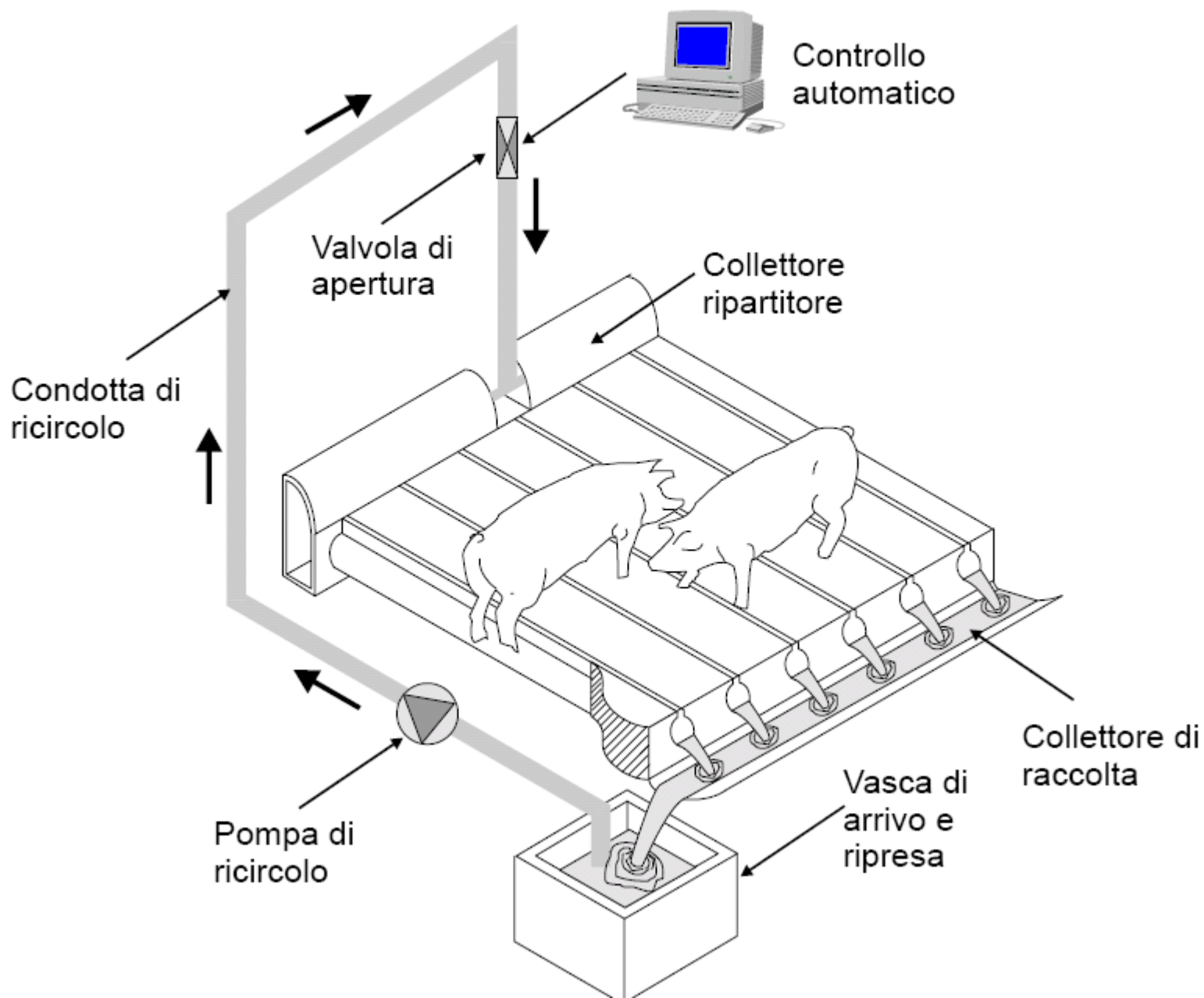
Sistemi di rimozione dei reflui



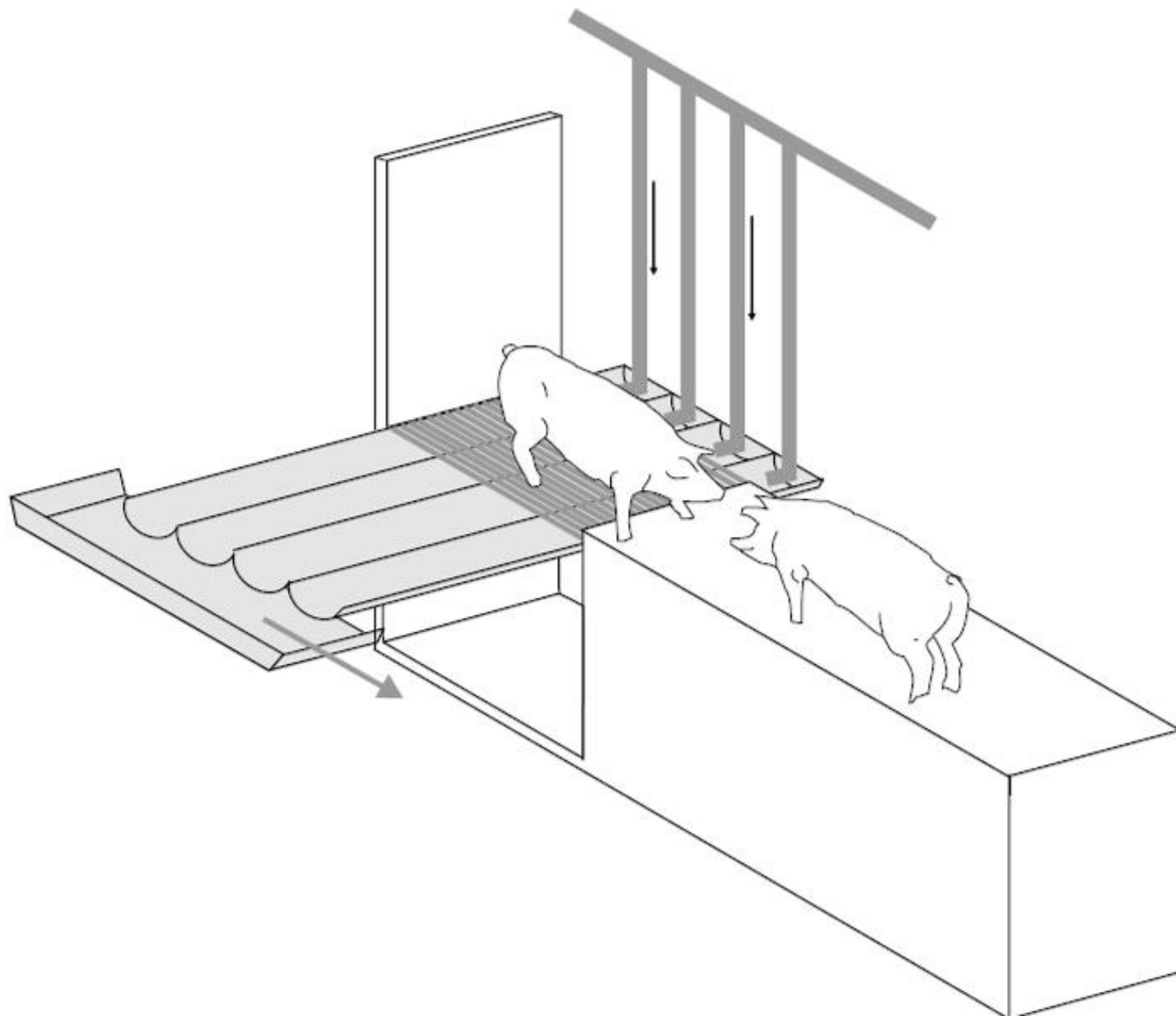
Sistemi di rimozione dei reflui



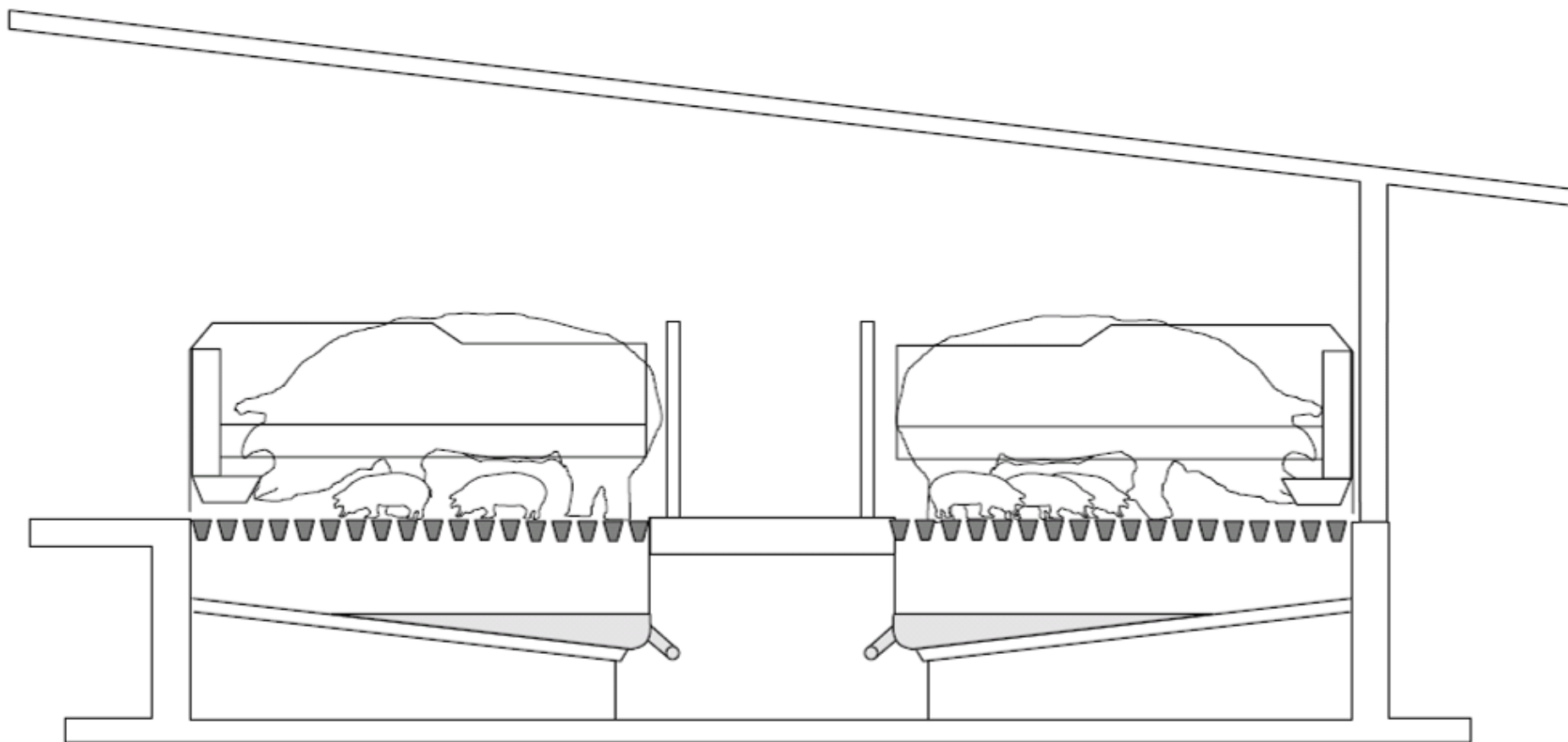
Sistemi di rimozione dei reflui



Sistemi di rimozione dei reflui



Sistemi di rimozione dei reflui



Strutture di allevamento

Negli allevamenti avicoli in gabbia:

a) Per quanto riguarda gli **interventi strutturali** è consigliabile:

- ✓ installare all'interno del ricovero, o in ricovero annesso, sistemi che utilizzano l'aria esausta per la **predisidratazione della pollina**, in modo da ridurre l'umidità relativa e quindi limitare sensibilmente l'attività ureasica e le fermentazioni.

Si viene così a disporre di un materiale che conserva il proprio tenore in azoto, non maleodorante, di volume più ridotto, facilmente spandibile;

- ✓ l'installazione di **abbeveratoi e di mangiatoie antispreco**: si riducono il volume e la diluizione della pollina e, assieme, le emissioni di odori;
- ✓ la **coibentazione** adeguata del ricovero al fine di consentire **elevati volumi di ventilazione** con effetto positivo sulla pre-disidratazione della pollina nonché sul benessere degli animali.

b) Relativamente alle buone **pratiche gestionali** bisognerà prevedere:

- ✓ una riduzione del **numero di animali per gabbia** in accordo con la normativa sul benessere degli animali: la distribuzione delle deiezioni su di una superficie più ampia, favorisce la riduzione del tenore di umidità delle medesime;
- ✓ **ventilazione efficace** nel periodo estivo, eventualmente abbinata al raffrescamento, per contenere l'innalzamento termico e la conseguente eccessiva assunzione di acqua di abbeverata che si traduce, a sua volta, in deiezioni più liquide.

Strutture di allevamento: gabbie



Strutture di allevamento

Negli allevamenti avicoli a terra:

a) Per quanto riguarda gli **interventi strutturali** è consigliabile:

- ✓ la **coibentazione adeguata dei ricoveri**, compreso il pavimento, con eliminazione dei ponti termici: oltre al beneficio del risparmio energetico, si evita la formazione di **condensa** e, di conseguenza, la umidificazione della lettiera;
- ✓ l'installazione di **sistemi di abbeverata** studiati per evitare la dispersione di **acqua sulla lettiera**, con erogatori in numero sufficiente ad evitare il medesimo effetto;
- ✓ un numero di **alimentatori** sufficiente ad evitare **competizione tra gli animali** e conseguenti spargimenti di mangime sulla lettiera.

b) Relativamente alle buone **pratiche gestionali** bisognerà tenere presente che:

- ✓ gli **erogatori dell'acqua** dovranno essere aggiustati ad **altezza degli occhi**, man mano che i soggetti crescono, in modo da evitare sprechi e alterazione della lettiera;
- ✓ la **lettiera** dovrà essere mantenuta ad uno spessore adeguato per una incorporazione efficace delle deiezioni;
- ✓ la **formulazione del mangime** deve essere tale da non favorire la formazione di deiezioni acquose;
- ✓ la **densità di animali** dovrà rispettare gli standard della normativa sul benessere: ne consegue un carico ridotto sulla lettiera che favorisce una trasformazione corretta della medesima con riduzione delle emissioni di azoto e di odori.

Strutture di allevamento: a terra



Galline ovaiole: stabulazione a terra



Broilers: su lettiera permanente

Impianti di stoccaggio

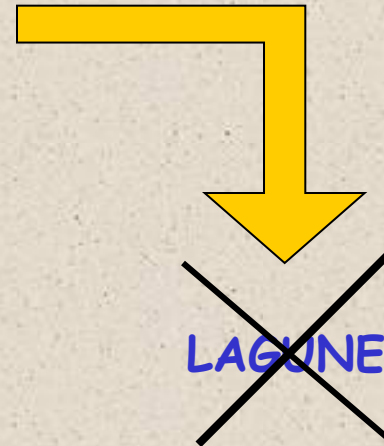
STOCCAGGI

1) Ridurre la superficie del pelo libero

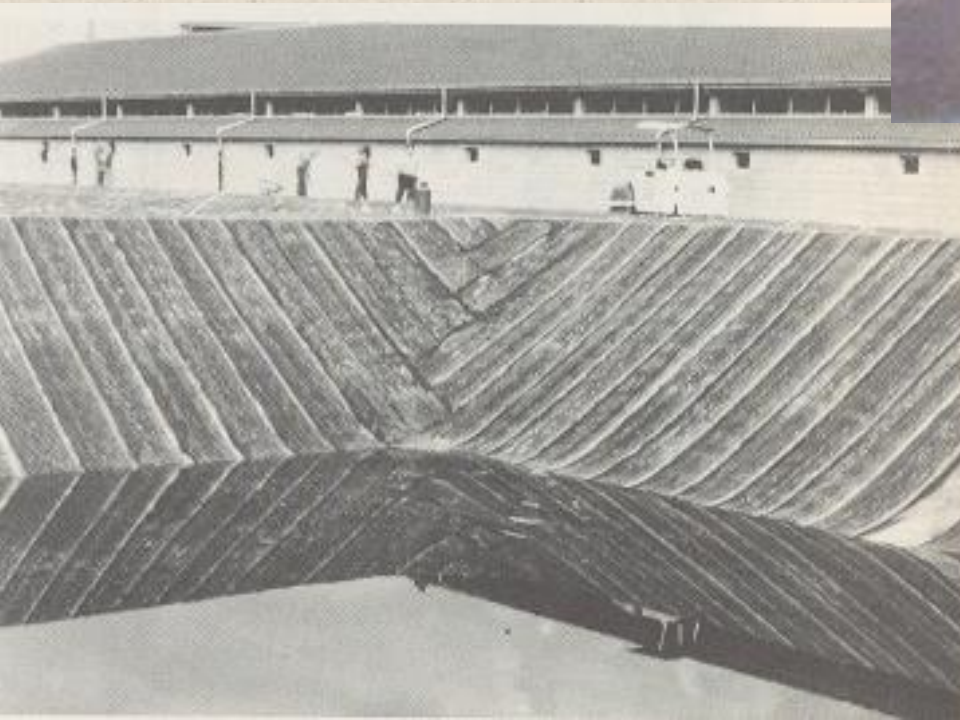
- vasche a pareti verticali;
- copertura rigida;

2) Coprire lo stoccaggio

- riduzione odori 90-95%;
- contenimento perdite di NH_3 al 5-20%;
- si elimina l'acqua piovana;



Impianti di stoccaggio



Impianti di stoccaggio



Impianti di stoccaggio

Coperture flessibili

- con telo fissato alle pareti e copertura a cupola (per biogas o gonfiata) si elimina facilmente l'acqua piovana;

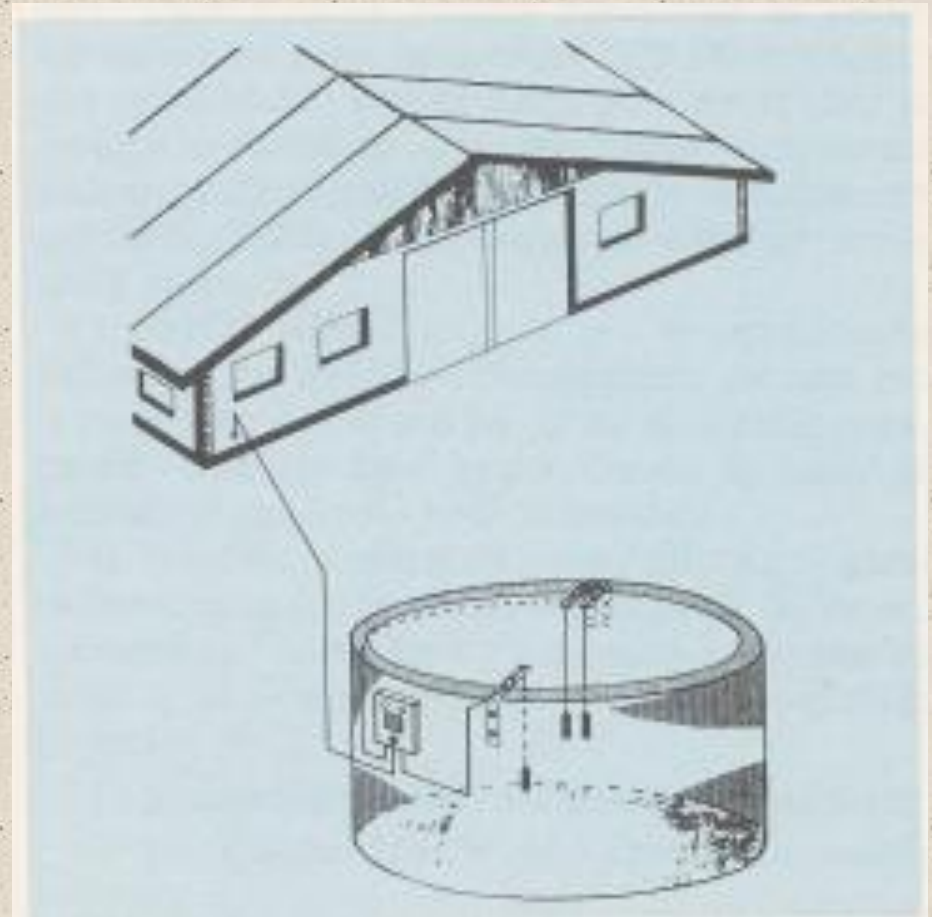
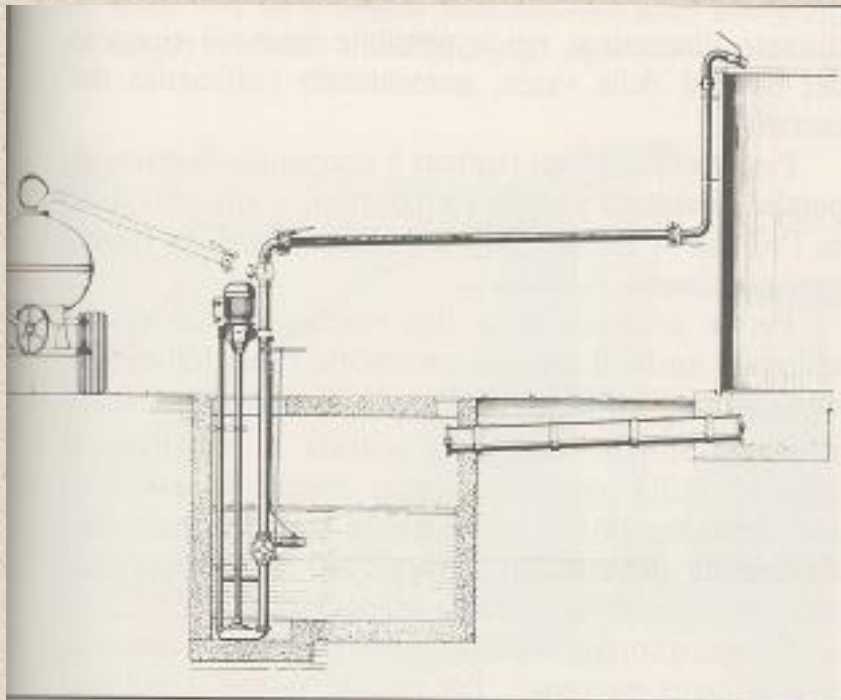
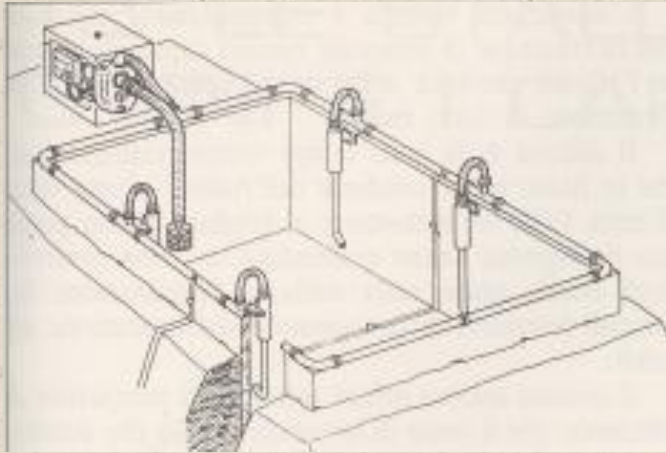
- con telo galleggiante: (adatte anche per digestori biogas)

a) per eliminare l'acqua piovana è necessario sollevarla con una pompa;

b) si possono coprire ampie superfici;



Impianti di stoccaggio



Impianti di trattamento
dei reflui zootecnici

Indice

Dove la distribuzione sulle superfici agricole non consenta il riutilizzo di tutti i reflui zootecnici prodotti dall'allevamento è necessario prevedere l'introduzione di tecniche per il trattamento dei reflui e la **separazione dell'azoto** da trasportare successivamente in "aree non zootecniche" o per la **rimozione dell'azoto** liberandolo nell'atmosfera in forma molecolare.

Principali **tecniche di trattamento dei reflui** secondo le più recenti indicazioni riportate dalla normativa vigente:

- 1) Separazione dei solidi grossolani
- 2) Separazione dei solidi grossolani e fini
- 3) Stabilizzazione degli effluenti
- 4) Rimozione biologica dell'azoto
- 5) Estrazione dell'azoto come concime minerale
- 6) Impianti per la produzione di energia
- 7) Tecniche per la rimozione dell'azoto e la produzione di energia
- 8) Fitodepurazione

1) Separazione dei solidi grossolani

Descrizione

Il trattamento di separazione adotta tecniche per la rimozione delle particelle solide:

La **componente liquida** è più facile da gestire:

- Minore formazione di odori;
- Minore formazione di sedimenti o crostoni nelle vasche di stoccaggio.

La **componente palabile** ha un contenuto in solidi dell'ordine del 20-40%.

- Ha il vantaggio di poter essere **trasportata in modo più agevole** e distribuita sui terreni con un minor rischio ambientale rispetto ai liquami.
- Richiede un periodo di **sosta su platea** per ridurre la produzione di odori e rendere più stabile la sostanza organica.
- In questa frazione si concentrano maggiormente alcuni nutrienti e la **sostanza organica**. L'azoto è presente principalmente in forma organica (60-80% dell'azoto totale).
- Ha caratteristiche **ammendanti** che lo rendono particolarmente adatto alle fertilizzazioni prima delle lavorazioni principali del terreno.

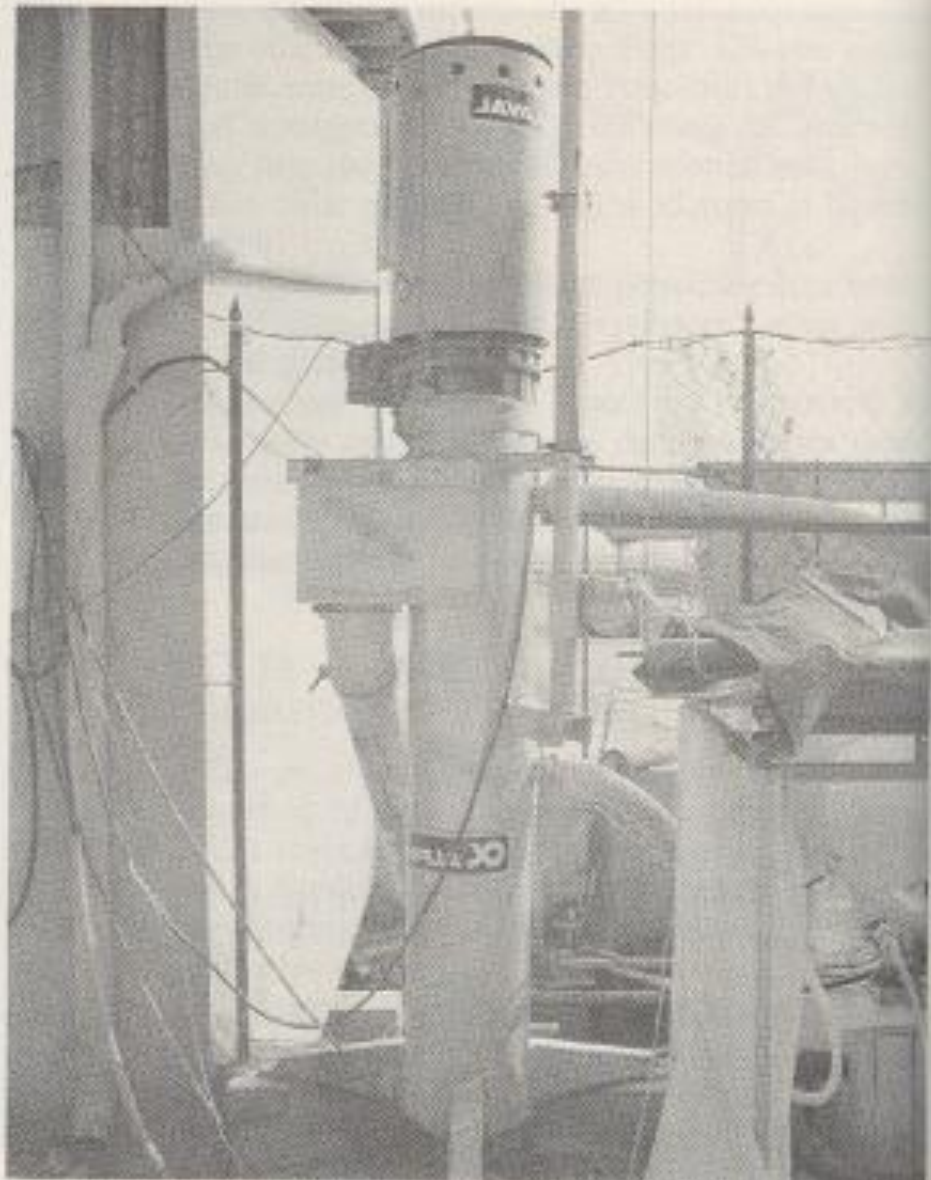
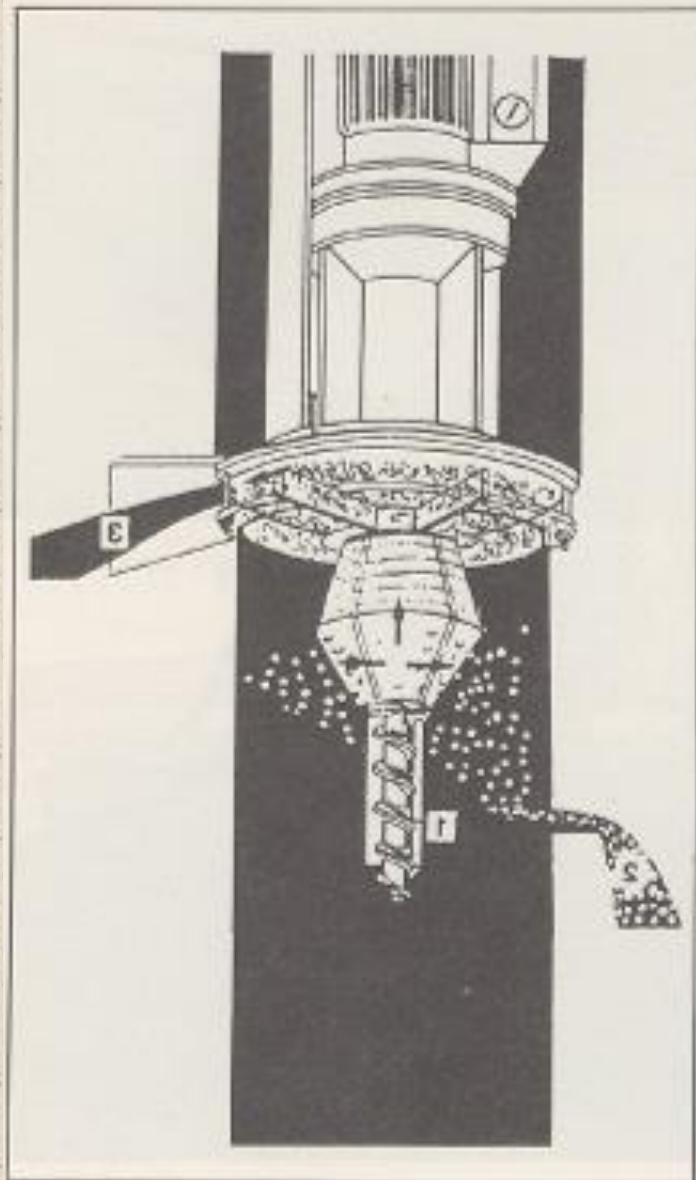
- **Rispetta le Migliori Tecniche Disponibili (MTD)**

1) Separazione dei solidi grossolani

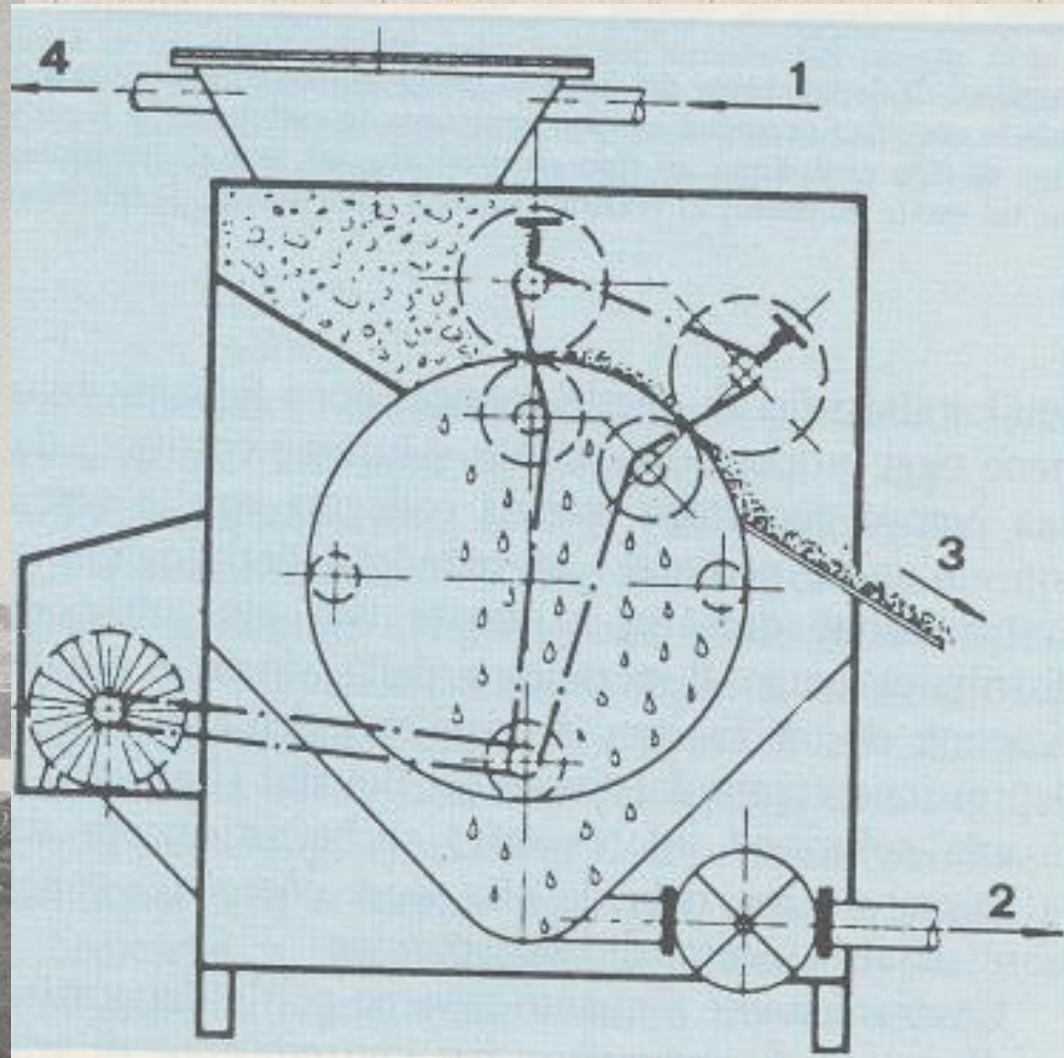
Principio di funzionamento

- Separare le particelle di dimensione superiore mediante il passaggio del liquame attraverso una superficie grigliata o forata.
- Le **dimensioni dei fori** o delle aperture definisce il **grado di separazione** che si ottiene.
- In genere questo è un **compromesso** tra la **portata** delle attrezzature, il **rischio di intasamento** e una **buona efficienza di separazione**.
- Le tipologie di separatore differiscono per la modalità con cui il liquame viene convogliato attraverso il sistema filtrante:
 - a) i **vagli statici per gravità**;
 - b) i **vibrovagli** grazie alla vibrazione della griglia;
 - c) i **vagli rotativi** per gravità e rotazione;
 - d) i **separatori a rulli cilindrici** grazie alla pressione di rulli controrotanti;
 - e) i **separatori a vite elicoidale** mediante la compressione del liquame contro la griglia.

Impianto di separazione a vagli rotativi



Impianto di separazione a rulli cilindrici

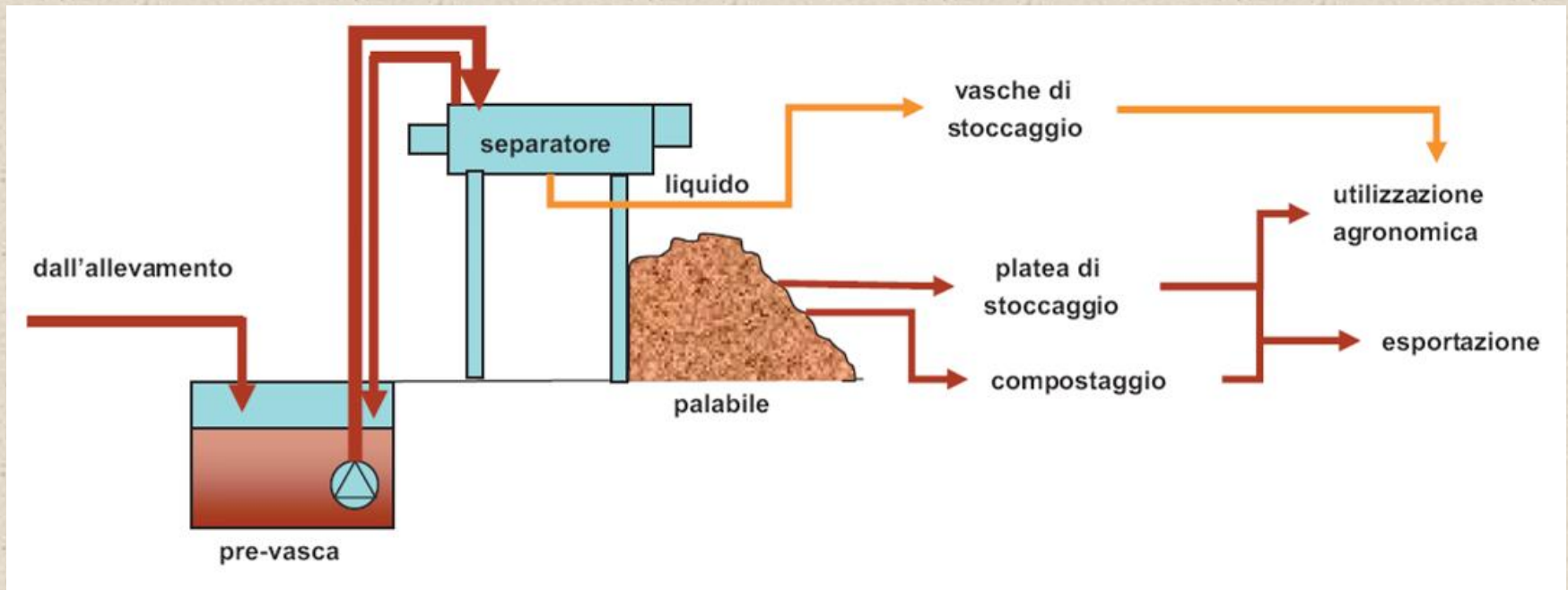


1) Separazione dei solidi grossolani

Considerazioni operative

Quando viene azionato il separatore, una **pompa** preleva il liquame dalla pre-vasca e lo invia al separatore. La **portata in eccesso** ritorna alla pre-vasca mentre la frazione liquida che fuoriesce dal separatore viene inviata alle strutture di stoccaggio.

La **frazione palabile** viene **raccolta** direttamente da un rimorchio o accumulata nell'area sottostante al separatore. In questo caso è preferibile che la platea sia dotata di **muri di contenimento** in modo da aumentare l'altezza del cumulo e agevolare il carico. In ogni caso la platea deve essere dotata di un **sistema di convogliamento delle acque di sgrondo** verso un pozzettone o la stessa pre-vasca di raccolta dei liquami.



1) Separazione dei solidi grossolani

La quantità di azoto complessivamente disponibile non viene modificata, ma la frazione palabile può essere trasferita al di fuori dell'azienda previo stoccaggio aziendale su platea o compostaggio.

La riduzione di **volume dei liquidi** che si ottiene è in genere modesta. Può diventare significativa (>10%) solo nel caso si utilizzi del liquame bovino con un contenuto di solidi rilevante (>5%).

La separazione può essere adottata **per motivi gestionali**: La riduzione effettiva dell'azoto si ottiene solo con l'esportazione al di fuori dell'azienda della frazione palabile separata (**4-16% dell'azoto**).

Controindicazioni:

- la frazione palabile richiede una platea di stoccaggio
- i rendimenti di rimozione dipendono dal contenuto di solido del liquido in ingresso

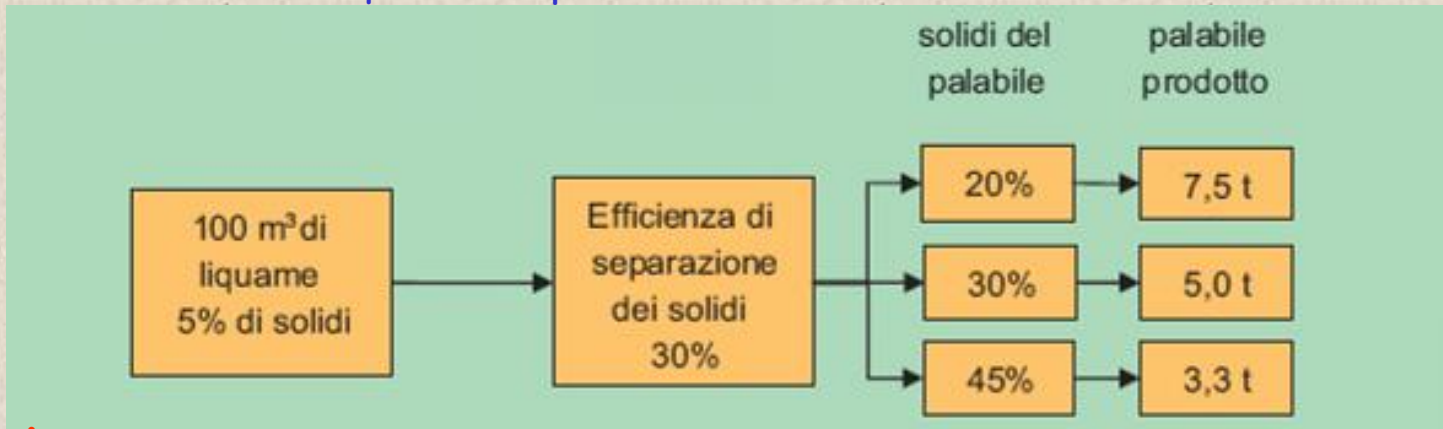
Note:

La separazione può essere un trattamento a sé stante, ma può anche costituire una fase di trattamenti più complessi. In questi casi possono essere utilizzate anche tipologie di separatori diverse, per rimuovere una maggiore quantità di solidi o addensare i prodotti finali (es. fanghi).

1) Separazione dei solidi grossolani

L'**efficienza di separazione** rappresenta il rapporto tra la frazione di solidi, azoto, fosforo che viene separata e quella contenuta nel liquame in ingresso al trattamento.

A parità di efficienza di separazione, i **volumi di palabile** possono variare notevolmente in relazione al contenuto in acqua del separato.



Prestazioni

I dati riportati sono orientativi e possono variare notevolmente in relazione alla tipologia di effluente che viene avviato al trattamento. I liquami bovini hanno in genere un contenuto di solidi più elevato e una frazione di azoto organico maggiore.

Tipo di separatore	Efficienza di separazione (%)			Costo €·m³
	solidi	N	P	
Vagli	20-25	4-7	8-12	0,2-0,4
Cilindrico	28-40	8-15	30-42	0,6-1,2
Elicoidale	35-48	6-16	28-42	0,6-1,2

2) Separazione dei solidi grossolani e fini

Descrizione del trattamento

I solidi contenuti nei liquami possono essere classificati in base al loro diametro in **grossolani** (superiori a 0,1 mm) e **fini** (inferiori a 0,1 mm).

Le tecniche che consentono la **rimozione anche dei solidi fini** si possono basare su:

- **separazione meccanica** con la produzione di un separato palabile,
- **separazione per gravità** mediante sedimentazione
- **separazione per flottazione**

Queste due ultime tecniche consentono di ottenere come effluente un liquido chiarificato e un liquido addensato ma non palabile (**fango**). **Un successivo trattamento** meccanico può ridurre l'umidità in modo da ottenere un prodotto finale palabile.

L'**efficienza di rimozione** è elevata per le componenti solide sospese.

L'impiego di **flocculanti**, consentendo l'aggregazione delle particelle più piccole in aggregati di maggiori dimensioni e ne favorisce la separazione.

Le sostanze disciolte, come l'azoto in forma **ammoniacale** non vengono però trattate.

2) Separazione dei solidi grossolani e fini

Principio di funzionamento

1) **La separazione per gravità (sedimentazione)** si basa sulla deposizione dei solidi che avviene naturalmente in una miscela non agitata in cui i solidi sono sospesi. I tempi richiesti per la sedimentazione delle particelle sono in relazione alla dimensione delle stesse. Le **vasche di sedimentazione** utilizzate per la rimozione dei solidi di un impianto di trattamento sono dimensionate per un tempo di permanenza del liquido di circa 3 ore. I **bacini di sedimentazione** prevedono la deposizione durante la fase di stoccaggio con svuotamento periodico (1-2 volte all'anno) del fango e hanno capacità corrispondente agli effluenti prodotti in 30-60 giorni.

2) **La separazione per flottazione** sfrutta l'immissione di aria e, in genere, di additivi per aggregare le particelle solide e farle affiorare. Un sistema meccanico raschiafango rimuove l'addensato, che galleggia in superficie, dal chiarificato che viene inviato agli stadi successivi del trattamento. Questo sistema è in grado di rimuovere anche la frazione colloidale dei solidi sospesi che rappresenta una quota significativa della sostanza organica più resistente alla degradazione biologica.

3) **I sistemi meccanici** sono riconducibili a due tipologie di separatori:

- **centrifughe** sfruttano l'effetto della forza centrifuga per espellere l'acqua e trattenere i solidi grazie a un cestello forato.
- **nastropresse** sono costituite da due nastri di materiale semipermeabile entro i quali viene progressivamente compresso il liquido che fuoriesce mentre le particelle solide trattenute all'interno vengono scaricate alla fine del percorso.

Entrambe queste attrezzature vengono **normalmente utilizzate per rendere palabili e contenere i volumi dei fanghi** in uscita dagli impianti di trattamento. I costi elevati non le rendono adatte a un utilizzo su tutto il liquame prodotto dall'allevamento.

Tutti questi sistemi di separazione si avvantaggiano dell'uso di **additivi chimici** che sono di due tipologie: **coagulanti**, in genere sali di ferro o di alluminio e **flocculanti** (polielettroliti) che favoriscono l'aggregazione tra le molecole.

2) Separazione dei solidi grossolani e fini

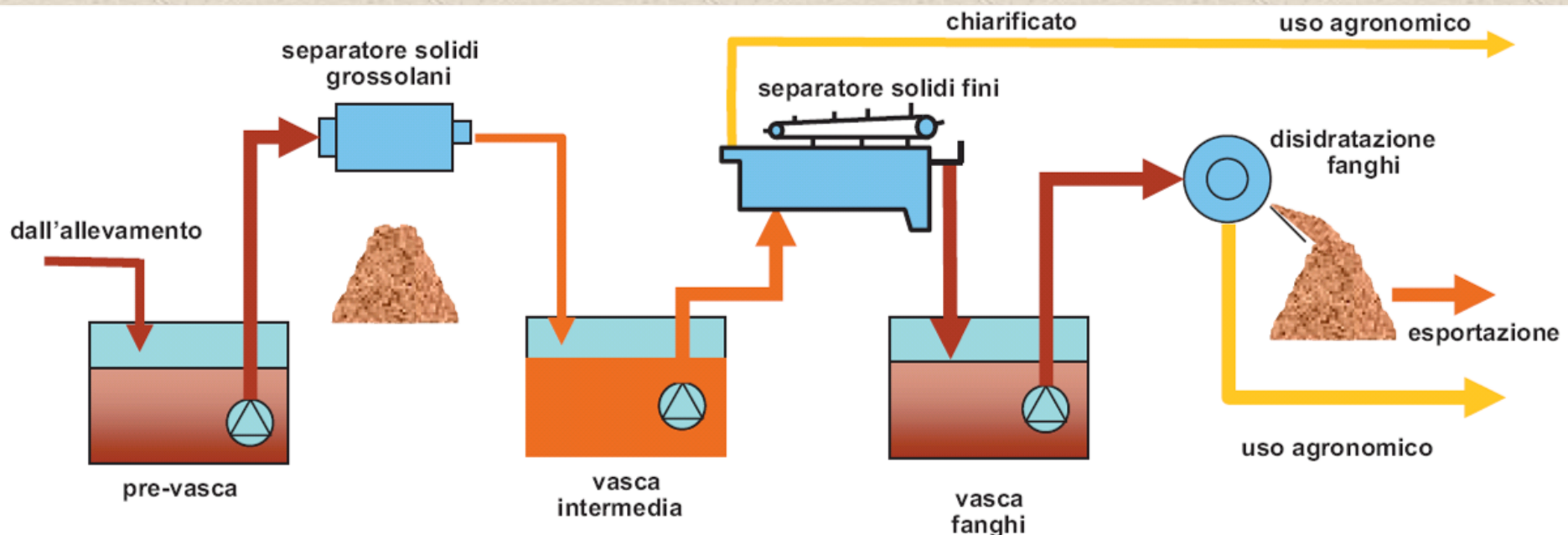
Considerazioni operative

La separazione dei solidi G-F può avere 3 diverse modalità di inserimento in azienda:

- rimozione spinta della sostanza organica prima di un trattamento biologico di depurazione e per avviare il separato a un processo di compostaggio;
- rimozione dei fanghi da un trattamento biologico;
- disidratazione dei fanghi derivante da un trattamento.

La separazione per gravità e per flottazione possono essere **seguite da un ulteriore trattamento** di separazione meccanica per la concentrazione del prodotto addensato.

La separazione dei solidi fini è **spesso preceduta da un trattamento** per la separazione dei solidi grossolani, in modo da rendere più efficiente il trattamento che è spesso più oneroso.



2) Separazione dei solidi grossolani e fini

La quantità di azoto complessivamente disponibile non viene modificata, ma la frazione rimossa può essere gestita separatamente. I fanghi derivanti da una sedimentazione o da una flottazione possono essere avviati a un impianto di digestione anaerobica per la produzione di biogas, essendo ricchi di sostanza organica.

Il separato derivante da Centrifughe e nastropresse può essere esportato dall'azienda in modo da ridurre il carico di nutrienti (20-35% dell'azoto totale).

Prestazioni

Le prestazioni delle tecniche riportate variano considerevolmente in relazione alle caratteristiche del refluo:

- l'efficienza di separazione dei solidi è maggiore se sono concentrati.
- la rimozione dell'azoto è legata alla sua presenza in forma organica non solubile.

Tipo di separatore	Efficienza di separazione (%)			Costo €/m ³
	solidi	N	P	
Sedimentazione	50-70	25-35	50-65	0,3-0,4
Flottatore*	70-90	30-40	70-90	1,3-1,9
Centrifuga	55-65	20-26	73-87	1,2-2,0
Nastropressa*	50-70	20-35	60-80	2,9-4,2

* I valori più elevati si ottengono con l'aggiunta di additivi

3) Stabilizzazione degli effluenti

Descrizione del trattamento

In questa categoria vengono raggruppati i trattamenti che hanno come finalità principale la stabilizzazione degli effluenti sostanzialmente attraverso due principi:

- degradazione della sostanza organica:

Tecniche che accelerano il processo naturale di decomposizione delle componenti organiche mediante *ossigenazione* (trattamento di stabilizzazione aerobica) o favorendo i processi che avvengono ad opera dei microrganismi anaerobici (*stabilizzazione anaerobica* senza recupero di biogas). Questi trattamenti riducono fortemente la produzione di **odori** e di **composti organici volatili** derivanti dalla sostanza organica presente, e producono un effluente in cui l'azoto non viene rimosso ma viene trasformato in **forma ammoniacale e/o nitrica**.

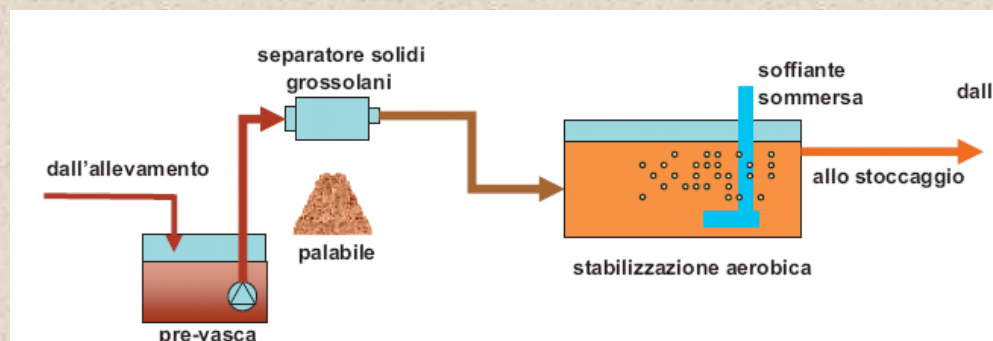
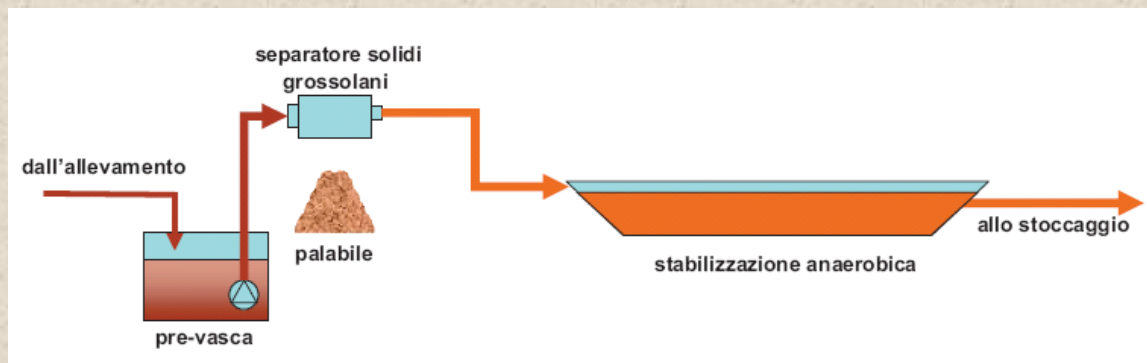
- riduzione dell'umidità.

In questo gruppo di tecnologie può essere ricondotto il *compostaggio* che prevede, dopo una prima fase di degradazione della sostanza organica, una sua ricombinazione con formazioni di composti umici stabili. La rimozione dell'umidità dell'effluente avviene con processi di *essiccazione* o di *disidratazione* (per evaporazione o concentrazione).

3) Stabilizzazione degli effluenti

Principio di funzionamento

La **stabilizzazione anaerobica** prevede una degradazione della sostanza organica in carenza di ossigeno. Il processo diventa molto più lungo (superiore ai 90 giorni) e porta alla formazione di metano e anidride carbonica che vengono liberati in aria. L'azoto organico si trasforma in **ammoniacale** e può essere soggetto a volatilizzazione che è in genere comparabile a quella di una normale vasca di stoccaggio. I **lagoni** utilizzati per questo trattamento sono dimensionati per consentire un accumulo dei fanghi per più di 10 anni.



L'**ossigenazione** del liquame viene ottenuta mediante insufflazione di aria per alcune ore al giorno. La quantità di O_2 presente nel liquame consente di accelerare la degradazione della sostanza organica, ma non di portare a termine il processo di nitrificazione. Ne risulta un effluente stabilizzato in cui l'azoto è prevalentemente in forma **ammoniacale**. La quantità di ossigeno necessaria per la stabilizzazione dipende dalla sostanza organica presente. Pertanto il trattamento si avvantaggia di una preventiva *separazione dei solidi grossolani* seguita dalla *rimozione dei solidi fini*. Durante il trattamento si producono modeste quantità di **fanghi attivi** (biomassa batterica). I tempi di ritenzione sono dell'ordine di qualche giorno.

3) Stabilizzazione degli effluenti

Il **compostaggio** avviene in due fasi:

- **fase ossidativa**, la flora batterica degrada la sostanza organica producendo calore e ha una durata di 30-60 giorni.
- **fase di maturazione**, è un processo microbiologicamente più lento, con ridotta produzione di calore che richiede per il completamento altri 30-60 giorni e consente di ottenere come **prodotto finale un ammendante**.

Il processo di compostaggio richiede che la massa da trattare abbia un contenuto di **sostanza secca intorno al 30-35%** e una buona permeabilità all'aria.

Gli effluenti liquidi possono essere avviati al compostaggio solo se vengono miscelati con un substrato con elevata sostanza secca (a esempio paglia) che aumenta la porosità all'aria e aumenta il **rapporto tra carbonio e azoto**. Ciò migliora il processo e riduce le emissioni di ammoniaca che altrimenti possono essere elevate (fino al 75%).

I letami, le lettiere di avicoli e la frazione palabile **derivante dalla separazione dei solidi grossolani** possono essere compostati tal quali o miscelati con altri substrati.

L'essiccazione degli effluenti prevede la eliminazione dell'umidità per via termica, con un consumo energetico tanto minore quanto più l'effluente è secco, anche se, a eccezione degli avicoli su lettiera, gli effluenti raramente superano il 20% di SS alla produzione.

Durante il processo viene **emessa ammoniaca** e altri composti volatili che devono essere trattenuti da opportuni **sistemi filtranti**. La **disidratazione** prevede una eliminazione dell'umidità con diverse tecniche (evaporazione mediante calore e aumento della superficie esposta, concentrazione tramite flocculazione e separazione) in modo da ottenere un prodotto concentrato, ma non essiccato, evitando in questo modo l'onerosità e i problemi della fase finale dell'essiccazione.

3) Stabilizzazione degli effluenti

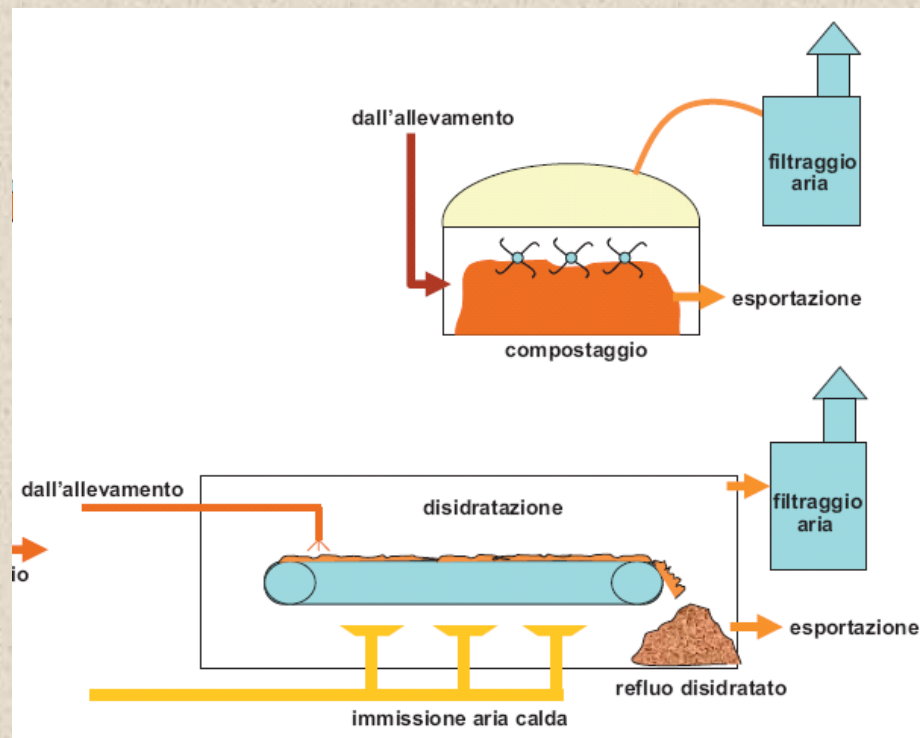
Considerazioni operative

Le tecniche finalizzate alla stabilizzazione degli effluenti, in genere, fanno parte di un sistema di gestione aziendale più complesso che si avvantaggia del risultato del trattamento. I trattamenti aerobici e anaerobici sono utilizzati quando ci sono problemi di odori.

Il compostaggio consente di ottenere un materiale che può essere facilmente trasportato ed eventualmente commercializzato come ammendante.

L'essiccazione e la disidratazione possono ridurre significativamente i volumi e rendono il prodotto facilmente trasportabile.

I costi energetici dei diversi trattamenti sono molto variabili. Da nulli a molto elevati.



3) Stabilizzazione degli effluenti

Prestazioni

Le tecniche descritte non sono orientate alla riduzione dell'azoto e del fosforo. La riduzione dell'azoto come rilasci di ammoniaca in aria sono limitati e in molti casi viene richiesto il **filtraggio dell'aria** in uscita dall'impianto, con i conseguenti costi aggiuntivi e recupero dell'azoto volatilizzato. Non vengono pertanto fornite le prestazioni delle tecniche in termini di rimozione dei nutrienti ma solo i costi orientativi.

Tipo di impianto	Costo	
	€·m ⁻³	
Ossigenazione	0,8-1,1	
Stabilizzazione anaerobica	0,4-0,5	
Compostaggio	9,0-18,0	
Riduzione azoto esportazione del palabile		no = 0-20%
		si = 0-35%

4) Rimozione biologica dell'azoto

Descrizione del trattamento

A questa tipologia appartengono diverse tecnologie che hanno in comune alcuni elementi e la modalità di riduzione dell'azoto che viene portato alla forma molecolare e liberato in aria.

Questo risultato viene ottenuto mediante due fasi:

- ossidazione dell'ammoniaca (o dell'azoto organico che viene trasformato in minerale) in ambiente aerobico;
- denitrificazione in ambiente anossico (assenza di ossigeno disciolto).

Il risultato di questo trattamento è una riduzione della sostanza organica che viene ossidata con la conseguente riduzione degli odori e la **rimozione dell'azoto** che può raggiungere rendimenti anche elevati, liberando in atmosfera anche il 70% dell'azoto in ingresso al trattamento.

Questo stadio, che è quello centrale del trattamento viene spesso, ma non necessariamente, preceduto dalla separazione dei solidi grossolani e fini in ingresso all'impianto e seguito dalla rimozione della biomassa in eccesso in uscita dall'impianto.

Inoltre viene in alcuni casi prevista la rimozione del fosforo mediante salificazione e sedimentazione. L'obiettivo del trattamento va dalla semplice riduzione del carico organico e azotato alla depurazione completa con scarico in acque superficiali.

4) Rimozione biologica dell'azoto

Principio di funzionamento

Il trattamento di rimozione combinata della sostanza organica e dell'azoto si basa su:

- una **fase ossidativa** in cui la sostanza organica viene degradata per via biologica e l'azoto organico viene mineralizzato. Sempre in questa fase l'azoto viene trasformato, sempre a opera di microrganismi aerobici, in forma nitrica. Per garantire la concentrazione di O_2 necessaria viene insufflata aria mediante sistemi di aereazione e diffusori.
- Una **fase anossica** che consente la trasformazione dei nitrati in azoto molecolare (N_2) avviene ad opera di microrganismi eterotrofi e richiede la disponibilità di carbonio organico.

La crescita batterica dà origine a una biomassa che può essere separata per sedimentazione e parzialmente ricircolata per garantire una adeguata concentrazione batterica nelle due fasi del trattamento.

Durante il trattamento sono **possibili rilasci in atmosfera di NH_3 o N_2O_x** che possono essere contenuti da una buona regolazione e gestione dell'impianto.

Le due fasi, negli impianti più semplici (*SBR: Sequencing Batch Reactors*) possono essere effettuate con alternanza di ossigenazione e anossia nella stessa vasca con cicli della durata di 1-3 h.

Obiettivi del trattamento:

A) rimuovere l'azoto → non è necessario il trattamento di separazione preventiva e di rimozione dei fanghi a valle.

B) depurazione del refluo → l'impianto SBR è abbinato a sistemi di separazione a monte e a valle; Gli impianti *biologici tradizionali* prevedono anche la rimozione del fosforo mediante *sedimentazione*. Negli ultimi anni sono stati proposti impianti che utilizzano membrane per la rimozione dei solidi dopo il trattamento biologico (*MBR*). Questa tecnologia sembra garantire la possibilità di scarico in acque superficiali degli effluenti. I fanghi prodotti dal processo possono, dopo essere stati eventualmente utilizzati per la *produzione di energia*, essere stoccati tal quali o previa disidratazione mediante separazione con *centrifughe* o con *nastropresse*.

4) Rimozione biologica dell'azoto

Considerazioni operative

Il trattamento richiede una struttura dedicata e una impiantistica che, in alcuni casi, può essere anche molto complessa.

La gestione dell'impianto deve essere effettuata da personale opportunamente addestrato. Anche nel caso dell'impianto più complesso, gli effluenti in uscita dal trattamento normalmente non possono essere scaricati in acque superficiali in quanto non sufficientemente depurati.

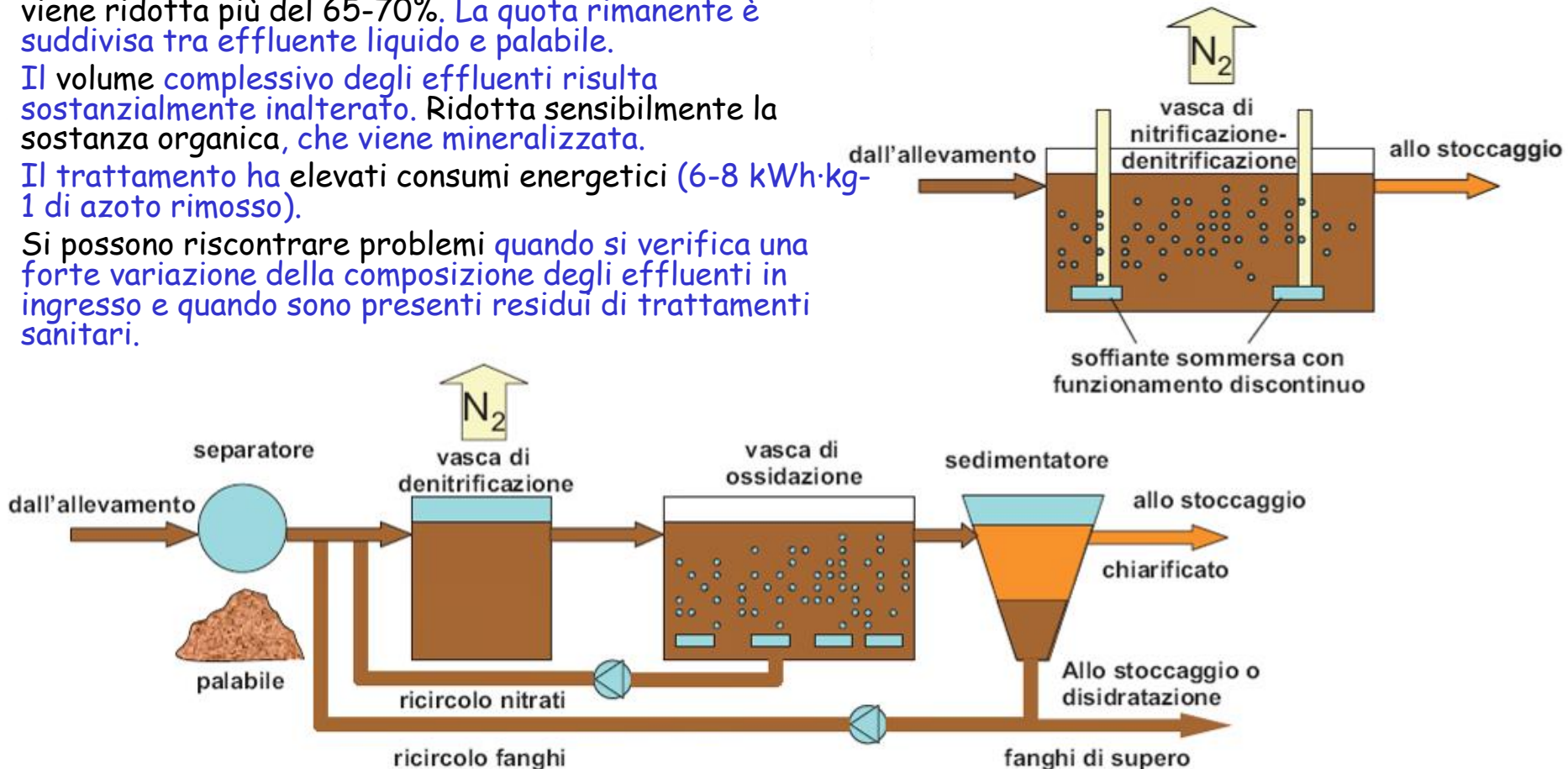
Necessario prevedere lo stoccaggio degli effluenti stoccaggio prima della distribuzione agronomica.

La quantità di azoto complessivamente disponibile non viene ridotta più del 65-70%. La quota rimanente è suddivisa tra effluente liquido e palabile.

Il volume complessivo degli effluenti risulta sostanzialmente inalterato. Ridotta sensibilmente la sostanza organica, che viene mineralizzata.

Il trattamento ha elevati consumi energetici (6-8 kWh·kg⁻¹ di azoto rimosso).

Si possono riscontrare problemi quando si verifica una forte variazione della composizione degli effluenti in ingresso e quando sono presenti residui di trattamenti sanitari.



4) Rimozione biologica dell'azoto

Prestazioni

I dati riportati sono orientativi e possono variare notevolmente in relazione alla tipologia di effluente che viene avviato al trattamento.

Il rendimento diminuisce all'aumentare della concentrazione del refluo in ingresso.

Tabella. Tipo di separatore efficienza di rimozione (%) e costo del trattamento

	solidi	N	P	€/m ³
SBR senza separazione	5-10	50-70	0	3,4-3,6
SBR con separazione*	10-60*	70-90*	15-75*	4,1-4,7
Processo continuo*	10-99*	70-95*	15-95*	5,5-6,6

* con esportazione del palabile

5) Produzione di energia

Descrizione del trattamento

La sostanza organica presente negli effluenti zootecnici può essere utilizzata per la produzione di energia. La generazione avviene per **combustione diretta** dell'effluente o mediante la **produzione di un gas** che viene successivamente utilizzato come combustibile per la produzione di calore o per azionare un motore endotermico. Le tecniche utilizzate differiscono sensibilmente come schema impiantistico e principio di funzionamento.

La produzione di biogas da *trattamento anaerobico* consente di ottenere una miscela di metano e anidride carbonica che può essere utilizzata per azionare un cogeneratore, producendo energia elettrica e termica, o per alimentare un bruciatore e produrre acqua calda o vapore.

L'*incenerimento* diretto è proponibile solo nel caso di effluenti con un contenuto di sostanza secca superiore al 30% ed è, in pratica, riferita alle sole lettiere degli allevamenti avicoli.

La *gassificazione* prevede una combustione dell'effluente in carenza di ossigeno con la produzione di un gas combustibile (syngas). Nella combustione diretta e nella gassificazione i fumi devono essere filtrati per eliminare i composti azotati gassosi.

5) Produzione di energia

Principio di funzionamento

Il processo di formazione del **biogas** deriva dalla degradazione della sostanza organica presente negli effluenti a opera di microorganismi in carenza di ossigeno.

1) L'impianto più semplice è costituito da una vasca dove i liquami, sostando producono biogas che viene raccolto da un **telo galleggiante**. Il liquame non viene miscelato né riscaldato (*impianto semplificato*). Pertanto la produzione di biogas risulta limitata.

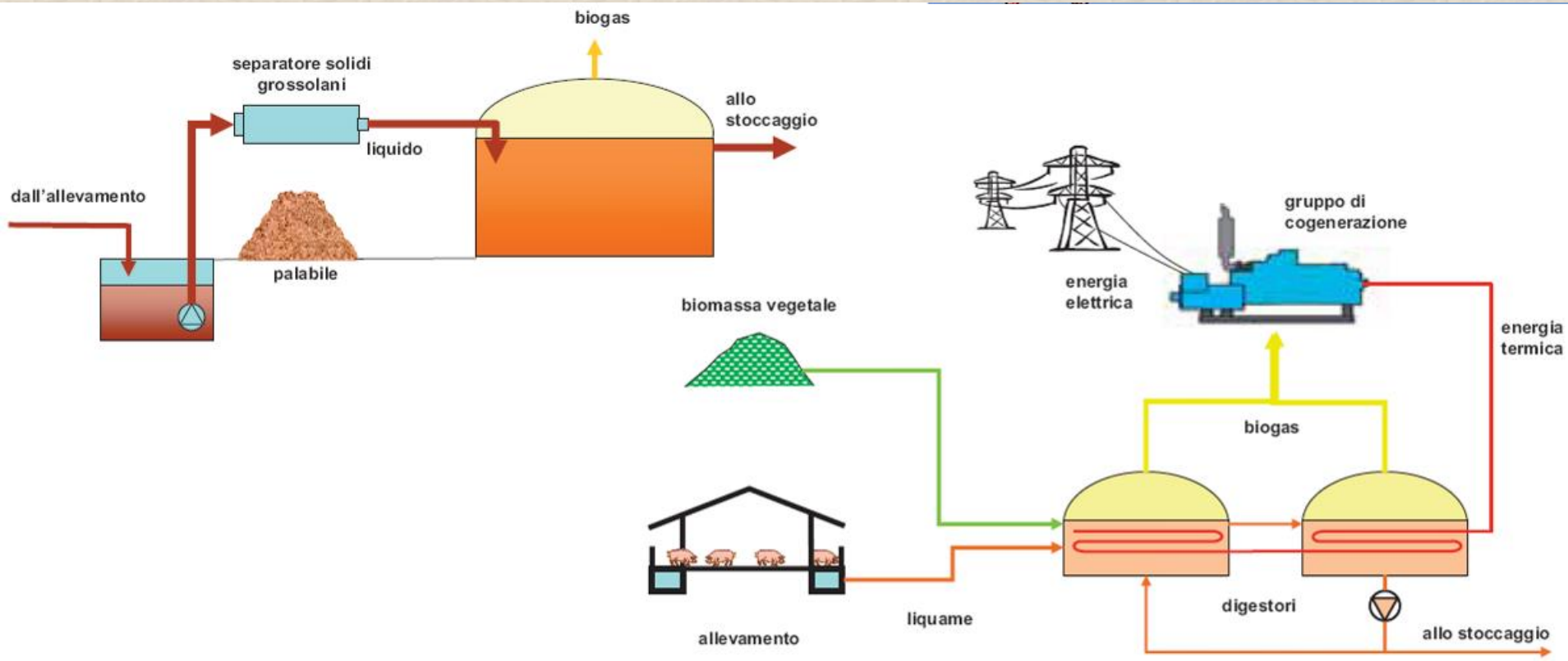
2) Il riscaldamento del liquame con l'acqua calda prodotta dalla cogenerazione consente di aumentare le produzioni, soprattutto in inverno ma richiede l'immissione di uno scambiatore a tubo nel digestore. Questi impianti si avvantaggiano di una preventiva *separazione dei solidi grossolani* che potrebbero causare formazione di crostoni nel digestore e, essendo difficilmente degradabili non contribuirebbero alla produzione di biogas.

Per aumentare la produzione di biogas vengono proposte soluzioni in cui è prevista l'immissione nei digestori di biomassa di diversa natura (*residui vegetali, scarti delle industrie agro-alimentari, ecc.*). Ciò aumenta considerevolmente la concentrazione dei solidi nel digestore e rende opportuno un sistema di miscelazione.

A valle della digestione può essere prevista una separazione dei solidi realizzata principalmente a fini gestionali. Infatti, l'azoto presente nell'effluente è principalmente in forma ammoniacale e, quindi, il rendimento di rimozione con la separazione è modesto. Queste tipologie di impianto possono lavorare in *mesofilia* (20-40°C) o *termofilia* (40-60°C).

L'incenerimento e la gassificazione dei reflui prevede l'immissione in bruciatori in cui i fumi vengono filtrati in modo da trattenere sia il particolato sia i composti azotati e organici volatili che vengono prodotti.

5) Produzione di energia



5) Produzione di energia

Considerazioni operative

Un impianto per la produzione di biogas richiede la realizzazione di un **digestore** che, contenendo sempre liquame, non può essere considerato nelle volumetrie di stoccaggio. E' necessario tener conto della gestione dell'impianto di produzione e utilizzazione del biogas che deve essere effettuata da personale qualificato.

Queste tecniche di per sé stesse non consentono di ridurre la quantità di nutrienti ma possono contribuire alla migliore gestione del prodotto. In particolare, il trattamento anaerobico stabilizza il liquame e trasforma l'azoto organico in ammoniacale.

La eventuale separazione dei solidi che può essere effettuata prima o dopo il trattamento a seconda del tipo di impianto può consentirne l'esportazione con la conseguente riduzione dell'azoto da gestire in azienda. Inoltre, l'energia prodotta può essere utilizzata per trattare l'effluente in modo da ridurre l'azoto.

Gli impianti realizzati con la finalità di produzione di energia prevedono l'uso di biomasse che si aggiungono alla produzione di effluenti di allevamento, con il conseguente incremento dei quantitativi di azoto da utilizzare agronomicamente. L'azoto apportato ai reflui dalla biomassa vegetale non è conteggiato ai fini della definizione delle superfici per lo spargimento dei reflui secondo la direttiva nitrati.

La utilizzazione termica è proponibile solo per le lettiere di avicoli allevati a terra e prevede impianti di incenerimento o coincenerimento di tipo consortile con stringenti requisiti autorizzativi e difficoltà di accettazione da parte della popolazione.

5) Produzione di energia

Prestazioni

I costi di investimento e gestione degli impianti finalizzati alla produzione di energia dovrebbero essere compensati dal risparmio o dalla vendita di energia elettrica e termica. Tale vantaggio è quantificabile solo in ambito di valutazione aziendale. Vengono pertanto riportati i valori orientativi del costo di realizzazione degli impianti e il costo di produzione dell'energia elettrica riferiti all'unità di potenza elettrica (kWe) o di energia elettrica prodotta (kWhe). Data la scarsa diffusione, non sono disponibili costi e prestazioni delle altre tipologie impiantistiche.

Tipo di impianto	Potenza installata (kWe)	Costo impianto (€/kWe)	Costo energia (€/kWe)
Solo effluente semplificato	25-75	2.500-5.000	0,05-0,08
Solo effluente	50-150	5.000-7.000	0,06-0,11
Effluente e biomassa	250-750	3.500-5.000	0,06-0,08

6) Rimozione dell'azoto e produzione di energia

Descrizione del trattamento

Le tecniche di *rimozione aerobica dell'azoto* o *mediante l'estrazione come azoto minerale* consentono di adeguare ai limiti delle normative le aziende che hanno eccedenze azotate significative.

La loro gestione ha però una elevata richiesta energetica che può essere soddisfatta dalla produzione di energia derivante dagli effluenti stessi. Si tratta, in sostanza, della combinazione delle tecniche per la rimozione dell'azoto con quelle per la *produzione di energia* in impianti di trattamento che devono tener conto di alcune precauzioni legate alle peculiarità dei processi utilizzati. L'energia termica ed elettrica può essere utilizzata per coprire i fabbisogni sia degli impianti biologici che prevedono l'insufflazione di aria, sia di quelli di rimozione dell'azoto minerale.

Di fatto la tecnica per la produzione di energia che può essere proposta in entrambi i casi è quella della produzione di biogas e sua utilizzazione mediante cogenerazione.

6) Rimozione dell'azoto e produzione di energia

Principio di funzionamento

Lo schema complessivo dell'impianto deriva anche da considerazioni funzionali: gli impianti biologici per la denitrificazione richiedono fonti di carbonio organico che viene utilizzato anche per la produzione di energia. Ne deriva che la produzione di biogas e la rimozione biologica in serie non garantiscono buoni risultati con le tecnologie attualmente consolidate. Gli schemi impiantistici per questo motivo prevedono sempre una separazione dei solidi che vengono avviati alla digestione anaerobica mentre il chiarificato viene trattato biologicamente o mediante estrazione dell'azoto minerale.

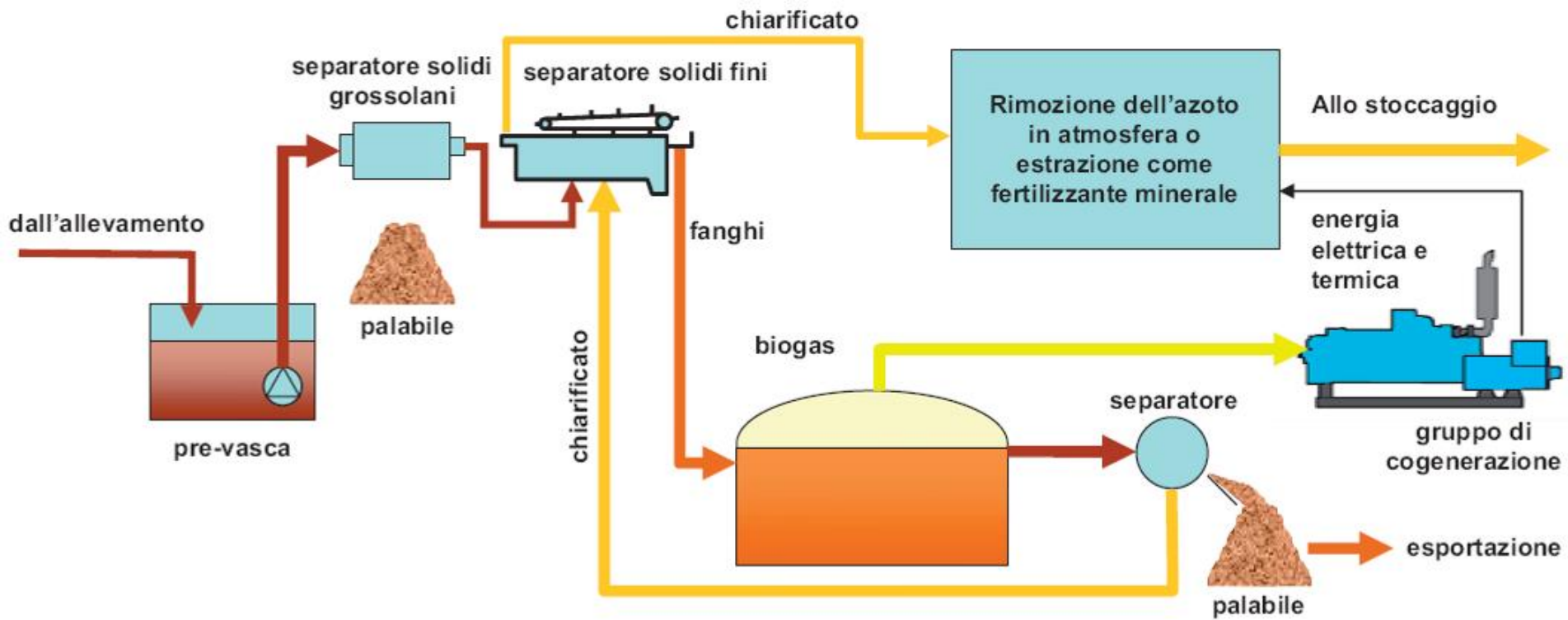
Dopo la digestione anaerobica, l'effluente ancora ricco di azoto (circa il 40% dell'azoto prodotto dall'allevamento) viene sottoposto a una ulteriore separazione in modo da rimuovere la maggior parte dei solidi, che vengono poi gestiti come materiale palabile. Il chiarificato viene invece reimpresso nel sistema di rimozione dell'azoto in modo da ridurre il quantitativo complessivo.

Uno degli elementi da valutare attentamente è l'efficienza complessiva di rimozione che è data dalla quantità di azoto che rimane da gestire rispetto a quella inizialmente presente.

Nel caso di rimozione in aria, l'efficienza di rimozione di uno stadio biologico di tipo SBR semplificato è del 60-70% dell'azoto entrante in questa fase di trattamento. È necessario considerare, però, che precedentemente è stato opportunamente trattato con una *separazione solido-liquida dei solidi grossolani e fini*. L'efficienza complessiva di questi impianti difficilmente supera il 55% dell'azoto prodotto dall'allevamento. Pertanto i valori di riduzione complessiva si ottengono solo esportando il palabile in altra area.

Lo schema che segue esemplifica questo meccanismo.

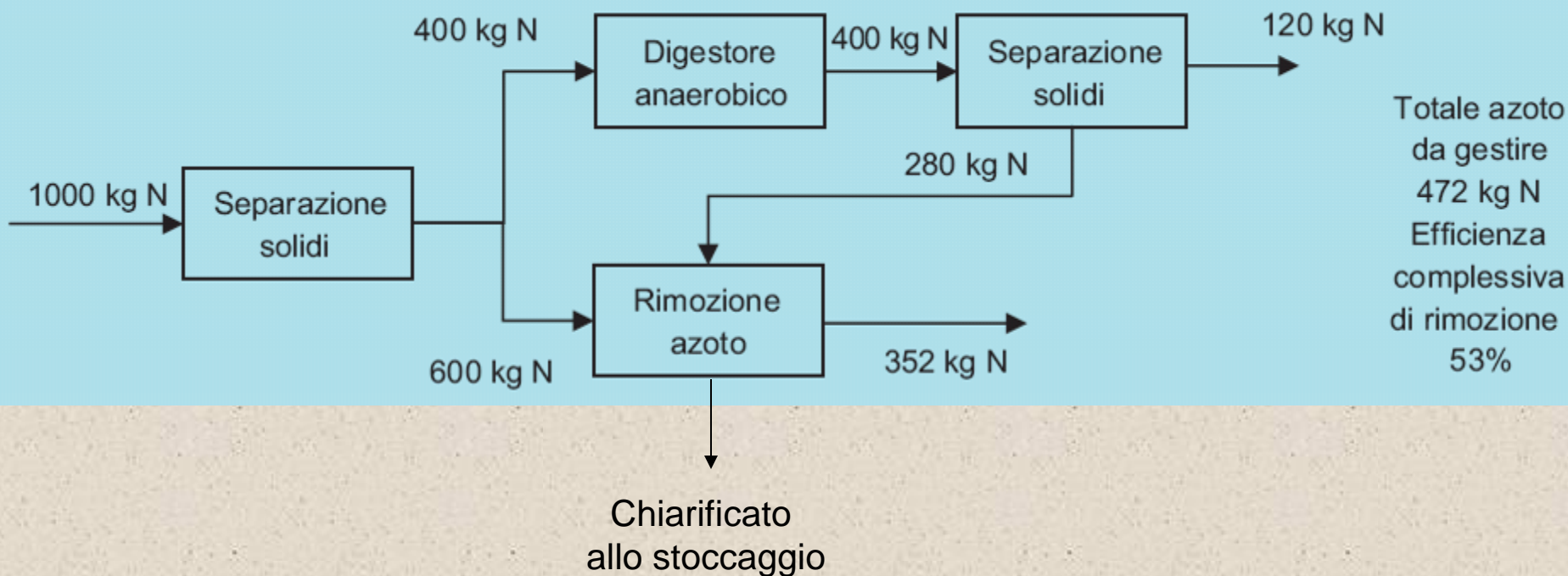
6) Rimozione dell'azoto e produzione di energia



6) Rimozione dell'azoto e produzione di energia

Prestazioni

Le prestazioni derivano dalla combinazione delle tecnologie utilizzate, a cui si rimanda. E' opportuno verificare attentamente il bilancio energetico del sistema perché può condizionare sensibilmente il costo. Infatti, se da una parte l'energia autoprodotta riduce la spesa di gestione dell'impianto di rimozione dell'azoto, dall'altra ha un costo che non viene più compensato dalla vendita dell'energia stessa, anche se può essere mantenuto il contributo per la produzione di energia rinnovabile.



6) Rimozione dell'azoto e produzione di energia

Considerazioni operative

Gli schemi impiantistici possono variare anche significativamente in relazione alle scelte progettuali. In ogni caso, l'inserimento in azienda richiede una notevole capacità gestionale e la disponibilità di personale qualificato per la conduzione. Pertanto, si ritiene adatta alle aziende di grande dimensione o a impianti di tipo consortile. Il dimensionamento dell'impianto è critico in quanto le diverse componenti devono essere coerenti e l'energia prodotta deve essere adeguata alle richieste dell'impianto.

L'eventuale aggiunta di biomassa vegetale negli impianti di produzione di biogas deve essere valutata attentamente in quanto può incrementare la quantità di azoto presente nel materiale palabile risultante dalle fasi di separazione. Le soluzioni impiantistiche di questo tipo **non sono molto diffuse** e generalmente orientate al trattamento biologico di effluenti di allevamento miscelati a acque reflue di altra provenienza (caseifici, acque reflue urbane, ecc.).

Questi impianti sono finalizzati alla depurazione delle acque per il loro successivo scarico in acque superficiali. Tale obiettivo è difficilmente raggiungibile quando vengono trattati esclusivamente effluenti di allevamento perché la loro concentrazione di componenti organiche e minerali è tale da richiedere rendimenti di rimozione superiori al 99,5% difficilmente raggiungibili costantemente nel corso dell'anno. Pertanto, nella valutazione del sistema nel suo complesso è necessario considerare anche il costo di stoccaggio e distribuzione dell'effluente oltre che del palabile utilizzato in azienda.