



Prodotti di fermentazione da impianti di biogas agricolo

Concimare in modo efficace e sostenibile
con liquami e letami fermentati

Impressum

Autore

Ökostrom Schweiz
info@oekostromschweiz.ch
www.oekostromschweiz.ch

Ufficio Winterthur

Technoparkstrasse 2
8406 Winterthur

Ufficio Berna

Bahnhofstrasse 25
3629 Kiesen

Ufficio Svizzera Romanda

Co/ AGRIDEA
Avenue de Jordils 1
1001 Lausanne

Con il sostegno di



Autori

Hanna Neuenschwander
Goran Mitrovic

Redazione

Martin Hiefner

Riferimento bibliografico consigliato

Ökostrom Schweiz (2025): Prodotti di fermentazione da impianti di biogas agricolo. Concimare in modo efficace e sostenibile con liquami e letami fermentati, Ökostrom Schweiz, Associazione di categoria per il biogas agricolo, Winterthur.

Layout

Camille Pasquier

Traduzione

Christian Zürcher



Lo standard più elevato per l'efficienza ecologica.
Prodotti per stampe certificati Cradle to Cradle®
fabbricati da Vögel AG.

Stampa

Vögel AG, Langnau im Emmental

Indice

Premessa	4
----------	---

Come funziona un impianto di biogas agricolo	5
--	---

Il biogas in cifre	6
--------------------	---

I prodotti di fermentazione	7
-----------------------------	---

Buone ragioni per l'uso di prodotti di fermentazione	8
--	---

Effetto degli elementi nutritivi e influenza sulle rese	12
---	----

Esempio pratico 1 : focus su un impiego di lungo termine	15
--	----

Impiego in agricoltura biologica	17
----------------------------------	----

Esempio pratico 2 : focus sull'agricoltura biologica	18
--	----

Condizioni quadro giuridiche - Ciò che occorre sapere	20
--	----

A cosa occorre prestare attenzione durante lo spandimento	22
---	----

Esempio pratico 3 : focus sulla commercializzazione	26
---	----

Bibliografia	28
--------------	----

Indice delle figure	30
---------------------	----

Glossario	31
-----------	----

Premessa



Figura 1: I vantaggi dei prodotti di fermentazione sono scientificamente comprovati. (Foto: Ökostrom Schweiz)

Gli impianti di biogas agricolo offrono innumerevoli prestazioni di interesse generale. Oltre a produrre gas rinnovabile (biogas), che può essere utilizzato come combustibile (calore), carburante (mobilità) o per la generazione di energia elettrica, essi contribuiscono in modo significativo alla protezione del clima e a un approvvigionamento energetico adeguato al fabbisogno grazie a una produzione flessibile sul piano temporale e stagionale.

Tuttavia, gli impianti di biogas offrono importanti contributi anche all'economia circolare. I cicli degli elementi nutritivi sono chiusi, vengono resi disponibili preziosi concimi organici ed è possibile risparmiare concimi minerali. Di conseguenza, i prodotti di fermentazione gettano le basi per un'agricoltura sostenibile e fertile. L'agricoltura, sia essa convenzionale o biologica, può beneficiare dei vantaggi offerti dai prodotti di fermentazione.

Gli impianti di biogas forniscono un valore aggiunto considerevole in Svizzera e senza di essi la moderna agricoltura sarebbe impensabile. Nel nostro Paese i concimi vengono fatti fermentare negli impianti di biogas agricolo da quasi mezzo secolo; eppure, vi sono poche opere di divulgazione sulla qualità e i vantaggi dei prodotti di

fermentazione, per cui circolano mezze verità e molta disinformazione. Tutto ciò ha spinto Ökostrom Schweiz, l'associazione di categoria per il biogas agricolo, a dare visibilità ai prodotti di fermentazione attraverso una pubblicazione specializzata. La presente guida intende infatti dedicare maggiore attenzione ai prodotti di fermentazione da impianti di biogas agricolo. Le numerose caratteristiche positive dei prodotti di fermentazione, i loro notevoli effetti in ambito di concimazione così come la loro applicazione nelle pratiche agricole sono stati oggetto di studi molto approfonditi che devono essere resi accessibili, in forma sintetica, ad ampie cerchie di persone interessate.

Questa guida è indirizzata principalmente alle persone che utilizzano i prodotti di fermentazione agricoli nonché a coloro che si occupano di consulenza agronomica. Il suo obiettivo è presentare i numerosi vantaggi, l'impiego corretto così come i potenziali ambiti di applicazione dei prodotti di fermentazione sulla base di dati scientifici, e di illustrare il quadro giuridico del loro utilizzo. La guida, infine, affronta gli aspetti più concreti della tematica e consente di condividere preziose esperienze pratiche.

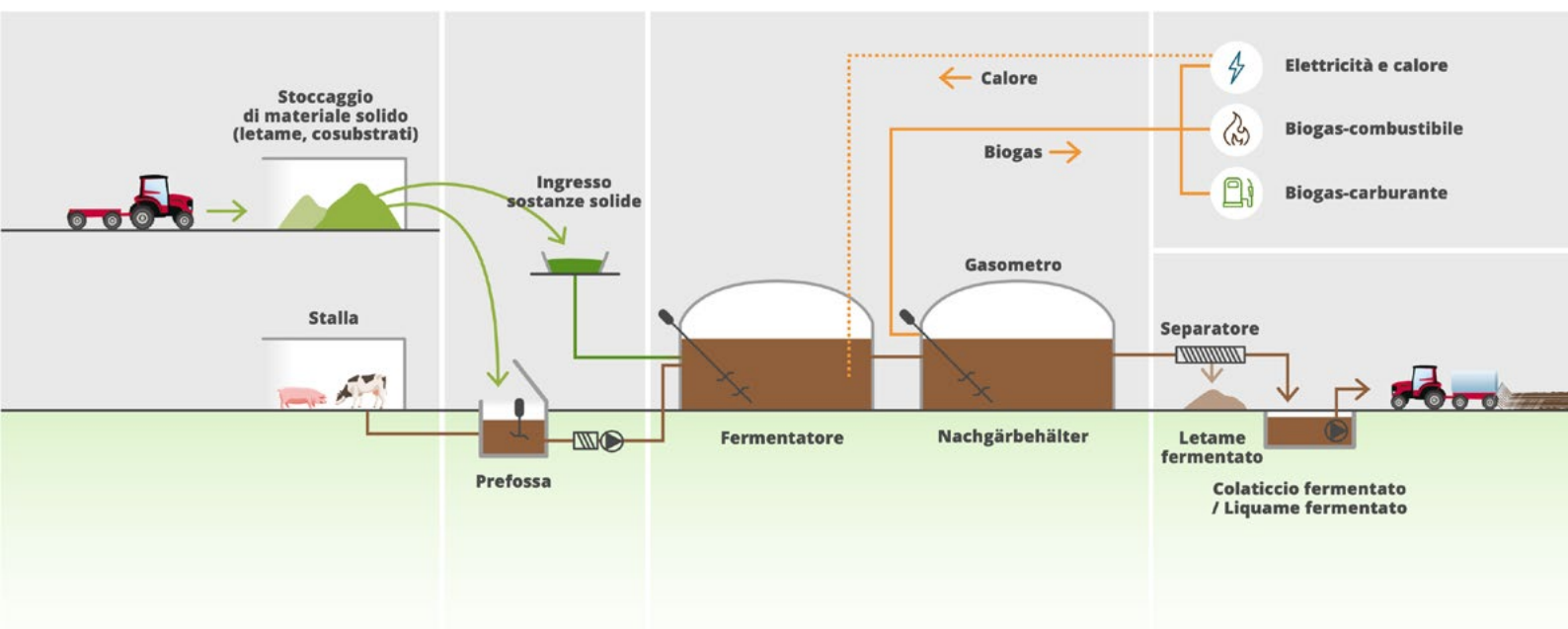
Come funziona un impianto di biogas agricolo

Durante il processo di produzione, materiali organici quali i concimi aziendali (colaticcio e letame), i residui di raccolto o i cosubstrati vengono introdotti in un serbatoio (fermentatore) riscaldato (da 40 a 55 °C) e a tenuta stagna di gas attraverso una prefossa di stoccaggio o un ingresso di sostanze solide, a seconda della loro consistenza. Nel fermentatore alcune sostanze organiche vengono trasformate in biogas durante un processo multifasico di decomposizione e trasformazione biologica senza apporto di ossigeno. Il biogas è costituito principalmente da metano (da 55 a 65 % vol.) e anidride carbonica (da 45 a 35 % vol.).

A seconda della tecnologia produttiva dell'impianto di biogas, la prima fase di fermentazione può essere seguita da una seconda (processo multifasico di fermentazione). Un processo a flusso continuo consente alla sostanza organica di passare dalla prima alla seconda fase di fermentazione nel post-fermentatore, anch'esso a tenuta di gas e riscaldato. Una volta terminato il processo di trasformazione biologica, i prodotti di fermentazione vengono stoccati in un bacino per liquami fermentati prima di essere sparsi come concime organico di elevata qualità.

Il biogas prodotto (prodotto energetico grezzo) viene convogliato in un gasometro e quindi utilizzato a fini di produzione di energia. Il biogas grezzo può essere trasformato in gas naturale attraverso un processo di trattamento del gas, e poi immesso nella rete di gas o può essere bruciato in una cosiddetta centrale termoelettrica a blocco (CTEB) e convertito in elettricità e calore rinnovabili.

Figura 2: Schema di un impianto di biogas agricolo. (Fonte: Ökostrom Schweiz)



Il biogas in cifre

Alla fine del 2024 in Svizzera erano attivi quasi 140 impianti di biogas agricolo. Diverse altre decine di impianti di questo tipo sono in fase di pianificazione o di costruzione.

Nel 2024 gli impianti di biogas agricolo rappresentavano (stime basate su UFE 2025¹):

- circa 210 GWh di potenza in immissione di energia elettrica netta
- circa 70 GWh di potenza dell'utilizzazione del calore residuo (oltre al fabbisogno del fermentatore)
- circa 20 GWh di immissione di gas nella rete di gas svizzera

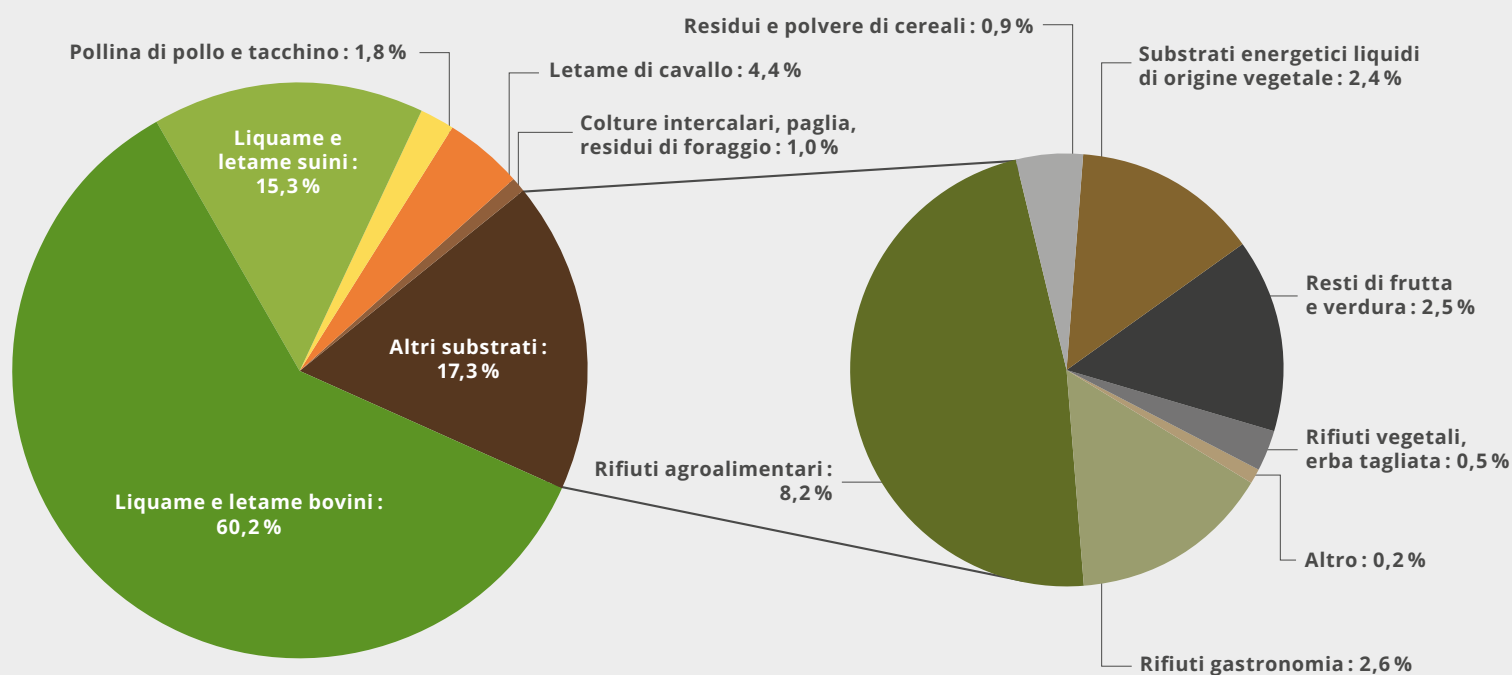
Nel 2018 sono state utilizzate circa 1,05 milioni di tonnellate di concimi aziendali per la produzione di energia. Ciò corrisponde al 4,6% del totale dei concimi aziendali prodotti in Svizzera. I concimi aziendali rappresentano la percentuale più grande (82%) della miscela di un tipi-

co substrato utilizzato per la fermentazione. Oltre a ciò, vengono utilizzati anche cosubstrati. Si tratta di residui organici di origine agricola (per es. residui di raccolto) e di origine non agricola (per es. i rifiuti vegetali o i residui della lavorazione agroalimentare).

Nel 2022 la riduzione totale di CO₂ degli impianti di biogas agricolo ammontava a 87'000 tonnellate (senza tenere conto dell'immissione di biogas nella rete di gas). Le prestazioni in materia di riduzione di CO₂ comprendevano ...

- ... circa 54'000 t di CO₂e provenienti dalla riduzione di metano (stoccaggio di concimi aziendali a tenuta stagna di gas)
- ... circa 22'000 t di CO₂e provenienti dalla produzione di energia elettrica (sostituzione di elettricità da fossile)
- ... circa 11'000 t di CO₂e provenienti dall'utilizzazione del calore (sostituzione della nafta e del gas naturale)

Figura 3: Composizione media del substrato di un impianto di biogas agricolo, stato al 2023. (Fonte: Ökostrom Schweiz)



I prodotti di fermentazione

Oltre al prodotto energetico gassoso « biogas », un impianto di biogas agricolo genera prodotti di fermentazione materiali particolarmente adatti per la concimazione organica. Il prodotto liquido di partenza, chiamato liquame fermentato, può essere separato in una fase liquida e in una fase solida: la frazione liquida è chiamata colaticcio fermentato; la frazione solida è il letame fermentato. Se viene utilizzato più del 20% di cosubstrati di origine non

agricola, il prodotto di fermentazione non è più considerato un concime aziendale ma un concime ottenuto dal riciclaggio. I concimi ottenuti dal riciclaggio provenienti dagli impianti di biogas agricolo svolgono un ruolo secondario sul piano quantitativo, per cui non vengono esaminati nel seguito di questa guida.

Liquame fermentato

Il prodotto ottenuto dagli impianti di biogas più frequentemente utilizzato è il liquame fermentato. Esso è liquido, ma contiene anche una quota di materie organiche solide. Il liquame fermentato può essere utilizzato allo stesso modo del liquame convenzionale (cfr. capitolo *A cosa occorre prestare attenzione durante lo spandimento*). Grazie a sistemi dotati di tubi flessibili a strascico o di tubi semirigidi con assorbitore terminale o a un sistema a iniezione, il liquame può essere distribuito direttamente sulle superfici prative (prati e pascoli) o su suoli coltivabili (anche nelle colture da pieno campo esistenti).



Colaticcio fermentato

Grazie alla rapida infiltrazione e alla elevata disponibilità di azoto, il colaticcio fermentato è particolarmente adatto per un apporto rapido di azoto e un uso mirato su una superficie vegetale in crescita (cfr. capitolo *A cosa occorre prestare attenzione durante lo spandimento*). Di conseguenza, il colaticcio fermentato si presta bene nelle campicolture e nelle orticoltura. Nella pratica si utilizza spesso una miscela di liquame fermentato e di colaticcio fermentato. In tale contesto, viene separata solo una parte del liquame fermentato.



Letame fermentato

Il letame fermentato può essere sparso, come il letame convenzionale, per mezzo di uno spandiletame. Il letame fermentato ottenuto dalla separazione presenta un elevato tenore di elementi nutritivi legati organicamente (azoto, fosforo). È particolarmente adatto per essere utilizzato prima della coltivazione delle piante o per le colture a ciclo vegetativo lungo poiché la liberazione degli elementi nutritivi richiede più tempo rispetto al liquame fermentato o al colaticcio fermentato.



Buone ragioni per l'uso di prodotti di fermentazione

Minori emissioni di odori	8	Riduzione della pressione delle malerbe e degli agenti patogeni	9
Migliore fluidità e minori bruciature	8	Effetto humus migliorato	10
Migliore prevedibilità nella gestione della concimazione	8	Contributo positivo alla protezione del clima	10
Effetto migliorato dell'azoto e influenza sulle rese	9	Suolo vivente	11
Cicli degli elementi nutritivi chiusi	9		

Minori emissioni di odori

Rispetto a un materiale di partenza non fermentato, le emissioni di odori dei prodotti fermentati sono nettamente inferiori.^{2,3} Il processo di fermentazione consente di degradare i composti organici volatili e i composti odoriferi dei concimi aziendali (come ad es. l'acido solfidrico, la benzaldeide e l'acido propionico), e di ridurre le emissioni di odori.⁴⁻⁶ Analogamente al compost maturo, il liquame fermentato non emette più odori intensi. E poiché il liquame fermentato si infiltra più rapidamente nel terreno, durante lo spandimento le emissioni di odori si riducono ulteriormente.

Migliore fluidità e minori bruciature

La fermentazione riduce fino al 50%⁷ il tenore di sostanza secca dei liquami di origine animale⁷, e il liquame fermentato è nettamente più fluido e omogeneo rispetto ai liquami convenzionali. Ciò vale anche nel caso dei liquami fermentati con impiego di cosubstrati. I liquami fermentati svizzeri hanno in media un tenore di sostanza secca che si aggira attorno al 5,3% (banca dati CVIS). L'omogeneità dei prodotti fermentati liquidi, inoltre, offre una serie di vantaggi anche dal punto di vista agronomico: ad esempio, facilita lo spandimento e riduce, in particolare utilizzando sistemi muniti di tubi flessibili a strascico, il rischio di ostruzioni e la formazione di accumuli di paglia in ambito di foraggicoltura. In tal modo non vi è rischio di contaminazione del foraggio durante la distribuzione sulle superfici prative. Il processo di fermentazione consente di decomporre gli acidi organici a catena corta e di ridurre al minimo le bruciature delle foglie.⁴ La migliore fluidità dei prodotti fermentati liquidi comporta un certo numero di vantaggi. Il liquame fermentato scorre via più velocemente dalle piante, consentendo di contrastare le bruciature.⁸ Allo stesso tempo, esso defluisce più rapidamente nel terreno riducendo così il rischio di perdite di ammoniaca.



Figura 4: Il liquame fermentato è facile da utilizzare.
(Foto: Ökostrom Schweiz)

Migliore prevedibilità nella gestione della concimazione

Le produttrici e i produttori di prodotti di fermentazione di origine agricola devono effettuare un'analisi degli elementi nutritivi più volte l'anno e un'analisi dei metalli pesanti dei loro prodotti almeno una volta l'anno (v. anche capitolo *Condizioni quadro giuridiche – Ciò che occorre sapere*). In questo modo chi acquista prodotti di fermentazione riceve indicazioni molto precise relative al tenore in elementi nutritivi. Tutto ciò semplifica la gestione dei concimi rispetto ai concimi aziendali non fermentati per i quali, nella maggior parte dei casi, vengono utilizzati valori di riferimento (cfr. PRIC⁹).

Effetto migliorato dell'azoto e influenza sulle rese

Il liquame fermentato contiene quantità nettamente inferiori di azoto legato alla sostanza organica, poiché questo viene convertito in composti inorganici come l'azoto ammoniacale attraverso la decomposizione microbica durante il processo di fermentazione. L'azoto ammoniacale viene assorbito più facilmente dalle piante, le quali beneficiano così di una migliore disponibilità di azoto. Il liquame fermentato consente di raggiungere rese più elevate nella produzione vegetale rispetto al liquame non fermentato poiché le piante possono essere nutrite meglio in funzione delle loro esigenze.^{7,10-12}

Cicli degli elementi nutritivi chiusi

Gli impianti di biogas agricolo contribuiscono a chiudere i cicli degli elementi nutritivi. Gli elementi nutritivi che vengono prelevati in larga misura con il raccolto delle piante coltivate devono essere restituiti al terreno attraverso la concimazione. Dal punto di vista della produzione agricola, i prodotti agricoli che finiscono nell'alimentazione umana rappresentano anch'essi una perdita di sostanze nutritive. Gli elementi nutritivi contenuti nei rifiuti alimentari o in altri materiali residui organici, invece, possono essere riciclati. Tutto ciò presuppone un recupero dei materiali residui, che viene garantito dagli impianti di biogas agricolo. Attraverso i prodotti di fermentazione, gli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali e nei materiali residui organici immessi nell'impianto tornano integralmente nel ciclo della produzione agricola. In tal modo è possibile ridurre il consumo di concimi e, in particolare, di concimi minerali importati.

Riduzione della pressione delle malerbe e degli agenti patogeni

I semi delle malerbe che giungono negli impianti di biogas vengono danneggiati nella loro facoltà germinativa o completamente distrutti. Questo effetto è potenziato da un aumento dei tempi di permanenza nel fermentatore e da temperature più elevate.⁸ Ciò trova conferma anche negli studi di laboratorio secondo i quali gran parte dei semi di diverse specie di malerbe sopravvivono a un processo di fermentazione in regime di temperatura mesofilo (37 °C) per un intero giorno, mentre vengono completamente distrutti dopo 7 giorni nel fermentatore. Per contro, nel caso di temperature fino a 50 °C (termofilia), dopo un solo giorno è stato possibile constatare l'assenza di semi che avevano conservato la loro facoltà germinativa.¹⁴ Grazie a un tempo di permanenza medio prolungato dei substrati fermentati in un impianto mesofilo, una propagazione dei semi di malerbe attraverso lo spandimento di liquame fermentato non rappresenta più un problema nella pratica. Questa capacità di distruggere i semi delle malerbe si rivela altresì molto preziosa nel contesto della crescente problematica delle neofite invasive. I semi e i rizomi di poligono asiatico e di zigolo dolce, per esempio, vengono completamente distrutti in un impianto di biogas durante una fermentazione effettuata in maniera professionale.¹⁵

La temperatura all'interno del fermentatore svolge un ruolo determinante nell'ambito della distruzione degli agenti patogeni. Alcuni studi hanno dimostrato che i prodotti di fermentazione non presentano un numero maggiore di germi di *Clostridium*, patogeni per l'essere umano e gli animali, rispetto al liquame non fermentato.¹⁶ Per quel che riguarda i fitopatogeni, si è persino potuto constatare che i prodotti di fermentazione sono privi di funghi nocivi quali *Fusarium*, *Sclerotium* o *Rhizoctonia*.¹⁶ Nel caso degli impianti termofili, i tassi di riduzione degli agenti patogeni sono in generale sufficientemente elevati e i prodotti non presentano rischi per la salute.¹⁷ Essi possono essere quindi utilizzati in tutte le colture.¹⁸ Il tenore di germi non aumenta neppure in un processo di fermentazione in condizioni mesofile, per cui i prodotti di fermentazione provenienti da impianti mesofili sono di qualità igienica comparabile a quella dei prodotti di base, ossia i concimi aziendali.¹⁹

Figura 5: I rizomi di zigolo dolce vengono completamente distrutti nell'impianto di biogas. (Foto: Agroscope)

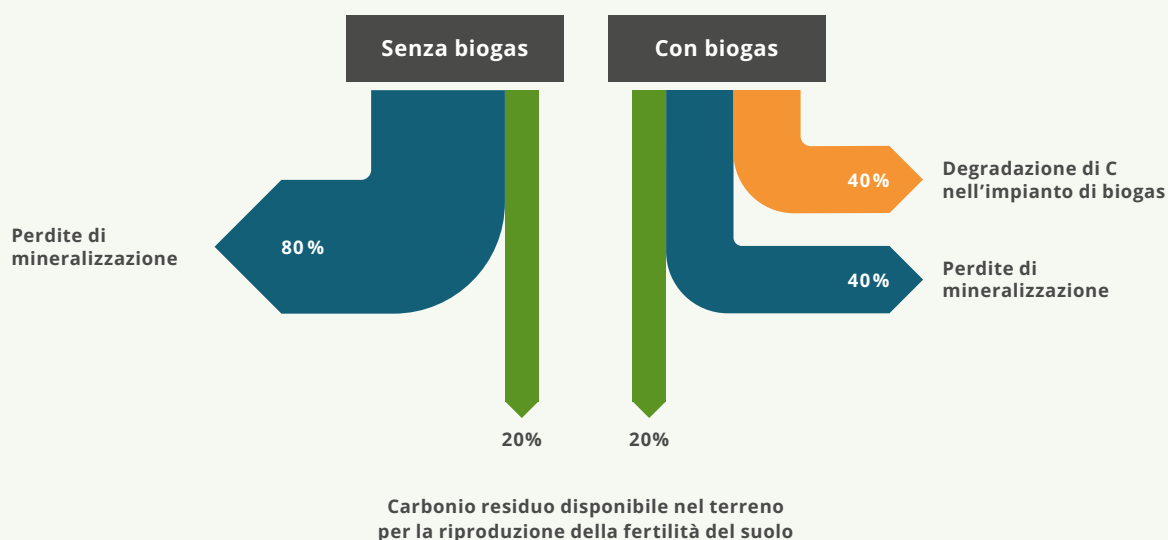


Effetto humus migliorato

Oltre ai fattori di produzione naturali e a quelli relativi al sito e alle pratiche agricole, anche la concimazione influenza in modo determinante la formazione di humus. A tal proposito, i concimi organici hanno un impatto positivo diretto sul tenore in humus poiché, contrariamente ai concimi minerali, forniscono sostanze organiche agli organismi del suolo, prevenendo così « carenze di nutrienti » nel terreno.²⁰

Siccome il tenore di sostanza secca svolge un ruolo importante nell'effetto humus, i concimi liquidi come il liquame fermentato o il liquame non fermentato hanno ovviamente un effetto diretto meno importante sulla formazione di humus rispetto ai concimi solidi come il letame fermentato o il letame. Con lo sviluppo degli impianti di biogas e l'aumento dello spandimento di prodotti fermentati, anche il loro positivo effetto humus ha acquisito maggiore rilevanza. Contrariamente a quanto sostenuto in alcune obiezioni – secondo le quali il liquame fermentato avrebbe un effetto humus più debole rispetto a quello dei prodotti non fermentati per via del suo basso tenore in C – gli istituti di ricerca agronomica (VDLUFA) suppongono coefficienti simili di formazione di humus di circa 6–12 kg di C/t di prodotti fermentati.²¹ Il motivo alla base di una formazione di humus comparativamente buona, nonostante il tenore in C più basso, risiede nel fatto che il tenore in carbonio rimanente viene stabilizzato durante il processo di fermentazione. Il carbonio stabilizzato ha anch'esso un effetto positivo considerevole sulla formazione di humus.²² Nel caso del liquame non fermentato e non stabilizzato, circa quattro quinti del carbonio contenuto nel suolo vengono mineralizzati e non sono più disponibili per la formazione di humus. Se la stessa quantità iniziale passa dapprima attraverso il processo di fermentazione dell'impianto di biogas, allora la perdita di carbonio viene compensata nell'impianto per mezzo di una minore perdita di mineralizzazione dovuta alla stabilizzazione.²³ Di conseguenza, ai suoli viene messa a disposizione la stessa quantità di carbonio (v. figura 6). In ultima analisi, per quanto riguarda l'effetto humus i prodotti fermentati liquidi e solidi non sono in alcun modo inferiori al liquame e al letame non fermentati, e contribuiscono in maniera sostanziale a un sostegno di lungo termine della formazione di humus e della fertilità del suolo.

Figura 6: Bilancio del carbonio dei concimi aziendali con e senza fermentazione. (Grafico: Ökostrom Schweiz secondo Leithold 2009²³)



Contributo positivo alla protezione del clima

L'impiego di liquame fermentato presenta non solo numerosi vantaggi agronomici diretti, ma anche un valore aggiunto ecologico ai fini di un'agricoltura sostenibile. I prodotti di fermentazione agricoli, perciò, contribuiscono attivamente alla protezione del clima.

Nella pratica agricola attuale lo stoccaggio dei concimi aziendali viene effettuato in sistemi aperti o coperti, ma non a tenuta stagna di gas (siti di stoccaggio), nei quali prevalgono condizioni di stoccaggio aerobiche. Lo stoccaggio aerobico di colaticcio e letame genera emissioni di metano che finiscono liberamente nell'atmosfera. Il metano è 28 volte più nocivo per il clima rispetto alla CO₂. In un impianto di biogas i concimi aziendali vengono introdotti in sistemi di stoccaggio chiusi e a tenuta di gas nei quali ha luogo un processo controllato di fermentazione in ambiente anaerobico. Il metano che ne risulta viene raccolto e valorizzato energeticamente. Per unità di bestiame grosso (UBG), e a seconda delle proporzioni di colaticcio e di letame, è possibile raggiungere una riduzione di una tonnellata di CO₂e all'anno.

Suolo vivente

Per un suolo sano e fertile, è indispensabile che la vita del suolo sia intatta. Gli organismi del suolo come i lombrichi favoriscono una buona struttura e una buona aerazione del terreno, mentre altri organismi come i collemboli e i nematodi hanno un effetto igienico sui suoli decimando efficacemente i funghi nocivi del tipo *Fusarium* e le loro tossine.²⁴ La concimazione organica accresce l'attività microbica e garantisce un aumento delle risorse alimentari per la fauna del suolo. Ciò, generalmente, favorisce gli animali del suolo stimolando i loro cicli delle materie e contribuendo, in tal modo, a una buona fertilità dei suoli.²⁵ Alcuni studi condotti in Germania hanno dimostrato che la presenza di collemboli, acari e lombrichi, sia a livello degli individui che a quello delle specie, è più elevata nei suoli fertilizzati con prodotti di fermentazione che non nelle parcelle «trattate» con concimi minerali. Rispetto a quelle fertilizzate con liquame bovino non trattato, le parcelle di biogas non hanno evidenziato alcuna differenza relativa alla vita del suolo, ciò che consente di concludere che il liquame fermentato agisce in maniera tanto efficace sugli organismi presenti nel suolo quanto altri concimi organici.²⁶

*Figura 7: È dimostrato che i prodotti di fermentazione favoriscono importanti organismi del suolo come i lombrichi.
(Foto: G. Brändle, Agroscope)*



Effetto degli elementi nutritivi e influenza sulle rese

L'effetto degli elementi nutritivi dei prodotti di fermentazione è un tema centrale nell'ambito della fermentazione e dell'impiego dei concimi aziendali. Esso è stato studiato a fondo da un punto di vista scientifico.

Effetto degli elementi nutritivi

Per i comuni mortali non è per nulla evidente capire perché l'effetto degli elementi nutritivi dei concimi aziendali fermentati dovrebbe essere diverso da quello dei concimi non fermentati. Tutto sommato, vengono valorizzati «solo» composti del carbonio i quali, in seguito, sono eliminati dalla biomassa attraverso il recupero del metano. Ma che cosa accade agli altri elementi nutritivi durante la fermentazione? La figura 8 illustra i processi della fermentazione anaerobica e i principali prodotti metabolici che ne risultano. Da tale quadro emerge che la fermentazione dà luogo innanzitutto a cambiamenti nei composti azotati. I composti organici vengono decomposti e l'azoto viene «liberato».

Nei primi due processi di fermentazione anaerobica, l'idrolisi e l'acidogenesi, i batteri liberano gli aminoacidi dai composti organici e li decompongono.²⁷ Ciò libera l'ammoniaca che reagisce con l'acqua e la CO₂ per formare ammonio e idrogenocarbonato.²⁸ L'azoto ammoniacale viene facilmente trasformato, e quindi assorbito dalle piante, per cui si innesca un effetto rapido dell'azoto. La percentuale di azoto ammoniacale presente nel prodotto di fermentazione, perciò, è un buon indicatore della disponibilità immediata di azoto nella produzione vegetale. In Svizzera il tenore mediano in azoto ammoniacale dei liquami fermentati prodotti da impianti di biogas agricolo è stato determinato, per il 2021, con una mediana del 57% (ISCM). Il liquame fermentato, quindi, è particolarmente adatto come fonte di azoto a rapida azione per le colture, le superfici prative o ancora l'orticoltura biologica in cui vi è necessità di concimi organici che agiscono rapidamente.¹¹ Dopo la fermentazione anaerobica, il prodotto di fermentazione contiene ancora notevoli quantità di azoto organico, mineralizzato tuttavia solo molto lentamente e stimato a 1–3% all'anno.¹⁰

Figura 8: I quattro processi della fermentazione anaerobica e gli importanti prodotti metabolici che ne risultano. (Fonte: Ökostrom Schweiz)

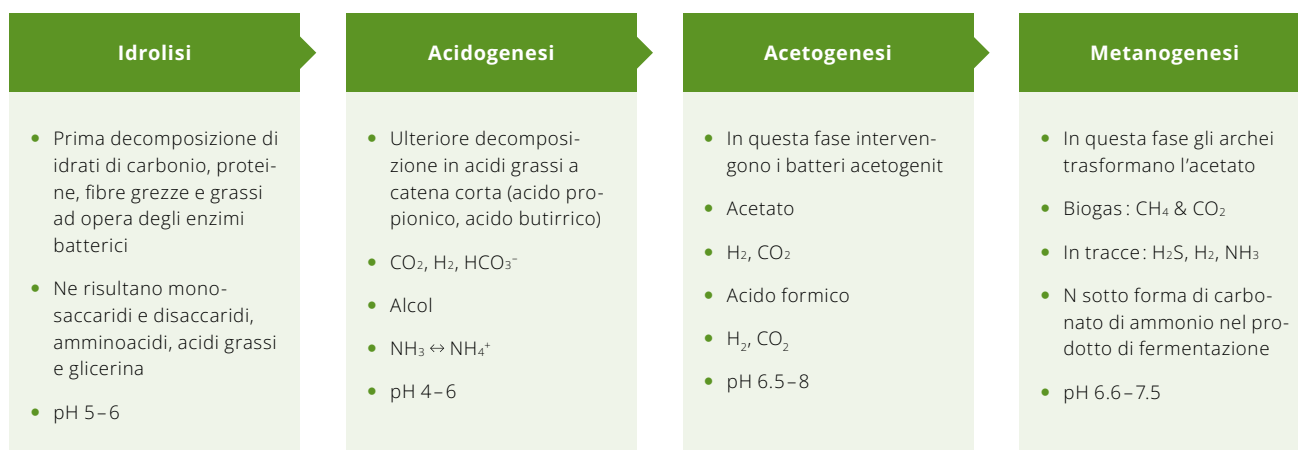


Figura 9: Tenore medio in elementi nutritivi dei prodotti di fermentazione da impianti di biogas agricolo in Svizzera. I dati sui tenori in elementi nutritivi provengono dal rapporto relativo al progetto «BioCircle» (2022). Si tratta di valori relativi a casi pratici. La composizione e la separazione del liquame fermentato può variare molto a seconda dei diversi impianti di biogas. I valori dei prodotti separati e non separati non sono direttamente correlati poiché i prodotti provengono da diverse aziende.²⁹ SF = sostanza fresca

Tipo prodotto		N totale	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	SS(%)	Rapporto N:P:K
Liquame fermentato	kg per t SF	3.7	1.3	4.2	1.5	0.4	5.4	4:1:4
Letame fermentato	kg per t SF	8.1	4.2	7.8	5.3	1.6	29	2:1:2
Colaticcio fermentato	kg per t SF	4.7	1.3	5.8	1.5	0.4	5.4	5:1:6
Liquame bovino separato 1:1	kg per t SF	1.9-2.0	0.7-0.9	2.3-3.8	0.6-0.8	0.2-0.3	4.5	2:1:3
Liquame bovino non separato	kg per t SF	3.9-4.0	1.3-1.7	4.5-7.5	1.2-1.5	0.4-0.6	9	2:1:3

Naturalmente, il tenore finale in elementi nutritivi dei prodotti di fermentazione dipende dalla composizione iniziale dei substrati. Complessivamente, durante il processo di fermentazione vanno perse solo piccole quantità di elementi nutritivi.⁷ Nell'ambito di uno studio condotto su circa 60 impianti di biogas, per esempio, è stata determinata una «perdita di azoto» media del 12%.⁷ Le perdite di azoto possono essere spiegate attraverso le perdite di ammoniaca, la sedimentazione di particelle nel fermentatore, la formazione di struvite o anche i processi di precipitazione.^{7,30} Per quanto riguarda il fosforo e gli altri elementi nutritivi, la fermentazione non comporta grandi cambiamenti. La disponibilità di fosforo rimane invariata. Le perdite di fosforo si verificano in misura minima (< 10%) come nel caso dell'azoto, e anch'esse possono essere spiegate attraverso i processi di precipitazione o una sedimentazione nel fermentatore.¹¹ Tuttavia, per la produzione vegetale è importante sapere ciò che contiene esattamente il liquame fermentato o il letame fermentato. Pertanto, i prodotti di fermentazione vengono sottoposti a regolari analisi degli elementi nutritivi (vedi anche capitolo «Condizioni quadro giuridiche – Ciò che occorre sapere»). Tenori medi in elementi nutritivi sono indicati nella figura 9.

Nutrizione delle piante ed effetti sulle rese

La disponibilità di azoto nel liquame fermentato è relativamente alta. Il fatto che ciò possa essere riscontrato nella crescita delle piante può essere espresso in «equivalenti di concimi minerali». L'assorbimento di azoto da parte delle piante coltivate rispetto all'apporto di azoto proveniente dal liquame fermentato è comparato al tasso di assorbimento di azoto della variante con il concime minerale. Una prova svolta in campo aperto ha dimostrato che i valori di equivalenti di concimi minerali per il liquame fermentato (di bovino) si aggiravano tra il 30 e il 47%.¹⁰ Il liquame bovino non fermentato presentava valori di equivalenti di concimi minerali tra il 26 e il 37%. Sono state studiate tre colture: il frumento autunnale, il triticale autunnale e l'insilato di mais. Quest'ultimo ha potuto raggiungere il tasso di utilizzo di azoto più elevato grazie al suo lungo ciclo vegetativo. A prima vista i valori non sembrano molto alti, ma vanno interpretati come segue: per l'azoto proveniente dalla concimazione minerale è possibile raggiungere un tasso di assorbimento di circa il 100% se il fabbisogno in elementi nutritivi corrisponde alla quantità apportata. Tuttavia, sulla quantità complessiva di azoto fornito dal liquame fermentato, una parte è organica e una parte inorganica. La maggior parte dell'azoto inorganico può essere assorbita dalle piante, ma pochissimo azoto organico può essere assorbito durante il periodo di concimazione. Ad esempio: se la maggior parte del 57% dell'azoto ammoniacale viene

assorbito, allora l'equivalente di concimi minerali sarà inferiore al 57%. Sui suoli che sono stati fertilizzati con concime organico per diversi anni, può verificarsi un apporto supplementare di N proveniente dal suolo. Anche altri studi hanno dimostrato un effetto fertilizzante azotato migliore o equivalente (misurato in equivalenti di concimi minerali) nel caso del liquame fermentato rispetto al liquame non fermentato.^{16,31}

Le ricerche hanno invece evidenziato un effetto fertilizzante meno rapido per il letame fermentato, analogamente a quanto accade per il letame non fermentato. Benché il letame fermentato contenga grandi quantità di azoto ammoniacale, esso è meno efficace per la crescita delle piante durante l'anno di spandimento rispetto alla frazione liquida. In primo luogo, il letame fermentato ha un pH elevato (9 o più), e pertanto il rischio di perdite di ammoniaca è notevole. Inoltre, l'immobilizzazione dell'azoto nel suolo può verificarsi se la decomposizione della sostanza organica procede lentamente.³² Per questo motivo, nel caso dello stoccaggio e dello spandimento di letame fermentato, si applicano speciali raccomandazioni (vedi il capitolo sullo spandimento). Tuttavia, il letame fermentato ha un tenore in fosforo più elevato rispetto al liquame fermentato, ed è quindi importante per la fornitura di sostanza organica al terreno.

Risultati incoraggianti in materia di rese negli esperimenti in campo aperto :

Con il liquame fermentato è possibile ottenere rese migliori rispetto a quelle ottenute con il liquame non fermentato. Nell'ambito di alcuni esperimenti in campo aperto, infatti, sono stati documentati aumenti delle rese con il frumento autunnale^{7,33,34} e con l'insilato di mais.³¹ In agricoltura biologica sono stati rilevati aumenti del 15–28%¹¹ se alla fermentazione, e quindi al pool di concimi, venivano aggiunti i residui colturali e le colture intercalari. Rispetto alla concimazione minerale, il liquame fermentato può dare una resa che va dall'80 al 100%. Esperimenti in campo aperto sono stati condotti principalmente per il frumento autunnale, l'insilato di mais e la barbabietola da zucchero.^{7,31,33,35,36} I risultati consentono di affermare che gran parte della resa e della concimazione minerale può essere garantita dai prodotti fermentati. Gli equivalenti di concimi minerali e gli esperimenti sulle rese realizzati, perciò, indicano che la concimazione con i prodotti fermentati può essere effettuata in modo adeguato alle esigenze. I risultati degli esperimenti condotti in campo aperto hanno dimostrato che un'applicazione primaverile dei prodotti fermentati con incorporazione diretta è la soluzione in assoluto più vantaggiosa per quanto riguarda il loro effetto fertilizzante.³⁶

Figura 10: L'impianto di biogas Agrenergie SA a Weizen (Foto : Ökostrom Schweiz)



Esempio pratico 1 : focus su un impiego di lungo termine

« Ho le prove degli effetti positivi del liquame fermentato »

L'impianto di biogas nell'azienda di Thomas Schnyder a Bösingen è stato costruito negli anni '70 e costituisce perciò un'opera pionieristica. Da allora Schnyder ha sempre concimato i suoi campi utilizzando, in gran parte, liquame fermentato.

« Con il liquame fermentato disponiamo di un concime completo che, grazie alle sue numerose caratteristiche positive, è molto pratico per la produzione vegetale, ed è sempre più apprezzato e richiesto dagli agricoltori », afferma convinto Schnyder. Questo agricoltore, che svolge anche attività di allevamento e ingrasso di maiali, è l'appassionato gestore di un impianto di biogas. Egli, perciò, parla per esperienza diretta quando descrive le caratteristiche positive dei prodotti fermentati.

La prima di queste caratteristiche è uno spandimento senza problemi. La fluidità del liquame fermentato è decisamente migliore rispetto a quella del concime aziendale convenzionale. Inoltre, non avviene praticamente alcuna separazione. L'elevato tenore in ammonio garantisce una migliore disponibilità di elementi nutritivi per le piante, e ha quindi effetti positivi sulle rese. Per di più, il liquame fermentato possiede tutte le proprietà dei concimi organici che aumentano la fertilità del suolo. « Ciò che colpisce, diversamente dal liquame non fermentato, è il tenore più elevato in composti del carbonio, con una resistenza alla decomposizione nettamente migliore. Questo significa che il carbonio residuo del liquame fermentato non viene convertito troppo rapidamente e può avere un effetto di più lungo termine sul suolo », commenta Schnyder. « Ciò valorizza il liquame fermentato per quanto riguarda il suo effetto humus. In generale, tuttavia, non ci si può aspettare che i concimi liquidi, qualora vengano usati da soli, aumentino considerevolmente il tenore in humus. Il tenore in sostanze organiche, infatti, è semplicemente troppo basso ».



Figura 11: Thomas Schnyder gestisce un impianto di biogas pionieristico e può contare su oltre 40 anni di esperienza nell'impiego di prodotti di fermentazione. (Foto : Charlotte Walker, wap-ico.ch)



Figura 12: Thomas Schnyder recupera la pollina di 14 aziende e in cambio fornisce loro liquame fermentato. Il processo di fermentazione non solo migliora l'effetto fertilizzante, ma contribuisce anche a risolvere quasi completamente il problema degli odori. (Foto : Ökostrom Schweiz)

Gli effetti positivi di lungo termine del liquame fermentato sui suoli possono essere documentati prove alla mano. Thomas Schnyder fa eseguire analisi del suolo ogni cinque anni per verificare il tenore in humus e in elementi nutritivi dei suoi suoli.

Da diversi decenni il tenore in humus si è sempre mantenuto su livelli soddisfacenti. Tale circostanza è piuttosto sorprendente, poiché l'azienda di Thomas Schnyder è incentrata dagli anni '70 sulle campicoltura, e da allora non sono mai stati usati concimi organici solidi come il letame. Queste condizioni, piuttosto esigenti in termini di humus, hanno potuto essere contrastate impiegando prodotti fermentati. I suoli, peraltro, presentano un buon arricchimento in fosforo, potassio e magnesio. «I valori elevati di P e K non hanno molto a che vedere con l'impianto di biogas, ma piuttosto con il fatto che da molto tempo nella nostra fattoria alleviamo maiali», aggiunge Schnyder.

Il nostro agricoltore constata come le aziende dei dintorni apprezzino sempre di più gli effetti del liquame fermentato. Oggi tra i suoi clienti vi sono numerose aziende senza animali, così come un numero crescente di aziende biologiche che apprezzano soprattutto le proprietà igienizzanti del processo di fermentazione nell'ottica della problematica delle malerbe. La domanda è in crescita e oggi il liquame fermentato è un concime richiestissimo al punto tale che spesso scarseggia, in particolare in primavera. «In un prossimo futuro tutto ciò potrebbe aumentare notevolmente il valore dei prodotti fermentati», afferma Schnyder, che attualmente non vende il suo liquame fermentato, e fattura soltanto i servizi di spandimento e trasporto a partire da 5 km.

Impiego in agricoltura biologica

L'impiego di liquame fermentato nell'agricoltura biologica in Svizzera è sempre più diffuso e apprezzato. Ciò è dovuto, in particolare, al fatto che i liquami fermentati presentano vantaggi maggiori rispetto ai concimi aziendali convenzionali, come è già stato spiegato nel capitolo «Buone ragioni per l'uso di prodotti di fermentazione».

Prodotti di fermentazione in agricoltura biologica – una questione controversa

Nonostante i prodotti di fermentazione comportino numerosi vantaggi per l'agricoltura biologica, il loro impiego è controverso. Una critica molto diffusa, per esempio, riguarda il cambiamento delle pratiche di concimazione con il pretesto che i concimi aziendali fermentati sarebbero simili ai concimi minerali. La concimazione indiretta delle colture con i concimi aziendali non fermentati, quindi, verrebbe sempre più accantonata, ciò che è contrario ai principi dell'agricoltura biologica. Seppure in linea di massima l'ordinanza svizzera sull'agricoltura biologica non limiti direttamente l'impiego di prodotti fermentati (liquame fermentato), l'associazione Bio Suisse limita l'impiego di questi prodotti, così come quello dei concimi di riciclaggio.

La presente guida intende contribuire a questa discussione basandosi su fondamenti scientifici.

Restrizioni ed esigenze dell'associazione Bio Suisse

Si applicano, in maniera generale, i «criteri per la consegna di concimi aziendali e di riciclaggio ad aziende Bio Suisse». Ciò, tra l'altro, comprende restrizioni sui seguenti punti:

- Le aziende Bio Suisse possono utilizzare esclusivamente prodotti di fermentazione agricoli che figurano nella lista dei mezzi di produzione autorizzati in agricoltura dell'Istituto di ricerca dell'agricoltura biologica FiBL.
- Limitazione dell'apporto di elementi nutritivi nelle aziende Bio Suisse attraverso prodotti di fermentazione (liquame fermentato) a un massimo di 50 % del loro fabbisogno in elementi nutritivi secondo lo Suisse-Bilanz.
- Limitazione delle distanze per il ritiro di colaticcio (azienda biologica → impianto di biogas) e la consegna di liquame fermentato (impianto di biogas → azienda biologica) a un massimo di 20 km in linea d'aria.
- Limitazione delle distanze per il ritiro di letame (azienda biologica → impianto di biogas) e la consegna di letame fermentato (impianto di biogas → azienda biologica) a un massimo di 40 km in linea d'aria.

I prodotti di fermentazione sono subordinati ai seguenti requisiti:

- Nell'ambito della fermentazione non possono essere usati foraggi e derrate alimentari.
- È vietato utilizzare escrementi di animali foraggiati con OGM per la fermentazione.
- Il tenore in sostanze estranee dev'essere ridotto al minimo. Per le plastiche viene applicato il valore massimo di 0,05 % (calcolato sulla SS del prodotto). Il rispetto di questi valori limite dev'essere verificato ogni anno tramite risultati di analisi.^{37,38}

Esempio pratico 2 : focus sull'agricoltura biologica

« Non acquistiamo più concimi commerciali »

Alexandre Peiry gestisce un impianto di biogas a Ferpicloz (FR) e nella sua azienda agricola biologica si è anche specializzato nell'allevamento di vacche da latte. Da 13 anni Peiry utilizza i prodotti di fermentazione provenienti dal suo impianto di biogas al fine di garantire una concimazione efficace, in particolare sulle superfici prative.

« Ogni anno sui nostri campi spandiamo circa 2800 tonnellate di liquame fermentato non separato, che », secondo i calcoli di Peiry, « rappresenta circa l'85 % della concimazione totale ». La rimanente quantità è garantita da liquami o letami non fermentati. Ciò dipende, non da ultimo, dal fatto che la capacità dell'impianto di biogas ha quasi raggiunto il suo livello massimo.

L'impianto di biogas di Peiry a Ferpicloz produce circa 24'000 tonnellate di liquame fermentato all'anno. Ciò significa che la maggior parte di esso viene rinviata ad altre aziende agricole. Nel solo 2019 si è trattato di 52 aziende. Il trasporto e lo spandimento sono effettuati da un contoterzista appositamente incaricato. « L'apprezzamento del liquame fermentato è eccezionale, gli agricoltori sono soddisfatti. Complessivamente la domanda di concimi aziendali è in aumento », constata Peiry.

Per l'agricoltore bio le principali caratteristiche positive del liquame fermentato sono le seguenti: essendo liquido, esso lascia pochi residui di paglia o lunghe festucche. Sempre secondo Peiry, questa « pulizia » ne facilita lo spandimento. Inoltre, l'elevata disponibilità di azoto implica che egli, globalmente, deve spandere meno liquame. Il vicinato, infine, apprezza la diminuzione degli odori sgradevoli. « Siamo molto soddisfatti dell'effetto degli elementi nutritivi, che ci consente di evitare l'acquisto di concimi commerciali. Per me, come agricoltore bio, è un vantaggio notevole giacché il concime commerciale biologico è molto costoso. La mia azienda opera nel ri-

spetto delle direttive ecologiche di Bio Suisse da 8 anni. Dal mio punto di vista di gestore di un'azienda biologica, gli aspetti principali sono due: l'assimilazione rapida dell'azoto da parte delle piante e la distruzione dei semi di malerbe durante la fermentazione ». Tuttavia, affinché le caratteristiche positive possano essere apprezzate fino in fondo, conviene evitare di spandere grandi quantità di prodotti fermentati in una volta sola e privilegiare invece la distribuzione scaglionata di quantità più piccole. « Spandiamo tutto servendoci di un sistema con tubi flessibili a strascico. Naturalmente dobbiamo stare attenti all'umidità e al vento: si tratta di buone pratiche agricole, come quelle applicate per i concimi aziendali non fermentati », riassume Peiry.

L'azienda, con la sua elevata percentuale di superfici prative, dimostra che una fertilizzazione con concimi fermentati è un'ottima scelta anche per le foraggicoltura. I prodotti fermentati sembrerebbero avere un effetto positivo sulla riduzione di piante problematiche nelle superfici prative poiché il liquame fermentato favorisce la densità in questo tipo di colture, per cui rimane meno spazio per la crescita delle malerbe. Occorre perciò privilegiare lo sfruttamento intensivo delle superfici prative rispetto a quello estensivo. Interrogato a proposito dell'impatto sulla qualità del foraggio e sulle rese, Peiry risponde: « Nel nostro sistema utilizziamo prioritariamente insilato d'erba. Il nostro liquame fermentato è molto liquido (circa 5 % di sostanza secca) e privo di paglia e materia solida, per cui sulle piante rimangono meno residui di materia rispetto a quanto accade con i concimi aziendali convenzionali. Ciò potrebbe spiegare la migliore qualità dei foraggi e il basso contenuto di batteri dell'acido butirrico. Gli effetti sulle rese, inoltre, sono positivi poiché l'azoto dei prodotti di fermentazione viene assimilato velocemente, ciò che consente una crescita più rapida delle piante ».

Come utile consiglio, Peiry aggiunge: « L'esperienza ha dimostrato che, invece di concimare subito dopo lo sfalcio, è meglio aspettare qualche giorno. In questo modo il liquame si deposita bene sotto la pianta e non sporca l'erba dall'alto ».



Figura 13: L'impiego di liquame fermentato come concime è ideale anche in ambito di superfici prative e ha un effetto positivo sulla qualità del foraggio e sulle rese. (Foto: Ökostrom Schweiz)

Condizioni quadro giuridiche – Ciò che occorre sapere

I prodotti di fermentazione agricoli sottostanno a condizioni severe per quanto riguarda l'impiego e la distribuzione. Qui di seguito sono riassunte le principali direttive del modulo 8 dello Suisse-Bilanz. Nella prima parte vengono illustrate le direttive che si applicano sia a chi utilizza i concimi sia a chi gestisce gli impianti; nella seconda parte vengono presentate le informazioni importanti destinate unicamente a coloro che gestiscono gli impianti.

Per chi utilizza i concimi e per chi gestisce gli impianti si applicano le seguenti disposizioni:

Analisi regolari relative agli elementi nutritivi

Ogni anno devono essere effettuate da 1 a 6 analisi relative agli elementi nutritivi. La frequenza delle analisi viene definita in funzione del volume annuale di prodotti di fermentazione. L'autorità di esecuzione può eventualmente disporre analisi supplementari.

Rilevazione del tenore medio in elementi nutritivi

Analisi degli elementi nutritivi da considerare per registrare i prodotti di fermentazione nel bilancio input/output e in Suisse-Bilanz: media delle analisi dell'ultimo periodo di controllo o valore medio rappresentativo delle ultime analisi ai sensi dell'OPD.

Inserimento dei prodotti di fermentazione in Suisse-Bilanz

Dal punto di vista dei flussi di elementi nutritivi e di materiali, un impianto di biogas agricolo è considerato un sistema indipendente all'interno dell'azienda agricola, equilibrato tramite un bilancio input/output. L'azienda registra in Suisse-Bilanz i concimi aziendali apportati all'impianto di fermentazione quali «cessioni di concimi aziendali». I prodotti di fermentazione vengono registrati come «ritiri». A seconda del tipo di concime essi vengono quindi registrati nel modulo A3 «Ritiri e cessioni di concimi aziendali» o nel modulo E «Prodotti di fermentazione».

Ritiro di concimi aziendali da impianti di biogas agricolo

In Suisse-Bilanz si stabilisce che per il conteggio corretto delle quantità di azoto disponibili nell'azienda, occorre rivedere al rialzo la quantità distribuita di liquame fermentato e di colaticcio fermentato, con un fattore di dis-

ponibilità del 65% sulla base del tenore in azoto totale (vedi tabella qui sotto). Ciò rappresenta il 5% in più rispetto al liquame non fermentato. Per il letame fermentato questo fattore ammonta al 20% dell'azoto totale. Questo calcolo di N_{disp} tiene conto anche degli apporti annuali provenienti dai composti azotati organici.

Prodotto di fermentazione	Modulo Suisse-Bilanz	Disponibilità di azoto
Ritiro di liquame fermentato	E	$N_{\text{disp}} = N_{\text{tot in stock}}$ come in HODUFLU x 0.65 corretto della quota di superficie coltiva aperta x 0.15
Ritiro di colaticcio fermentato	E	$N_{\text{disp}} = N_{\text{tot in stock}}$ come in HODUFLU x 0.65 corretto della quota di superficie coltiva aperta x 0.15
Ritiro di letame fermentato	E	$N_{\text{disp}} = N_{\text{tot in stock}}$ come in HODUFLU x 0.2

Figura 14: Calcolo delle quantità di azoto disponibile nei prodotti di fermentazione agricoli. (Fonte: UFAE 2018)

N_{org}	Azoto organico ($N_{\text{org}} = N_{\text{tot in stock}} - N_{\text{solubile}}$)
$N_{\text{tot in stock}}$	Azoto totale in stock dopo aver dedotto le perdite inevitabili che hanno luogo nella stalla e nello stoccaggio dei concimi aziendali.
N_{disp}	Azoto disponibile. Percentuale dell'azoto totale contenuto in residui di raccolto, concimi aziendali, concimi di riciclaggio o sovesci disponibile per le piante a breve e a medio termine in caso di gestione ottimale.

Per tutte e tutti coloro che gestiscono gli impianti sono inoltre importanti le seguenti informazioni :

Bilancio input/output

Dal punto di vista dei flussi di elementi nutritivi e di materiali, l'impianto di biogas è considerato un sistema indipendente. Tutti i materiali e prodotti ritirati e ceduti (anche il concime aziendale proprio) devono essere contabilizzati attraverso un bilancio di massa (rapportato al materiale fresco). Il bilancio input/output deve essere effettuato per tutti gli impianti di biogas agricolo.

Eccezione : gli impianti di biogas che ritirano meno del 20% di materiale di origine non agricola e che non cedono prodotti di fermentazione possono evitare di allestire un bilancio input/output. Tutti i materiali e i prodotti di tali impianti possono essere riportati direttamente in Suisse-Bilanz, modulo A3 « Ritiri e cessioni di concimi aziendali ».

Obbligo di tenere un registro

Tutte e tutti coloro che gestiscono impianti di biogas agricolo hanno l'obbligo di tenere un registro aggiornato su :

- Data e quantità relative ai ritiri di materiali apportati, dell'azienda o di terzi, di origine agricola e non.
- Data e quantità relative alle cessioni di prodotti di fermentazione (compresi quelli impiegati nella propria azienda).

Eccezione : gli impianti di biogas che ritirano meno del 20% di materiale di origine non agricola e che non cedono prodotti di fermentazione devono registrare solo i materiali apportati.

Utilizzo di HODUFLU

In HODUFLU devono essere registrate le quantità di ritiri e cessioni almeno dei seguenti prodotti (secondo le prescrizioni in HODUFLU) :

- Tutti i materiali apportati di origine agricola, inclusi liquame e letame provenienti dalla detenzione di animali da reddito in aziende non agricole.
- Cessioni di prodotti di fermentazione a favore, direttamente o indirettamente (tramite terzi, commercio), dell'agricoltura.

I ritiri e le cessioni dei restanti prodotti possono essere registrati in una tabella separata (per es. lista Excel), riportando la somma totale in HODUFLU.

Obbligo di allestire un bilancio

Tutte e tutti coloro che gestiscono impianti di biogas agricolo devono allestire un bilancio annuo di $N_{\text{tot in stock}}$ e P_2O_5 nonché dei ritiri e delle cessioni di materiali e prodotti. Il calcolo dei bilanci relativi ad altri elementi nutritivi è facoltativo.

Exception : gli impianti che non cedono prodotti di fermentazione possono rinunciare ad allestire un bilancio.

Le forniture registrate e confermate in HODUFLU vengono riportate nel rispettivo periodo di Suisse-Bilanz. L'eventuale insorgenza di uno squilibrio del bilancio degli elementi nutritivi dell'impianto di biogas non viene riportato nello Suisse-Bilanz della rispettiva azienda agricola.

Analisi dei prodotti di fermentazione

Tutte e tutti coloro che gestiscono impianti di biogas agricolo devono far analizzare una volta l'anno da un laboratorio accreditato tutti i prodotti di fermentazione, indipendentemente dal quantitativo e dall'origine del materiale fermentato, per rilevare almeno i valori di SS, sostanza organica, pH, N, P_2O_5 , K_2O , Mg, Ca e la conduttività elettrica.

Eccezione : questa disposizione non si applica agli impianti di biogas che non cedono prodotti di fermentazione.

I prodotti di fermentazione vengono sottoposti a un'analisi per la ricerca dei metalli pesanti e delle sostanze estranee ai sensi della ORRPChim. Per l'impiego nell'agricoltura convenzionale, il tenore di fogli di alluminio e materiali sintetici può rappresentare al massimo lo 0,1 % del peso della sostanza secca. Per l'agricoltura biologica si applicano direttive supplementari, vedi capitolo « Impiego in agricoltura biologica ». In questo ambito, dal 2019 Ökostrom Schweiz effettua delle campagne di analisi per i suoi membri.

A cosa occorre prestare attenzione durante lo spandimento

Principi giuridici

L'ordinanza riveduta contro l'inquinamento atmosferico, che è in vigore dal 12.02.2020, prevede che i concimi aziendali liquidi debbano essere sparsi su superfici con pendenze fino a 18% con tecniche a basse emissioni, sempreché l'azienda disponga complessivamente di almeno 3 ettari di tali superfici.³⁹

Sont considérés comme des procédés appropriés :

- lo spandimento a nastro con tubi flessibili a strascico o con tubi semirigidi con assolcatore ;
- lo spandimento in solchi con solchi aperti o chiusi.

Inoltre, le basi legali della concimazione in Svizzera sono regolate nell'ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim). Secondo questa ordinanza, nessun concime contenente azoto può essere apportato, in linea di principio, durante il periodo di riposo vegetativo, salvo qualora circostanze specifiche della produzione vegetale lo esigano. Ma anche in questo caso, lo spandimento di concimi liquidi è possibile unicamente su suoli con buone capacità di ritenzione e assorbimento.⁴⁰

Figura 15: Spandimento tramite tubi semirigidi con assolcatore. (Foto: Thomas Schnyder, Ökostrom Schweiz)



Possibili rischi di perdite di azoto

In generale, nell'ambito dello spandimento di liquame fermentato si applicano principi simili a quelli per la distribuzione di liquame non fermentato. Vi è tuttavia una serie di particolarità che occorre tenere presente quando si utilizzano liquami fermentati. Durante il processo di fermentazione dei concimi aziendali e dei cosubstrati, la quota di azoto ammoniacale ($\text{NH}_4\text{-N}$) direttamente disponibile per le piante aumenta. Allo stesso tempo, ciò comporta un aumento del valore del pH che si aggira attorno a 8.⁴¹

Tenori in ammonio più elevati associati a valori del pH attorno a 8 possono aumentare sensibilmente il rischio di perdite gassose di azoto sotto forma di ammoniaca nel caso di spandimento inadeguato. In linea di principio,

le perdite di elementi nutritivi possono essere ridotte al minimo attraverso buone pratiche agricole.

Tecniche di spandimento e incorporazione

Tanto minori sono le perdite di azoto che si verificano attraverso l'aria e il suolo, tanto più rilevante è l'effetto degli elementi nutritivi dei prodotti fermentati. In caso di negligenza durante lo spandimento del liquame fermentato possono verificarsi emissioni più elevate di ammoniaca rispetto al liquame non trattato. Per evitare che ciò accada, la tecnica dello spandimento e la durata dell'intervallo tra spandimento e incorporazione⁴² svolgono un ruolo cruciale. Le tecniche che apportano l'azoto proveniente dal liquame fermentato nel terreno in funzione delle esigenze sono determinanti.

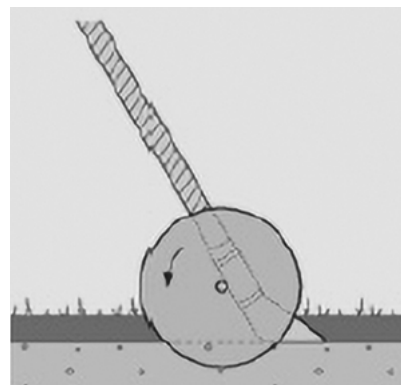
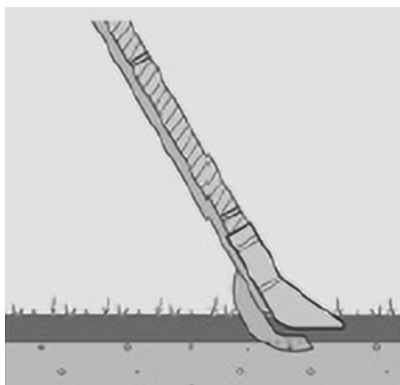
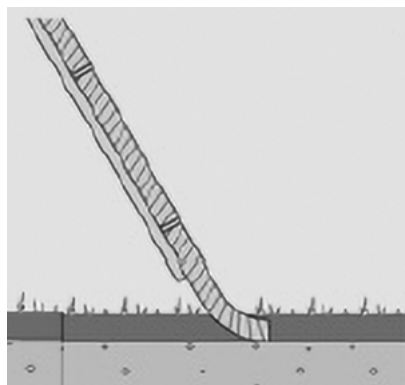
Tubi flessibili a strascico

Tenuto conto dei rischi di perdite di azoto menzionati più sopra, il liquame fermentato deve essere tuttavia incorporato meccanicamente su suoli non ricoperti dopo lo spandimento tramite tubi flessibili. Nel migliore dei casi, l'incorporazione avviene immediatamente dopo la distribuzione del liquame. Alcuni studi sulle colture di insalato di mais hanno evidenziato che sono necessari fino a 50 kg di azoto totale per ettaro sotto forma di liquame fermentato per compensare il calo di rese che si verifica in caso di incorporazione dopo 24 ore rispetto a un'incorporazione dopo 1 ora.¹⁰ Per l'incorporazione, gli strumenti più adeguati sono, ad esempio, apparecchi per la rottura delle stoppie, coltivatori rompistoppie, erpici e fresatrici vari nonché macchine combinate.

Tubi semirigidi con assolcatore e incorporazione del liquame nel suolo

Per la concimazione di colture in linea o su superfici prative, le barre di distribuzione equipaggiate con tubi semirigidi o gli incorporatori si rivelano particolarmente adeguati. Nel caso del sistema a tubi semirigidi con assolcatore, una molla in acciaio esercita una pressione sul suolo. I pattini sistemati sulla parte inferiore degli assolcatori consentono di rompere leggermente il terreno, favorendo così l'infiltrazione del liquame fermentato.¹⁰ Nel caso dell'iniezione di liquame, un paio di dischi incurvati scavano un solco di 5 cm di profondità nel suolo, nel quale viene quindi incorporato il prodotto fermentato tramite ugelli opportunamente sagomati. In questo caso, infatti, si parla anche di «incorporazione/iniezione».

Figura 16: Da sin.: tubo flessibile a strascico, tubo semirigido con assolcatore, incorporazione del liquame nel suolo.
(Fonte: Recherche Agronomique Suisse 2017)



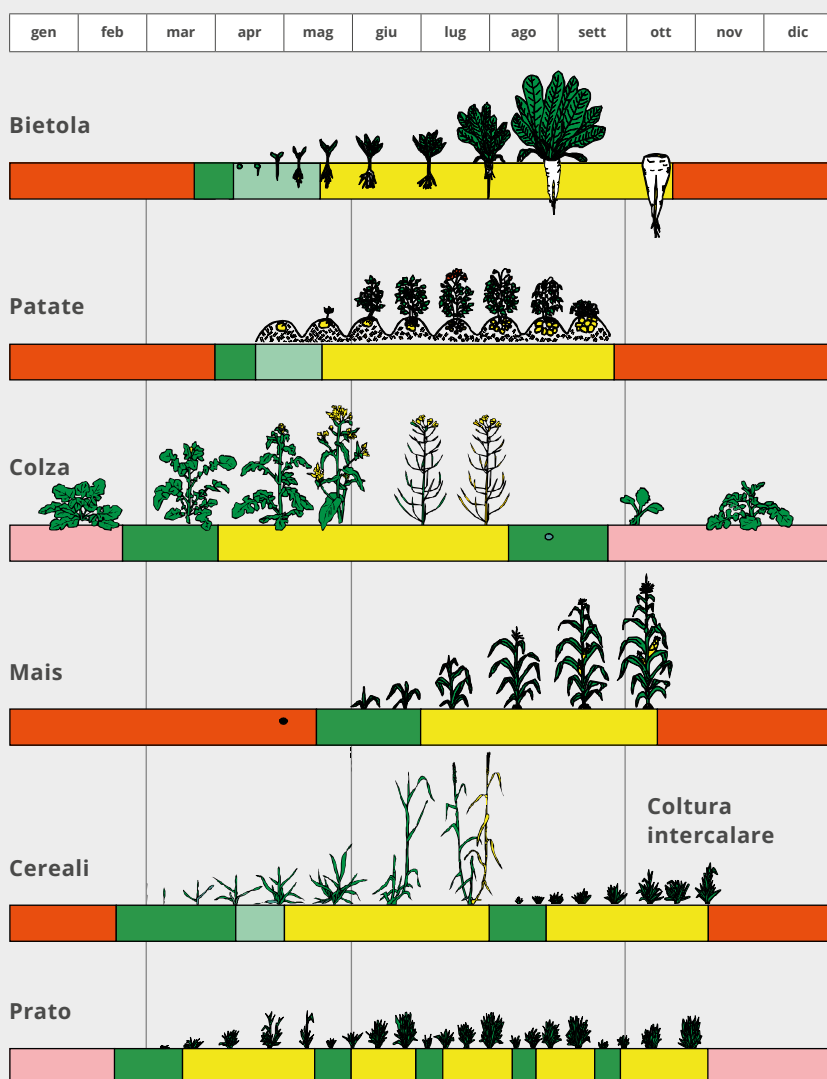
Il momento ideale

Il liquame fermentato liquido è caratterizzato da un ottimo effetto fertilizzante e un'eccellente disponibilità per le piante grazie a elevati tenori in ammonio.⁸ È perciò fondamentale adattare lo spandimento del liquame fermentato al fabbisogno delle piante. Più i tenori in elementi nutritivi del substrato fermentato sono elevati, più il liquame fermentato è adatto per uno spandimento primaverile. In quest'epoca le piante coltivate, ad esempio il frumento autunnale, hanno un fabbisogno in elementi nutritivi relativamente elevato.⁴³

Nel caso del liquame fermentato, quindi, l'efficacia dell'impiego di concimi dipende non soltanto dalla tecnica di spandimento, ma anche in larga misura dall'adattamento al fabbisogno in elementi nutritivi di una pianta coltivata.

Figura 17: Epoca di spandimento del liquame fermentato.

(Grafico: Recherche Agronomique Suisse 8 (6) : pubblicazione speciale, 2017, Agroscope)



Distribuzione di liquame fermentato consigliata

- Epoca ideale
- Date optimale (ma con possibili difficoltà tecniche)

Distribuzione di liquame fermentato sconsigliata

- Molto pericoloso per l'ambiente (dilavamento dell'azoto)
- Mediamente pericoloso per l'ambiente
- Impossibile per ragioni tecniche

Aspetti meteorologici e protezione del suolo

Oltre alle possibilità agronomiche che impediscono le perdite di azoto e massimizzano l'effetto fertilizzante dei prodotti di fermentazione, un aspetto importante che occorre tenere in considerazione durante lo spandimento è rappresentato da condizioni meteorologiche favorevoli. Temperature fresche associate a un'elevata umidità, infatti, possono ridurre sensibilmente le perdite di ammoniaca fino al 50%. Dal canto suo, l'assenza di vento impedisce un eventuale trasporto di sostanze nell'aria. Ulteriori precipitazioni contribuiscono a ridurre le perdite gassose di ammoniaca. In tal caso, tuttavia, è bene essere prudenti poiché intense precipitazioni aumentano il rischio di ruscellamento dei concimi organici – che possono inquinare le acque superficiali – e di dilavamento.⁴⁴

Poiché le macchine più pesanti sono tendenzialmente utilizzate nel caso di tecniche di spandimento a basse emissioni, occorre prestare particolare attenzione a una protezione sostenibile del suolo. È possibile scongiurare i rischi dovuti al compattamento adottando diverse misure tecniche:

- riduzione della pressione degli pneumatici
- scelta di pneumatici adatti → se possibile, pneumatici in gemellato
- corsie permanenti di passaggio (Controlled Traffic Farming)
- tubi flessibili provenienti da un contenitore sotto pressione al bordo del campo

Oltre alle possibilità tecniche, la scelta dell'epoca ideale è determinante per quanto riguarda la praticabilità. Il programma online Terranimo è un ottimo supporto alla decisione: è disponibile gratuitamente e calcola, attraverso una simulazione, il rischio attuale di compattamento del suolo.

Figura 18: Tubi flessibili provenienti da un contenitore sotto pressione al bordo del campo: un sistema per contrastare il compattamento. (Foto: Thomas Schnyder)



Esempio pratico 3 : focus sulla commercializzazione

Commercializzazione di prodotti di fermentazione

Peter Wyss, agricoltore e proprietario dell'azienda contoterzista « Wyss-Ittigen », gestisce un impianto di biogas dal 2005 e da allora ne commercializza i prodotti di fermentazione promuovendoli in modo estremamente innovativo come concimi organici di elevata qualità.

«L'innovazione comincia nelle teste», afferma Peter Wyss facendo riferimento all'opera di sensibilizzazione necessaria per convincere le e gli acquirenti di prodotti di fermentazione che questi hanno un valore in quanto concimi completi di elevata qualità, per cui devono avere un certo prezzo. «Il liquame fermentato è un prodotto fertilizzante naturale di elevata qualità che contiene tutti i principali macro e micronutrienti, gli oligoelementi e il materiale organico. Esso agisce molto rapidamente poiché l'azoto è presente in forma di ammonio, per cui non viene quasi per nulla dilavato. I tenori in elementi nutritivi del liquame fermentato possono essere integrati molto bene in funzione delle esigenze».

Tuttavia, per poter commercializzare a prezzi equi i prodotti di fermentazione, il marketing da solo non basta. «I miei servizi comprendono la fornitura, una consulenza relativa ai migliori metodi di spandimento, lo spandimento stesso e un prodotto su misura per la clientela: il liquame fermentato», spiega Wyss descrivendo l'insieme delle sue prestazioni. L'elemento centrale è un'offerta di prodotti di concimazione organici di elevata qualità, puliti e, nella misura del possibile, privi di microplastiche. Secondo lui questo è l'unico modo per fissare un prezzo equo ai prodotti fermentati. Per quanto riguarda lo spandimento, l'offerta comprende tutto: dalle barre di distribuzione equipaggiate con tubi flessibili a strascico ai coltivatori spandiliquame fino agli assoltatori per l'iniezione del concime. Il liquame fermentato, inoltre, viene separato e valorizzato integrandolo, se necessario, con additivi di zolfo, ammonio o inibitori della nitrificazione. L'obiettivo è quindi di poter proporre alle aziende agricole una selezione di prodotti e servizi quanto più possibile diversificata. L'anno scorso l'imprenditore ha effettuato 1500 notifiche e trasferimenti di concime aziendale tramite HODUFLU.



Figura 19: Peter Wyss offre alla sua clientela un'ampia gamma di prodotti di fermentazione organici di elevata qualità e tecniche di spandimento innovative. (Foto: EWB)

Peter Wyss fissa il prezzo dei suoi prodotti fermentati in funzione del loro tenore in elementi nutritivi. Il prezzo del concime commerciale contenente quantità analoghe di elementi nutritivi viene utilizzato come riferimento. Alla o al cliente, tuttavia, viene fatturato soltanto la metà. «In linea di principio, il 50% del prezzo resta alla persona che fornisce il concime (ossia chi gestisce l'impianto) e l'agricoltore o l'agricoltore riceve il restante 50%. Una situazione vincente su entrambi i fronti». I tenori in elementi nutritivi corrispondenti e i prezzi attuali dei prodotti fermentati, tra l'altro, sono indicati in modo trasparente in opuscoli dedicati.

«Il futuro potenziale del mercato è enorme e i prezzi aumenteranno. Sarà pertanto ancora più importante, per il settore, professionalizzarsi maggiormente per quanto riguarda la commercializzazione e la promozione dei prodotti di fermentazione», afferma convinto Wyss.

Appendice

Bibliografia	28
--------------	----

Indice delle figure	30
---------------------	----

Glossario	31
-----------	----

Literaturverzeichnis

- 1 Kaufmann U. Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien Ausgabe 2024. Eicher + Pauli AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie; 2025.
- 2 Bayerisches Landesamt für Umwelt. Bestimmung von Geruchsemissionen an Biogasanlagen. Emissionen von Silagen und Biogasmotoren. Augsburg, Deutschland; 2014.
- 3 DLG. Gärreste im Ackerbau effizient nutzen. Frankfurt am Main, Deutschland : Fachzentrum Landwirtschaft; p. 24 2017 Report No. : DLG-Merkblatt 397.
- 4 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Deutsches BiomasseForschungsZentrum, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, and Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (eds.). Leitfaden Biogas : von der Gewinnung zur Nutzung. 7. Auflage. Rostock : Druckerei Weidner; 2016.
- 5 Hjorth M, Nielsen AM, Nyord T, Hansen MN, Nissen P, and Sommer SG. Nutrient value, odour emission and energy production of manure as influenced by anaerobic digestion and separation. *Agron Sustain Dev* 29:329–338 (2009).
- 6 St-Pierre B and Wright A-DG. Implications from distinct sulfate-reducing bacteria populations between cattle manure and digestate in the elucidation of H₂S production during anaerobic digestion of animal slurry. *Appl Microbiol Biotechnol* 101:5543–5556 (2017).
- 7 Reinhold G and Zorn W. Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften. Berlin, Deutschland; 2015.
- 8 Reinhold G, Riedel R, Zorn W, and König V. Eigenschaften von Biogasgülle. Jena, Deutschland : Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; 2012.
- 9 Richner W and Sinaj S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). *Agroscope*; p. 276 2017Report No. : Agrarforschung Schweiz 8(6).
- 10 LfL Bayern. Biogasgärreste. Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel. Freising-Weihenstephan, Deutschland : Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; p. 11 2013.
- 11 Möller K and Müller T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth : a review. *Eng Life Sci* 12:242–257 (2012).
- 12 Nkoa R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates : a review. *Agron Sustain Dev* 34:473–492 (2014).
- 13 Pötsch EM, Pfundtner E, Resch R, and Much P. Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärückständen aus Biogasanlagen. *Biogasproduktion - alternative Biomassennutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft Irdning*, Österreich; 2004.
- 14 Gansberger M, Weinhappel Manfred, and Brandstetter A. Unkrautsamen werden in Biogasanlagen abgetötet *Landwirtsch* : 14 (2009).
- 15 Fuchs J. Studie zur Persistenz von Erdmandelgras (*Cyperus esculentus*) und Japanknöterich (*Reynoutria japonica*) in Kompostierungs- und Vergärungsprozessen. Frick, Schweiz : FiBL; 2017.
- 16 Mokry M. Gärreste nachhaltig in der Pflanzenproduktion nutzen. landinfo; 2011.
- 17 Philipp W. Seuchen- und umwelthygienische Aspekte von Biogasanlagen und Gärresten. 2012.
- 18 Fuchs J, Baier U, Berner A, Philipp W, and Schleiss K. Abschätzung des hygienischen Risikos im Zusammenhang mit der Anwendung von flüssigem Gärgut in der Schweiz. Frick, Schweiz : FiBL; 2014.
- 19 Fuchs J. Hygienische Qualität von schweizerischem flüssigem Gärgut und daraus abgeleitete Anwendungsempfehlungen. *compostmagazine* (2015).
- 20 Zihlmann U, Weisskopf P, Chervet A, and Seitz B. Humus in Ackerböden - vermehren statt verzehren. *Agridea*; (2019).
- 21 VDLUFA. Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Bonn, Deutschland : Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; 2004.
- 22 Nielsen K. Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Gärprodukten aus Biogasanlagen. Berlin, Deutschland : Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP); 2018.

- 23 Leithold G. Bedeutung von Gärsubstraten aus der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung für die Humusbilanz. Gärrestaufbereitung für eine pflanzenbauliche Nutzung – Stand und F+E-Bedarf - FNR; 2009.
- 24 Schrader S, Wolfarth F, Oldenburg E, and Brunotte J. Förderung der Bodengesundheit. Bodentiere dezimieren Schadpilze und ihre Toxine. Braunschweig, Deutschland : Julius Kühn-Institut ; Johann Heinrich von Thünen-Institut ; p. 4–7 2014.
- 25 Butz-Strazny F and Ehrensberger R. Auswirkungen von mineralischer und organischer Düngung auf Mesostigmata (Raubmilben) und Collembola (Springschwänze) im Ackerboden. *Bodenmesofauna Naturschutz* : 220–249 (1993).
- 26 Burmeister J, Walter R, and Fritz M. Auswirkung der Düngung mit Biogasgärresten auf die Bodentiere. Freising, Deutschland : ALB Bayern e.V. ; 2014.
- 27 Fachverband Biogas e.V. Düngen mit Gärprodukten. (2018).
- 28 Hecht M. Die Bedeutung des Carbonat-Puffersystems für die Stabilität des Gärprozesses landwirtschaftlicher Biogasanlagen. [Bonn, Deutschland] : Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität ; 2008.
- 29 Burg V, Bowman G, Anspach V, Scharfy D, Ayed L, and Rolli C. Bioenergy and circular economy : the biogas plant as a hub. Swiss Federal Office of Energy ; 2022.
- 30 Möller K. Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agron Sustain Dev* 35:1021–1041 (2015).
- 31 Cavalli D, Cabassi G, Borrelli L, Fuccella R, Degano L, Bechini L, and Marino P. Nitrogen fertiliser value of digested dairy cow slurry, its liquid and solid fractions, and of dairy cow slurry. *Ital J Agron* 9 (2014).
- 32 Abächerli F, Baier U, Berner F, Bosshard C, Fuchs J, Galli U, Gfeller H, Leuenberger R, Mayer J, Pfaffen P, Schleiss K, Trachsel D, and Wellinger A. Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut. Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz ; 2010.
- 33 Wendland M, Aigner K, Offenberger K, and Lichti F. Biogasdüngungsversuch zu Winterweizen mit Kornnutzung (Versuch 549). Freising, Deutschland : Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft ; 2012.
- 34 Haag J and Fritz M. Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen - Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA. Berlin, Deutschland ; 2015.
- 35 Matuschek D, Knieke J, and Hoffmann A. Düngung mit Gärresten zu Wintergetreide, Winterraps und Zuckerrüben. Landwirtschaftskammer Niedersachsen ; 2012.
- 36 Möller K. Düngewirkung von Gärresten - Versuchsergebnisse der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Northeim, Deutschland ; 2014.
- 37 Böhler D and Niggli J. Hof- und Recyclingdünger im Biolandbau - Leitfaden zu den Richtlinien der bioSuisse. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL ; 2025.
- 38 Bio Suisse. Richtlinie für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten. (2025).
- 39 Der Schweizerische Bundesrat. Luftreinhalte-Verordnung. LRV 2020.
- 40 Amt für Landschaft und Natur. Ausbringung von Gülle und Mist im Winter. Checkliste. AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft ; ALN Amt für Landschaft und Natur ; Staatsanwaltschaften des Kantons Zürich ; Kantonspolizei Zürich ; Zürcher Bauernverband. ; 2015.
- 41 Jarosch K, Richner W, and Mayer J. Stickstoffausnutzungseffizienz von Biogasgülle. *Agrar Schweiz* 9:76–81 (2018).
- 42 Möller K and Stinner W. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *Eur J Agron* 30:1–16 (2009).
- 43 LfL. Düngung mit Biogasgärresten. Effektiv-umweltfreundlich-bodenschonend. Weichering, Deutschland : Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft ; 2012.
- 44 Schoop J and Fischler M. Emissionsmindernde Ausbringverfahren. Lindau, Schweiz : Agridea ; 2020.

Liste des figures

Figure 1	I vantaggi dei prodotti di fermentazione sono scientificamente comprovati. (Foto : Ökostrom Schweiz)	4
Figure 2	Schema di un impianto di biogas agricolo. (Fonte : Ökostrom Schweiz)	5
Figure 3	Composizione media del substrato di un impianto di biogas agricolo, stato al 2023. (Fonte : Ökostrom Schweiz)	6
Figure 4	Il liquame fermentato è facile da utilizzare. (Foto : Ökostrom Schweiz)	8
Figure 5	Les rhizomes du souchet comestible sont complètement détruits dans les installations de biogaz. (Photo: Agroscope)	9
Figure 6	Bilancio del carbonio dei concimi aziendali con e senza fermentazione. (Grafico : Ökostrom Schweiz secondo Leithold 2009 ²³)	10
Figure 7	È dimostrato che i prodotti di fermentazione favoriscono importanti organismi del suolo come i lombrichi. (Foto : G. Brändle, Agroscope)	11
Figure 8	I quattro processi della fermentazione anaerobica e gli importanti prodotti metabolici che ne risultano. (Fonte : Ökostrom Schweiz)	12
Figure 9	Tenore medio in elementi nutritivi dei prodotti di fermentazione da impianti di biogas agricolo in Svizzera. I dati sui tenori in elementi nutritivi provengono dal rapporto relativo al progetto « BioCircle » (2022). SF = sostanza fresca	13
Figure 10	L'impianto di biogas Agreenergie SA a Weizen (Foto : Ökostrom Schweiz)	14
Figure 11	Thomas Schnyder gestisce un impianto di biogas pionieristico e può contare su oltre 40 anni di esperienza nell'impiego di prodotti di fermentazione. (Foto : Charlotte Walker, wap-ico.ch)	15
Figure 12	Thomas Schnyder recupera la pollina di 14 aziende e in cambio fornisce loro liquame fermentato. Il processo di fermentazione non solo migliora l'effetto fertilizzante, ma contribuisce anche a risolvere quasi completamente il problema degli odori. (Foto : Ökostrom Schweiz)	16
Figure 13	L'impiego di liquame fermentato come concime è ideale anche in ambito di superfici prative e ha un effetto positivo sulla qualità del foraggio e sulle rese. (Foto : Ökostrom Schweiz)	19
Figure 14	Calcolo delle quantità di azoto disponibile nei prodotti di fermentazione agricoli. (Fonte : UFAE 2018)	20
Figure 15	Spandimento tramite tubi semirigidi con assolcatore. (Foto : Thomas Schnyder, Ökostrom Schweiz)	22
Figure 16	Da sin. : tubo flessibile a strascico, tubo semirigido con assolcatore, incorporazione del liquame nel suolo. (Fonte : Recherche Agronomique Suisse 2017)	23
Figure 17	Epoca di spandimento del liquame fermentato. (Grafico : Recherche Agronomique Suisse 8 (6) : pubblicazione speciale, 2017, Agroscope)	24
Figure 18	Tubi flessibili provenienti da un contenitore sotto pressione al bordo del campo : un sistema per contrastare il compattamento. (Foto : Thomas Schnyder)	25
Figure 19	Peter Wyss offre alla sua clientela un'ampia gamma di prodotti di fermentazione organici di elevata qualità e tecniche di spandimento innovative. (Foto : EWB)	26

Glossaire

Ca	Calcio
CH₄	Metano
CO₂	Anidride carbonica
CTEB	Centrale termoelettrica a blocco
ECM	Equivalente di concimi minerali
GWh	Gigawattora/e
H₂	Idrogeno
H₂S	Acido solfidrico
Ha	Ettaro/i
HCO₃⁻	Idrogenocarbonato
HODUFLU	« Trasferimenti di concimi aziendali » → programma Internet dell'Ufficio federale dell'agricoltura
IPI	Insilato di pianta intera
K	Potassio
K₂O	Ossido di potassio
kW	Chilowatt
kWh	Chilowattora
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Ufficio bavarese dell'agricoltura)
Mg	Magnesio
N_{disp}	Azoto disponibile (medio termine)
NH₃	Ammoniaca
NH₄⁺-N	Azoto ammoniacale
N_{org}	Azoto organico
N_{solubile}	Azoto solubile, azoto immediatamente disponibile per le piante (nitrato (NO ₃ -))
N_{tot in stock}	Azoto totale
OCon	Ordinanza sui concimi
OIAAt	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico
OPD	Ordinanza sui pagamenti diretti
ORRChim	Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici
P	Fosforo
P₂O₅	Anidride fosforica
PER	Prova che le esigenze ecologiche sono rispettate
pH	Valore del pH (<i>pondus Hydrogenii</i> , misura della concentrazione di idrogeno)
PRIC	Principi di concimazione delle colture agricole
SF	Sostanza fresca
SS	Sostanza secca
UFAG	Ufficio federale dell'agricoltura
UFAM	Ufficio federale dell'ambiente



**Ökostrom
Schweiz**

Fachverband landwirtschaftliches Biogas
Association faitière des biogaz agricoles

Ökostrom Schweiz
Technoparkstrasse 2
8406 Winterthur

info@oekostromschweiz.ch
www.oekostromschweiz.ch