Università degli Studi di Milano

Recuperare carbonio, sostanza organica e nutrienti dai rifiuti organici per restituirli all'agricoltura

- Un modello circolare che connette città, industria, sistemi agricoli e salute del suolo



Acqua & Sole S.r.l.
Giovedì 12 novembre 2026

Dai rifiuti organici, risorse per l’agricoltura

Introduzione · Perché recuperare nutrienti dai rifiuti organici

L’agricoltura ha bisogno di azoto, fosforo, potassio e sostanza organica. Una parte di queste risorse si ritrova nei fanghi di depurazione e nei residui dell’industria alimentare.

Nel frattempo acquistiamo fertilizzanti prodotti da materie prime ed energia che spesso dipendono dall’estero: fosforite e fosforo sono tra le materie prime critiche per l’UE (Reg. UE 2024/1252).

1. **Recuperare le risorse ancora utilizzabili**
2. **Riportarle ai terreni agricoli**
3. **Garantendo qualità, sicurezza e tracciabilità**

Oggi vi racconto un modello circolare che connette —

Città · **Industria** · **Sistemi agricoli** · **Salute del suolo**

La produzione di energia rinnovabile si affianca a questo obiettivo, non lo sostituisce.

Come funziona l’impianto di recupero

Il caso del Centro di Vellezzo Bellini (Acqua & Sole), in esercizio dal 2016

210.000 t/anno

capacità autorizzata di trattamento di rifiuti non pericolosi

Matrici in ingresso

- Fanghi da depurazione delle acque reflue urbane
- Residui agroalimentari
- Frazione liquida dalla spremitura della FORSU

Selezione → **Controllo** → **Miscelazione** → **Digestione anaerobica termofila**

Parametri di processo

55 °C

Digestione termofila ad alto tenore di solidi

≥ 20 giorni

Tempo minimo di permanenza

≈ 28 giorni

Permanenza tipica nell’esercizio ordinario

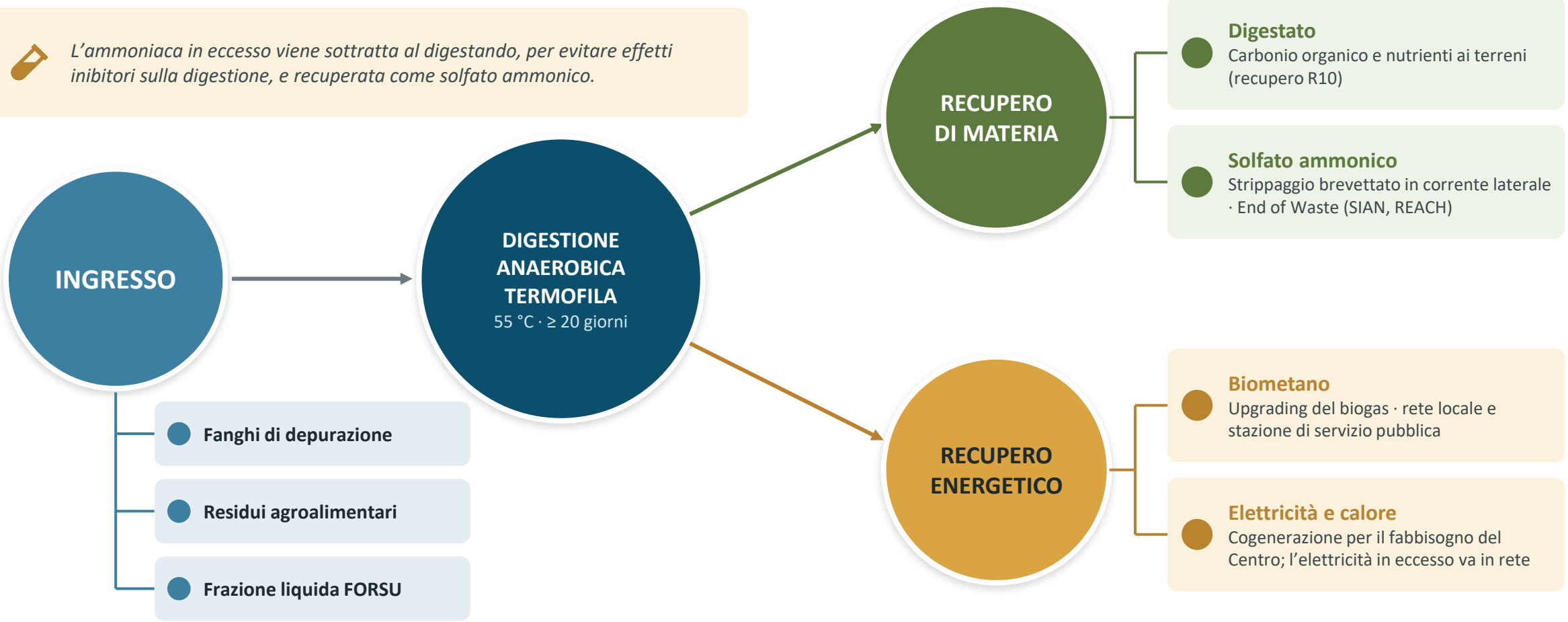
Digestato

Stabilizzato e igienizzato, con impatto odorigeno molto contenuto, insieme al biogas

Due filiere di recupero: materia ed energia

Ingresso, digestione, poi due percorsi di valorizzazione

L'ammoniaca in eccesso viene sottratta al digestando, per evitare effetti inibitori sulla digestione, e recuperata come solfato ammonico.



Un unico processo che integra recupero di materia e recupero energetico.

I risultati raggiunti nel 2025

La scala raggiunta dal Centro di Vellezzo Bellini

RECUPERO DI MATERIA

146.600 Tonn

rifiuti organici ricevuti
(≈ 23.700 t nel 2016, primo anno)

190.013 Tonn

digestato distribuito in agricoltura: il valore annuale più alto finora

868 Tonn

solfato ammonico destinato al mondo agricolo (dato di destinazione)

RECUPERO ENERGETICO

2,37 M Sm^3

biometano prodotto

6.315 MWh

elettricità prodotta

9.013 MWh

energia termica utilizzata in sito

Digestato distribuito e rifiuti ricevuti sono flussi diversi, con stoccaggi e tempi d'impiego legati alle stagioni agricole: non vanno letti come un semplice bilancio di massa annuale.

Come avviene il recupero in agricoltura

Il 2025 in campo: una filiera controllata e tracciabile

103
aziende agricole servite

5.191 ha
superficie effettivamente interessata

87
Comuni in 7 province

8.470 ha
superficie autorizzata (disponibile)

Prima della distribuzione si verificano idoneità del materiale, analisi dei suoli, colture e condizioni agronomiche.

Carico automatizzato; a bordo campo il digestato passa dall'autobotte al mezzo di distribuzione, senza cumuli né stoccaggi in campo.

Iniezione diretta a circa 15 cm, con GPS, pompe volumetriche a portata variabile e ancore per una distribuzione uniforme.

Meno odori e perdite di azoto, maggiore efficienza d'uso dei nutrienti; l'intera filiera è soggetta a controlli e tracciabilità.



Digestato in agricoltura e fertilizzanti di sintesi

Nutrienti recuperati nel triennio 2023–2025 e valore economico equivalente ai prezzi di novembre 2026

≈ 498.000 Tonn
di digestato distribuito nel triennio

≈ 10%
sostanza secca media del digestato

7,59–7,77%
azoto (N) sulla sostanza secca del digestato

2,98–3,48%
fosforo (P) sulla sostanza secca del digestato

Macroelemento	Contenuto sulla s.s. del digestato	Quantità apportata	Fertilizzante di sintesi equivalente	Quantità equivalente	Prezzo medio	Valore economico equivalente
Azoto (come N)	7,59 – 7,77%	**≈ 3.900 Tonn**	**Urea** 46% N	≈ 8.480 t	655 €/Tonn	**≈ 5,55 M€**
Fosforo (come P_2O_5)	2,98 – 3,48% (come P)	**3.730 Tonn**	**Perfosfato triplo** 46% P_2O_5	≈ 8.110 t	730 €/Tonn	**≈ 5,92 M€**
Carbonio organico (come C)	28,12 – 30,55 %	**≈ 14.900 Tonn**	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Totale valore economico equivalente (N + P_2O_5)
Triennio 2023–2025 · in media ≈ 3,75 M€ l'anno

≈ 11,48 M€

Fonti: Acqua & Sole, dati gestionali e analisi medie del digestato 2023–2025; Borsa Merci di Torino, quotazioni dei fertilizzanti al 05/11/2026, pubblicate da CLAL/TESEO.Valorizzazione teorica del contenuto totale di azoto e fosforo, non corrispondente alla sostituzione agronomica effettiva dei fertilizzanti minerali. Fonte consultabile: Quotazioni fertilizzanti Torino, CLAL/TESEO

La ricerca e i risultati da misurare

Con università e centri di ricerca, in particolare il gruppo del prof. Fabrizio Adani (Università degli Studi di Milano)

Non solo quanti nutrienti contiene il digestato, ma come si comportano dopo la distribuzione.

Piattaforma a scala reale	L'impianto è nato da un progetto di ricerca e continua a essere una piattaforma sperimentale a scala reale.
SYSTEMIC · Nutri2Cycle · NutriBudget	Efficienza della fertilizzazione, effetti sulle colture, emissioni in atmosfera e possibile lisciviazione dei nutrienti.
NutriBudget: un esempio	Campi di mais fertilizzati con digestato e con urea, confrontati con una tesi non fertilizzata, monitorando terreno e acque.
PHERTILE: prossimo sviluppo	Sviluppo tecnologico dedicato al recupero del fosforo dal digestato.



L'obiettivo: basare le scelte su misure in campo, non su equivalenze dichiarate.

Energia rinnovabile per l’impianto e per il territorio

Elettricità, calore e biometano dal biogas



Un collegamento diretto tra recupero di risorse e mobilità

- Cogenerazione: elettricità e calore per il fabbisogno dell’impianto; l’elettricità in eccesso va in rete.
- Upgrading del biogas: il biometano è immesso nella rete locale o distribuito nella stazione di servizio pubblica accanto all’impianto, attiva dal 2023.
- La stazione rende disponibile anche elettricità rinnovabile prodotta dal Centro.

Una parte dell’energia recuperata dai rifiuti organici viene usata direttamente nella mobilità del territorio. Ed è questa infrastruttura ad aver reso possibile un progetto più ampio con i Comuni vicini.

≈ 26%

del biometano prodotto nel 2025 è stato distribuito tramite la stazione di servizio

I Patti territoriali: premiare la raccolta differenziata

11 Comuni, ≈ 120 km² e oltre 45.000 residenti: sconti sul rifornimento legati ai risultati della raccolta differenziata

1

Misurare

Si misurano i risultati della raccolta differenziata di ciascun Comune.

2

Classificare

Si assegna al Comune una classe di virtuosità.

3

Premiare

A prestazioni migliori corrispondono condizioni di rifornimento più favorevoli, per biometano ed energia elettrica.

4

Restituire

Gli sconti, a carico di Acqua & Sole nei termini delle convenzioni, vanno ai cittadini.

Un collegamento territoriale ed economico

Non è necessario che i rifiuti di ciascun Comune diventino fisicamente il carburante dei suoi residenti: si premia la corretta gestione dei rifiuti con parte del valore dell'energia rinnovabile prodotta sul territorio.

Dove il modello funziona meglio

Nei Comuni in cui l'auto privata rimane importante e dove un incentivo immediato può rendere riconoscibile il risultato dei comportamenti collettivi.

Conclusioni: chiudere il ciclo

Un modello circolare che connette città, industria, sistemi agricoli e salute del suolo



Tre messaggi da portare a casa

Dal caso di Vellezzo Bellini a un modello replicabile

1

Recuperare materia, non solo energia

Carbonio, sostanza organica e nutrienti possono tornare ai suoli. Nel triennio 2023–2025: ≈ 498.000 t di digestato, ≈ 3.900 t di azoto e ≈ 14.900 t di carbonio organico.

2

Misurare in campo

L’efficacia agronomica va valutata con ricerca e monitoraggio di suolo e acque, non con equivalenze dichiarate.

3

Condividere i benefici

Con i Patti territoriali, parte del valore dell’energia rinnovabile prodotta sul territorio torna direttamente alle comunità locali.

Chiudere il ciclo significa far sì che le risorse recuperate vengano effettivamente utilizzate, in agricoltura e nel territorio, in modo sicuro e misurabile.



Grazie per l’attenzione

Acqua & Sole S.r.l.

Università degli Studi di Milano — 12 novembre 2026