

## Biogas: l'analisi di fattibilità tecnico-economica

La digestione anaerobica è un processo biologico che in assenza di ossigeno trasforma la sostanza organica in biogas, cioè una miscela costituita principalmente da metano e anidride carbonica. Il contenuto di metano varia tra il 50 e il 75% circa, a seconda del tipo di sostanza organica di partenza e delle condizioni in cui si sviluppa il processo di digestione.

La produzione di biogas avviene all'interno di contenitori dedicati, denominati digestori, che vengono caricati regolarmente con i materiali disponibili, miscelati e controllati termicamente. I digestori possono avere diversa configurazione a seconda che i prodotti da

utilizzare siano liquidi, pastosi o palabili.

Il prodotto residuo viene definito digestato e, in linea generale, ha caratteristiche chimiche e agronomiche simili a quelle di un fertilizzante chimico.

In questo opuscolo vengono approfonditi alcuni aspetti relativi alla produzione di biogas:

- le matrici utilizzabili, con un'analisi delle loro caratteristiche e dei punti di forza e di criticità;
- i rendimenti elettrici e il costo del kWe installato;
- l'analisi di fattibilità, con esempi di dimensionamento degli impianti.

- Colture e residui da avviare alla produzione di biogas
- Idoneità alla digestione anaerobica degli effluenti zootecnici e dei residui agroindustriali vegetali
- Il trattamento del biogas
- La fase di conversione energetica del biogas
- Costo del kWe installato e incentivi economici
- Principali parametri ambientali da valutare e quantificare
- Schede di dimensionamento e analisi di fattibilità di impianti di biogas

### COLTURE E RESIDUI DA AVVIARE ALLA PRODUZIONE DI BIOGAS

Per ragioni impiantistiche, le matrici organiche tradizionalmente utilizzate per la produzione di biogas hanno un contenuto di umidità molto elevato, caratteristico degli effluenti zootecnici (3-10% di solidi totali o sostanza secca con 70-85% di solidi volatili o sostanza organica). Negli impianti di co-digestione, invece, agli effluenti liquidi vengono aggiunte altre matrici organiche ad elevata densità energetica, derivate tipicamente da colture dedicate e/o sottoprodotti dell'industria agroalimentare, che hanno un contenuto di solidi totali che varia dal 15 al 35% e con l'80-96% di solidi volatili.

Nel **centro-nord Italia** le colture maggiormente utilizzabili allo scopo sono: mais ceroso, sorgo zuccherino, triticale, segale e loiessa insilati in primo raccolto o in combinazione fra loro con la produzione di una coltura autunno-vernina seguita da un secondo raccolto. La combinazione del doppio raccolto deve essere attentamente valutata sulla base delle condizioni pedoclimatiche e del livello di meccanizzazione aziendale.

Nel **centro-sud**, invece, dove le possibilità irrigue sono inferiori, le colture che meglio si prestano sono i cereali a ciclo autunno-vernino (grano, orzo e triticale) oppure le colture a ciclo primaverile-estivo con basse esigenze idriche (girasole e sorgo zuccherino).

Allo stato attuale molti impianti sono dimensionati considerando una quota significativa del carico organico giornaliero da colture dedicate e/o sottoprodotti dell'agroindustria. Il loro utilizzo, infatti, permette di raggiungere potenze elettriche installate difficilmente conseguibili con i soli effluenti zootecnici, matrice storicamente utilizzata per gli impianti di digestione anaerobica. Non ultimi, possono essere avviati alla digestione anaerobica anche i fanghi della depurazione civile e la frazione organica da raccolta differenziata dei rifiuti urbani domestici (FORSU).

L'utilizzo degli effluenti zootecnici per la trasformazione in biogas, in linea generale, non comporta problemi di tipo gestionale e/o economici. Nel caso delle biomasse dedicate, invece, i problemi direttamente correlati al loro utilizzo riguardano: il costo di approvvigionamento e la necessità di aumentare le superfici per la distribuzione agronomica dell'azoto ad esse connesso, oltre alla necessità di strutture di stoccaggio che ne consentano una fruizione per un periodo più lungo rispetto a quello della disponibilità. I sottoprodotti animali, infine, possono essere utilizzati nel rispetto del Regolamento CE 1774/2002, recante norme su raccolta, trasporto, trattamento, utilizzo ed eliminazione di prodotti alimentari non più destinati al consumo umano.

Con l'approvazione del Dlgs n. 4 del 16 gennaio 2008, i sottoprodotti agroindustriali, destinati alla produzione di energia, sono stati sottratti alla normativa dei rifiuti e l'iter autorizzativo è stato notevolmente semplificato.

### Rese medie e caratteristiche chimiche medie dei principali substrati utilizzabili per la produzione di biogas

|  | Solidi volatili (kg/t) | Biogas (m <sup>3</sup> /kg SV) | CH <sub>4</sub> (%) | NTK (%ST) |                                       | Solidi volatili (kg/t) | Biogas (m <sup>3</sup> /kg SV) | CH <sub>4</sub> (%) | NTK (%ST) |
|--|------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------|
| <b>Prodotti/sottoprodotti vegetali</b> |                        |                                |                     |           | <b>Scarti agroindustriali animali</b> |                        |                                |                     |           |
| Insilato di sorgo zuccherino           | 282                    | 0,60                           | 53                  | 1,75      | Siero di latte                        | 55                     | 0,75                           | 60                  | 2,32      |
| Insilato di erba                       | 248                    | 0,56                           | 52                  | 2,70      | Contenuti ruminali bovini             | 176                    | 0,75                           | 53                  | 2,60      |
| Insilato di grano                      | 289                    | 0,60                           | 53                  | 1,71      | Sangue bovino                         | 101                    | 0,65                           | 65                  | 11,41     |
| Insilato di mais                       | 310                    | 0,60                           | 53                  | 1,42      | Fanghi di macelli suini               | 160                    | 0,35                           | 60                  | 3,03      |
| <b>Scarti agroindustriali vegetali</b> |                        |                                |                     |           | Fanghi di macelli bovini              |                        |                                |                     |           |
| Scarti lavorazione mais dolce          | 154                    | 0,48                           | 55                  | 2,24      | Fango flottazione avicolo             | 85                     | 0,35                           | 60                  | 14,70     |
| Scarti di leguminose                   | 169                    | 0,60                           | 60                  | 4,89      | <b>Varie</b>                          |                        |                                |                     |           |
| Buccette e semi di pomodori            | 291                    | 0,35                           | 55                  | 3,12      | FORSU                                 | 140                    | 0,60                           | 51                  | 1,82      |
| Scarti lavorazione patata              | 230                    | 0,60                           | 53                  | 1,53      | Glicerina                             | 900                    | 0,78                           | 58                  | -         |

NTK: azoto totale. SV: sostanza organica. ST: sostanza secca. CH<sub>4</sub>: metano.

## CARATTERISTICHE CHIMICHE E IDONEITÀ ALLA DIGESTIONE ANAEROBICA

La produzione di effluenti oltre che dalla specie zootecnica e dal numero di animali presenti dipende anche dallo stadio di accrescimento, dal coefficiente di trasformazione dell'alimento e dalla soluzione stabulativa adottata. Sono soprattutto lo stadio di accrescimento e la tecnica di stabulazione che determinano i volumi e le caratteristiche di concentrazione di sostanza secca e organica. Come primo approccio per la quantificazione delle produzioni il criterio di calcolo di base che può essere adottato è quello delle norme tecniche per l'applicazione a livello nazionale dell'ex art. 38 del Dlgs 152/99, ora Dlgs 152/2006, a cui si rimanda.

| CARATTERISTICHE INDICATIVE (1)                             | LIQUAMI SUINI                                |   | LIQUAMI BOVINI                               |  |
|--|--|---|--|--|
|  | valore medio                                 | intervallo  | valore medio                                 | intervallo   |
| Sostanza secca - ST (%)                                    | 4,4  | 2,8 - 6,0   | 8,2  | 5,7 - 10,7   |
| Sostanza organica - SV (% ST)                              | 70   | 63 - 77   | 73   | 64 - 82  |
| Azoto totale - NTK (% ST)                                  | 8,0  | 6,3 - 9,7   | 4,7  | 2,8 - 6,6  |
| COEFFICIENTI DI PRODUZIONE (2)                             | Quantità                                     | Soluzione stabulativa                               | Quantità                                     | Soluzione stabulativa  |
| A. (m <sup>3</sup> /anno* t p.v.)                          | 37 - 44                                      | Pavimento totalmente o parzialmente fessurato       | 20 - 33                                      | Stabulazione libera su fessurato, cuccette senza uso di paglia             |
| B. (m <sup>3</sup> /anno* t p.v.)                          | 55 - 73                                      | Rimozione con acqua (pavimento pieno, gabbie, ecc.) | 9 - 16                                       | Stabulazione libera a cuccette con uso di paglia, stabulazione su lettiera |
| <b>PRODUZIONE BIOGAS (m<sup>3</sup>/kg SV in ingresso)</b> | <b>0,45 - 0,55 (di cui il 60-65% metano)</b> |   | <b>0,30 - 0,45 (di cui il 55-60% metano)</b> |  |

(1) Valori indicativi riferiti a effluenti zootecnici "freschi" (fonte: banca dati CRPA).

(2) Per maggiori dettagli si rimanda alla Tabella 1 dell'Allegato 1 del Dlgs 07/04/06 del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

### LIQUAMI SUINI

#### CRITICITÀ

- Effluente zootecnico caratterizzato da un contenuto di sostanza secca e di sostanza organica alquanto variabile in funzione delle differenti tipologie di allevamento. È quindi opportuno operare affinché arrivino in digestione anaerobica liquami suini con un tenore di sostanza secca pari ad almeno il 3-4%.
- Per ottimizzare le rese è essenziale avviare alla digestione anaerobica deiezioni "fresche", evitando stoccaggi intermedi.
- In caso di uso agronomico del digestato, il volume del/i digestore/i non è considerabile come stoccaggio; a tal fine occorre prevedere i necessari volumi per il rispetto del tempo minimo richiesto dalla normativa di pertinenza.

#### PUNTI DI FORZA

- Produzione regolare e continuativa.
- Ottima propensione tecnica alla digestione anaerobica, purché non eccessivamente diluiti, in quanto ben dotati di sostanza organica, di buon potere tampone e privi di frazioni "inerti" non desiderate;
- Riduzione significativa delle emissioni di odori dallo stoccaggio del digestato.

### LIQUAMI BOVINI

#### CRITICITÀ

- L'effetto di diluizione è minimo rispetto a quello che si ha con le deiezioni suine, in quanto le zone calpestate dal bestiame sono pulite e risciacquate con basse quantità di acqua. L'eventuale aggiunta di paglia conduce a variazioni nel contenuto di solidi totali. Come per i suini, il contenuto di sostanza secca è correlato al sistema di allevamento; anche in questo caso è opportuno che arrivino in impianto liquami bovini con un tenore di sostanza secca pari ad almeno il 7-8%.
- Per ottimizzare le rese è essenziale avviare a digestione anaerobica deiezioni "fresche", evitando stoccaggi intermedi.
- In caso di uso agronomico del digestato, il volume del/i digestore/i non è considerabile come stoccaggio; a tal fine occorre prevedere i necessari volumi per il rispetto del tempo minimo richiesto dalla normativa di pertinenza.

#### PUNTI DI FORZA

- Produzione regolare e continuativa.
- Buona propensione tecnica alla digestione anaerobica, in quanto ben dotati di sostanza organica, di buon potere tampone e privi di frazioni inerti non desiderate.

## RESIDUI AGROINDUSTRIALI VEGETALI

### CARATTERISTICHE CHIMICHE E IDONEITÀ ALLA DIGESTIONE ANAEROBICA

L'industria agroalimentare produce ingenti quantità di reflui e scarti derivanti dalla lavorazione delle materie prime, che possono essere avviate alla digestione anaerobica: siero di latte, reflui liquidi di lavorazione dei succhi di frutta o di distillazione dell'alcool, scarti organici liquidi e/o semisolidi della macellazione (grassi, sangue, contenuto stomacale, budella ...), buccette di pomodoro, scarti di lavorazione delle patate, cipolle, mais, ecc. Tali residui o scarti sono classificabili come "sottoprodotti" ai sensi dell'art. 183, comma 1, lettera n) del Dlgs 152/06 e del Dlgs n. 4/08. La nuova definizione di "sottoprodotto" consente di sottrarre flussi qualitativamente validi per la digestione anaerobica dal contesto normativo dei "rifiuti". Gli scarti e i residui avviati ad un altro ciclo produttivo (produzione del prodotto metano) per poter essere classificati sottoprodotto anziché rifiuto devono però rispettare tutto quanto di seguito enunciato:

- devono essere generati da un processo produttivo, pur non essendone l'oggetto principale;
- l'impiego in altro processo produttivo deve essere certo sin dalla fase della sua produzione e integrale. Il processo in cui lo scarto è reimpiegato deve essere preventivamente individuato e definito;
- il sottoprodotto deve avere caratteristiche merceologiche e di qualità ambientale tali da garantire che il suo uso non generi un impatto ambientale qualitativo e quantitativo diverso da quello ammesso e autorizzato nell'impianto di destinazione;
- le caratteristiche di compatibilità ambientale di cui sopra devono essere possedute dal sottoprodotto sin dal momento della sua produzione; non sono consentiti trattamenti o trasformazioni preliminari al loro reimpiego a tale scopo;
- il sottoprodotto deve avere un valore economico di mercato.

Tali sottoprodotti possono in genere essere acquistati dall'impianto di biogas ad un prezzo contenuto e variabile fra 5 e 15 €/t; in altri casi invece i produttori possono anche pagare una tariffa minima in ingresso (0-15 €/t).

|  | SCARTI DI MAIS DOLCE   |                   | SCARTI DI PATATE   |                   | SCARTI DI FRUTTA   |                   |
|--|--|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| <b>Descrizione</b>   | Residuo costituito da pannocchie (brattee e tutoli) private quasi completamente della granella (*) |                   | Bucce, scarti selezionati in ingresso, puree di scarto da cottura (**) |                   | Pelatura, detorsolatura, scarti di passatrice di pera, pesca, albicocca (esclusi noccioli) (***) |                   |
| <b>Caratteristiche indicative</b>                                | <b>Valore medio</b>  | <b>Intervallo</b> | <b>Valore medio</b>  | <b>Intervallo</b> | <b>Valore medio</b>  | <b>Intervallo</b> |
| pH   | 3,9  | 3,5-4,3           | 4,5  | 3,5-6,2           | 3,6  | 3,4-3,7           |
| Sostanza secca - ST (%)  | 17,2   | 15,9-18,5         | 22,3   | 16,6-30,3         | 13,1   | 9,7-18,5          |
| Sostanza organica - SV (%ST)                                     | 96,5   | 96-97             | 95,8   | 91,1-97,2         | 94,5   | 92-95,7           |
| Azoto totale - NTK (%ST)   | 2,0  | 1,8-2,2           | 1,6  | 1,2-2,4           | 1,8  | 1,4-2,2           |
| <b>Produzione biogas (m<sup>3</sup>/kg SV in ingresso)</b>       | 0,45-0,55<br>(di cui il 50-55% metano)   |                   | 0,50-0,60<br>(di cui il 50-53% metano)                                 |                   | 0,50-0,60<br>(di cui il 55-60% metano)   |                   |
| <b>Coefficiente di produzione unitaria (% materia prima) (1)</b> | 65-68  |                   | 10-25 (2)  |                   | 3-6  | 2,5-15 (3)        |

(1) Con coefficiente di produzione unitario si intende la percentuale di scarto ottenuto dalla lavorazione nel processo produttivo della materia prima ritirata dall'industria di trasformazione.

(2) La variabilità è legata alla presenza, oltre alle bucce (10-14% della materia prima), di scarti da selezione e/o scarti di lavorazione vera e propria, quali puree.

(3) La variabilità è legata al tipo di prodotto finale (frutta sciropata e/o succhi di frutta) e alla specie. Per pesche e albicocche sono esclusi i noccioli.

(\*) Attualmente destinati all'alimentazione del bestiame.

(\*\*) Attualmente destinati all'alimentazione del bestiame o avviati ad impianti di compostaggio o di distillazione.

(\*\*\*) Attualmente destinati all'alimentazione del bestiame o avviati ad impianti di distillazione.

### SCARTI DI MAIS DOLCE

#### CRITICITÀ

- Disponibilità limitata nel tempo (da settembre a ottobre) e nello spazio (ad esempio in Emilia-Romagna nella provincia di Piacenza).
- Necessità di insilamento per la conservazione.

#### PUNTI DI FORZA

- Ottima idoneità alla digestione anaerobica.
- Disponibilità abbondante nei territori di produzione.

### SCARTI DI PATATE

#### CRITICITÀ

- Produzione limitata ad alcune regioni: Emilia-Romagna, Lombardia, Campania, Abruzzo e Calabria.

#### PUNTI DI FORZA

- Produzione irregolare, ma distribuita nei 12 mesi.
- Ottima idoneità alla digestione anaerobica.
- Disponibilità abbondante nei territori di produzione.

### SCARTI DI FRUTTA

#### CRITICITÀ

- Disponibilità limitata nel tempo (da giugno a dicembre).
- Difficoltà di conservazione causata dall'elevato contenuto di acqua e dalla rapida fermentescibilità del prodotto.

#### PUNTI DI FORZA

- Ottima idoneità alla digestione anaerobica.
- Disponibilità abbondante nei territori di produzione.

## IL TRATTAMENTO DEL BIOGAS

Il processo di digestione anaerobica condiziona fortemente la qualità del biogas. Le principali caratteristiche che possono influenzarne l'utilizzo sono:

- **corrosività**, dovuta alla presenza di idrogeno solforato prodotto durante la digestione. La corrosione si manifesta soprattutto a livello delle parti a diretto contatto con il gas (tubazioni, contatori, gasometro, parte emersa del reattore, bruciatori, caldaie, cogeneratori), ma può interessare tutta l'area dell'impianto;
- **condensa** di vapore acqueo prodotto all'interno del digestore e trasportato dal biogas. La condensa può accumularsi nelle tubazioni e occluderle o essere trasportato fino alle utenze e causare danni anche consistenti.

Per proteggere l'impianto e ridurre le cause di fermo macchina è importante inserire nella linea di processo una sezione di pulizia del biogas che preveda:

- **filtrazione** per eliminare i solidi in sospensione che sono essenzialmente materiale organico, grassi ed eventuali schiume;
- **deumidificazione**, per evitare la formazione di condense in camera di combustione occorre eliminare in modo drastico l'umidità attraverso l'uso di scambiatori accoppiati ad un gruppo frigorifero;
- **desolforazione**, che può essere fatta tramite filtri chimici riempiti con ossidi di ferro, i quali provocano la precipitazione dei composti e quindi la loro estrazione; tramite torri di lavaggio che lavano il gas in controcorrente tramite un flusso di acqua e ossido ferrico; oppure biologicamente immettendo direttamente nel digestore una percentuale di aria, circa 0,6-1% nel duomo del digestore, per consentire a particolari ceppi batterici di innescare una reazione di precipitazione biologica dello zolfo.

## LA FASE DI CONVERSIONE ENERGETICA DEL BIOGAS

Con 1 Nm<sup>3</sup> di biogas è possibile produrre mediamente 1,5-2 kWh di energia elettrica e 2-3 kWh di energia termica. Il Nm<sup>3</sup> (normal metro cubo) è l'unità di misura del volume usato per i gas, in condizioni "normali", ossia alla pressione atmosferica e alla temperatura di 0°C. Si usa anche per la misura del gas liquido.

La trasformazione del biogas in energia utilizzabile in azienda può avvenire:

- per **combustione diretta** in caldaia (con produzione di sola energia termica);
- per combustione in **cogeneratori** per la produzione combinata di energia elettrica e di energia termica. Le potenze elettriche disponibili variano da 15 kW a oltre 1 MW, mentre i rendimenti vanno dal 20% circa ad un massimo del 42%.

Un altro modo di utilizzare il biogas è

- bruciarlo in turbine. Il gas caldo utilizzato deve essere molto "pulito" (libero di particolato sospeso o di composti corrosivi) per evitare corrosioni alle parti in movimento. La tecnologia può essere applicata a patto che la percentuale di metano sia sufficientemente elevata (>60%) e molto stabile al fine di consentire una temperatura di combustione vicina a quella richiesta. Le potenze minime disponibili per questo tipo di macchina sono dell'ordine di 250 kW e il rendimento elettrico varia dal 25 al 42%.

Il biogas,

- dopo essere stato **purificato a metano** al 95-98%, può anche essere utilizzato per autotrazione (tale uso del biogas non è attualmente incentivato in Italia, a differenza degli altri biocarburanti, quali biodiesel e bioetanolo) e/o immesso nella rete di distribuzione del gas naturale.

## COSTO DEL kWe INSTALLATO E INCENTIVI ECONOMICI

La voce di costo che maggiormente incide sull'investimento è rappresentata dalle opere edili necessarie per le strutture di ricezione e trattamento delle biomasse, per le strutture di produzione e stoccaggio del biogas e per le strutture di stoccaggio del digestato. A queste si aggiungono le voci di costo delle opere elettromeccaniche, che comprendono: il cogeneratore, le attrezzature per il carico delle matrici, gli allacciamenti elettrici.

La soglia dimensionale limite per rendere redditizio un impianto di biogas si colloca in genere intorno ai 50-100 kWe di potenza elettrica installata.

I costi di investimento variano da 3.000-5.000 €/kWe elettrico installato per impianti dell'ordine di 500-1.000 kWe di potenza elettrica a 6.000-7.000 €/kWe elettrico per impianti da 50-100 kWe.

Oltre all'investimento, l'analisi economica deve valutare anche il costo di approvvigionamento delle biomasse utilizzate, che incidono in modo molto più significativo negli impianti di grossa taglia dove la biomassa può arrivare a rappresentare anche il 100% dei prodotti utilizzati. Le dinamiche di sviluppo del mercato dei cereali e le disponibilità di autoproduzione di questi rappresentano i due parametri fondamentali per valutare la sostenibilità economica dell'impianto.

La Legge Finanziaria 2008 ha fissato incentivi più elevati per l'utilizzo di biomasse rinnovabili prodotte localmente (entro 70 km) e per impianti medio-piccoli (potenza elettrica inferiore a 1 MWe).

La possibilità di vendere o utilizzare anche l'energia termica rappresenta un'ulteriore fonte di introito che, però, raramente trova uno sbocco concreto.

## PRINCIPALI PARAMETRI AMBIENTALI DA VALUTARE E QUANTIFICARE

Nella valutazione della convenienza a realizzare un impianto per la produzione di biogas, vanno analizzati anche alcuni aspetti che in prospettiva potrebbero rientrare nella contabilizzazione dei ricavi:

- riduzione di emissione di gas ad effetto serra per sostituzione di combustibili fossili;
- qualora vengano utilizzate frazioni organiche derivanti dalla raccolta differenziata dei rifiuti urbani, scarti di macellazione e sottoprodotti dell'agroindustria, una loro ottimizzazione gestionale sul territorio;
- possibile integrazione nei processi di trattamento anaerobici/aerobici degli effluenti/rifiuti per aumentare l'efficienza ambientale e ridurre i costi;
- utilizzo del biogas come biocombustibile per autotrazione o per l'immissione in rete per aumentarne l'efficienza energetica e ridurre le emissioni di polveri e altri composti nocivi per la salute umana.

*C.R.P.A. notizie*

**Direttore Responsabile** Adelfo Magnavacchi. **Testi di** Claudio Fabbri, Sergio Piccinini. **Revisione testi di** Magda Schiff. **Stampa** Tecnograf - Reggio Emilia.



## BIOGAS DA AZIENDA ZOOTECNICA CON SOLI LIQUAMI E LETAMI



Di seguito viene illustrato un esempio di dimensionamento e analisi di sostenibilità economica di un impianto di produzione di biogas realizzato in un'azienda zootecnica. La potenzialità biometanigena dei soli liquami è, infatti, molto spesso già sufficiente per raggiungere potenze elettriche installate significative. Nel caso illustrato si raggiunge una potenza elettrica installata di circa 100 kWe.

### DESCRIZIONE

L'azienda è a carattere zootecnico con produzione di latte alimentare (250 vacche presenti di cui 200 in lattazione e 190 capi in rimonta) e carne suina (250 t di peso vivo mediamente presente). La produzione di carne suina avviene ingrassando animali da circa 60-70 kg di peso fino a 160 kg.

Il dimensionamento dell'impianto è fatto considerando di utilizzare tutto il liquame bovino e suino e il letame prodotti. L'azienda dispone già di vasche di miscelazione preliminare al carico, platee, separazione solido-liquido e stoccaggi finali. Tutta l'energia elettrica prodotta viene ceduta al Gestore dei Servizi Elettrici (GSE) e valorizzata con i parametri della Legge Finanziaria 2008 con 0,3 €/kWh omnicomprendivi per 15 anni.

### Matrici utilizzate

| Matrici        | Quantità (t/a) | Sostanza organica |            |
|----------------|----------------|-------------------|------------|
|                |                | t/a               | %          |
| Liquame suino  | 11.952         | 467               | 42,2       |
| Liquame bovino | 4.672          | 548               | 49,6       |
| Letame bovino  | 1.059          | 90                | 8,2        |
| <b>Totale</b>  | <b>17.683</b>  | <b>1.105</b>      | <b>100</b> |

### Caratteristiche del digestore e del biogas prodotto

| Volume digestore (m <sup>3</sup> ) | Carico organico volumetrico (kg SV/m <sup>3</sup> /gg) | Tempo di ritenzione (gg) | Resa specifica biogas (m <sup>3</sup> /kg SV/gg) <sup>(1)</sup> | Quantità biogas prodotto (m <sup>3</sup> /anno) <sup>(2)</sup> |
|------------------------------------|--|--------------------------|---|--|
| 1.723                              | 2,0  | 31                       | 0,41  | 452.409  |

<sup>(1)</sup> SV: solidi volatili.

<sup>(2)</sup> Si considera una percentuale del 63% di metano.

### Conversione energetica del biogas prodotto

| Rendimento elettrico (%) | Potenza elettrica installata (kW) | Produzione lorda EE (kWh/a) | Autoconsumo EE ausiliari <sup>(1)</sup> (kWh/a) | Consumo EE digestore <sup>(2)</sup> (kWh/a) | Produzione EE ceduta alla rete (kWh/a) |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|---|--|
| 32                       | 108                               | 776.870                     | 11.653  | 62.150                                      | 703.068                                |

<sup>(1)</sup> Utenze elettriche necessarie al funzionamento del cogeneratore. Tale produzione non gode del riconoscimento dei certificati verdi.

<sup>(2)</sup> Consumi imputabili al carico, alla miscelazione, allo scarico e alla separazione solido-liquido.

### Caratteristiche del digestato tal quale e delle frazioni dopo separazione solido/liquido

| Volume digestato tal quale (m <sup>3</sup> /gg) | Sostanza secca digestato tal quale (kg/m <sup>3</sup> ) | Volume digestato chiarificato (m <sup>3</sup> /gg) | Sostanza secca digestato chiarificato (kg/m <sup>3</sup> ) | Volume solido separato (m <sup>3</sup> /gg) | Sostanza secca solido separato (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---|---|--|--|---|---|
| 46,97   | 53,7  | 43,05  | 39,28  | 5,23  | 225   |

### Investimenti

|                             | Importo (€)       | Vita utile (anni) | Costo specifico (€/kWe) | Incidenza (%) |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Opere civili                | 184.598,93        | 20                | 1.715,61                | 39            |
| Opere elettromeccaniche     | 170.481,63        | 10                | 1.584,40                | 36            |
| Cogeneratore                | 111.836,74        | 8                 | 1.039,38                | 23            |
| Spese tecniche + imprevisti | 11.672,93         | -                 | 108,48                  | 2             |
| <b>Totale</b>               | <b>478.590,23</b> |                   | <b>4.447,87</b>         | <b>100</b>    |



## BIOGAS DA AZIENDA ZOOTECNICA CON SOLI LIQUAMI E LETAMI



### Costi e benefici

| Ricavi annuali                    | Importo (€)       | Incidenza (%)      | Costi annuali                   | Importo (€)      | Incidenza (%) |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|------------------|---------------|
| Vendita EE<br>(0,3 €/kWh)         | 210.920,32        | 100                | Service cogeneratore            | 19.421,76        | 49,4          |
|                                   |                   |                    | Manutenzione ordinaria impianto | 5.114,45         | 13,0          |
|                                   |                   |                    | Gestione ordinaria impianto     | 5.955,23         | 15,1          |
|                                   |                   |                    | Analisi chimico-fisiche         | 1.200,00         | 3,1           |
|                                   |                   |                    | Spese generali                  | 7.651,25         | 19,4          |
| <b>Totale</b>                     | <b>210.920,32</b> |                    |                                 | <b>39.342,70</b> | <b>100</b>    |
| <b>Manutenzione straordinaria</b> |                   | <b>Importo (€)</b> | <b>Annualità</b>                |                  |               |
| Cogeneratore                      |                   | 55.918,37          | 8                               |                  |               |
| Impiantistica                     |                   | 85.240,81          | 10                              |                  |               |
| <b>Totale</b>                     |                   | <b>141.159,18</b>  |                                 |                  |               |

### Analisi del tempo di ritorno e dei principali indici finanziari

| Indici di analisi finanziaria  | €/anno       |
|--|--------------|
| Margine operativo lordo (MOL o EBITDA) = Ricavi - Costi  | 171.577,63   |
| Ammortamento semplice dell'investimento iniziale   | 31.906,02    |
| Saggio di sconto bancario  | 5,8%         |
| Interessi sul capitale investito   | 16.729,04    |
| Margine Operativo Netto (MON o EBIT) = MOL - Ammortamento (esclusa manutenzione straordinaria) | 139.671,61   |
| Reddito Netto (RN) = MON - Interessi   | 122.942,57   |
| Tempo di ritorno semplice (Inv/MOL) (anni)   | <b>2,79</b>  |
| Tempo di ritorno reale (Break Even Point) (anni) <sup>(1)</sup>                                | 3,13         |
| Valore attuale Netto (VAN) fino al termine dei certificati verdi (15 anni) <sup>(2)</sup>      | 1.125.685,24 |
| Tasso Interno di Rendimento (TIR) <sup>(3)</sup>   | 34,8%        |

<sup>(1)</sup> Break Even Point: tempo di ritorno reale dell'investimento compresi gli interessi sul capitale.

<sup>(2)</sup> Valore Attuale Netto (VAN): valore attualizzato, scontato secondo il tasso di interesse e il tempo, dei redditi futuri al netto dell'investimento iniziale. Rappresenta, in sostanza, il capitale totale che rimane all'imprenditore, in un periodo di tempo stabilito dopo avere pagato tutti i costi di produzione e di investimento, attualizzato al momento dell'investimento. L'importanza del VAN va vista come indicatore semplificato che permette di confrontare l'investimento con il profitto: se l'impianto richiede un investimento di 100 e il VAN calcolato è pari a 120, significa che dopo avere pagato l'impianto e tutti i costi di gestione, l'operazione ha fruttato il 120% dell'investimento.

<sup>(3)</sup> Tasso Interno di Rendimento (TIR): rappresenta il principale indicatore di redditività ed esprime l'interesse al quale l'operazione remunera la somma investita. In realtà il TIR indica anche la propensione al rischio dell'imprenditore: quanto più è elevato il rischio dell'investimento (tipico soprattutto negli impianti che si approvvigionano prevalentemente di biomasse dal mercato e quindi esposti a variazioni repentine di prezzo) tanto più il TIR deve essere elevato. Impianti che si alimentano esclusivamente con effluenti zootecnici e biomasse aziendali sono meno esposti alle perturbazioni di mercato e quindi possono essere realizzati anche con TIR meno elevati.

### PUNTI DI FORZA

Elevata redditività, ottenuta grazie ai nuovi incentivi previsti dalla Legge Finanziaria 2008 e alla semplificazione delle procedure amministrative; l'impianto si inserisce nel contesto aziendale senza modificarne significativamente la struttura gestionale; l'impianto non dipende dal reperimento esterno di biomasse; lo sfruttamento delle sole deiezioni aziendali consente di non modificare il carico azotato dell'azienda; non devono essere costruite strutture edili accessorie all'impianto di digestione anaerobica; la manodopera aziendale è sufficiente a gestire il nuovo carico di lavoro; elevato contributo alla riduzione delle emissioni di odore dai liquami.

### PUNTI DI DEBOLEZZA

Più del 50% del metano prodotto dall'impianto deriva dalla trasformazione della sostanza organica presente nei liquami suinicoli. Per questa ragione il tempo di permanenza nelle fosse deve essere limitato al minimo; la digestione anaerobica della sostanza organica determina una produzione minore di solido separato e maggiore di liquame, modificando quindi l'organizzazione della distribuzione in campo degli effluenti; bassa produzione specifica di biogas per unità di volume utile di digestore.



## BIOGAS DA AZIENDA CEREALICOLA CON LIQUAMI, BIOMASSE E SOTTOPRODOTTI



Di seguito viene illustrato un esempio di dimensionamento di impianto di produzione di biogas che utilizza sia effluenti zootecnici che colture dedicate. L'impianto descritto consente di installare un cogeneratore di circa 1 MWe.

### DESCRIZIONE

L'azienda dispone di diverse tipologie di biomassa: effluenti zootecnici acquisiti da aziende zootecniche vicine, biomasse dedicate e sottoprodotti dell'agroindustria. Per l'approvvigionamento dei liquami (30-40 t/giorno) è stato considerato un costo di conferimento per il trasporto pari a 5 €/t. L'azienda dispone di circa 350 ha di terreni in proprietà da destinare alla coltivazione di colture energetiche: nell'esempio sono stati supposti 250 ha a silomais e 75 ha a sorgo zuccherino con un costo di produzione (lavorazione del terreno, concimazione, raccolta e insilamento) di 25 €/t. Si ipotizza, altresì, di avere una disponibilità di scarti dell'agroindustria costituiti da polpe di barbabietola (3.650 t/a, pari a 10 t/giorno) e scarti di mais dolce (1.825 t/a, equivalenti a 5 t/giorno), con un costo di conferimento di 5 €/t. Tutta l'energia elettrica prodotta viene ceduta al GSE e valorizzata con i parametri della Legge Finanziaria 2008 con 0,3 €/kWh omnicomprendivi per 15 anni.

| Matrici utilizzate    |                | Sostanza organica |            |
|-----------------------|----------------|-------------------|------------|
| Matrici               | Quantità (t/a) | t/a               | %          |
| Liquiletame bovino    | 14.600         | 934               | 12,9       |
| Silomais              | 14.600         | 4.529             | 62,2       |
| Silosorgo             | 3.650          | 1.029             | 14,1       |
| Polpe di barbabietola | 3.650          | 482               | 6,6        |
| Scarti di mais dolce  | 1.825          | 306               | 4,2        |
| <b>Totale</b>         | <b>38.325</b>  | <b>7.280</b>      | <b>100</b> |

### Caratteristiche del digestore e del biogas prodotto

| Volume digestore (m <sup>3</sup> ) | Carico organico volumetrico (kg SV/m <sup>3</sup> /gg) | Tempo di ritenzione (gg) | Resa specifica biogas (m <sup>3</sup> /kg SV/gg) <sup>(1)</sup> | Quantità biogas prodotto (m <sup>3</sup> /anno) <sup>(2)</sup> |
|------------------------------------|--|--------------------------|---|--|
| 6.542                              | 3,9  | 39                       | 0,55  | 4.037.834  |

<sup>(1)</sup> SV: solidi volatili.

<sup>(2)</sup> Si considera una percentuale del 53% di metano.

### Conversione energetica del biogas prodotto

| Rendimento elettrico (%) | Potenza elettrica installata (kW) | Produzione lorda EE (kWh/a) | Autoconsumo EE ausiliari <sup>(1)</sup> (kWh/a) | Consumo EE digestore <sup>(2)</sup> (kWh/a) | Produzione EE ceduta alla rete (kWh/a) |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|---|--|
| 38                       | 972                               | 6.926.609                   | 103.899   | 692.661                                     | 6.130.049                              |

<sup>(1)</sup> Utenze elettriche necessarie al funzionamento del cogeneratore. Tale produzione non gode del riconoscimento dei certificati verdi.

<sup>(2)</sup> Consumi imputabili al carico, alla miscelazione, allo scarico e alla separazione solido-liquido.

### Caratteristiche del digestato tal quale e delle frazioni dopo separazione solido-liquido

| Volume digestato tal quale (m <sup>3</sup> /gg) | Sostanza secca digestato tal quale (kg/m <sup>3</sup> ) | Volume digestato chiarificato (m <sup>3</sup> /gg) | Sostanza secca digestato chiarificato (kg/m <sup>3</sup> ) | Volume solido separato (m <sup>3</sup> /gg) | Sostanza secca solido separato (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---|---|--|--|---|---|
| 90,54   | 69,9  | 76,34  | 52,11  | 16,70                                       | 225   |

### Investimenti

|                             | Importo (€)         | Vita utile (anni) | Costo specifico (€/kWe) | Incidenza (%) |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Opere civili                | 1.445.309,94        | 20                | 1.486,71                | 44            |
| Opere elettromeccaniche     | 1.132.617,21        | 10                | 1.165,06                | 35            |
| Cogeneratore                | 621.910,07          | 8                 | 639,72                  | 19            |
| Spese tecniche + imprevisti | 79.995,93           | -                 | 82,29                   | 2             |
| <b>Totale</b>               | <b>3.279.833,14</b> |                   | <b>3.373,77</b>         | <b>100</b>    |



## BIOGAS DA AZIENDA CEREALICOLA CON LIQUAMI, BIOMASSE E SOTTOPRODOTTI



### Costi e benefici

| Ricavi annuali                     | Importo (€)         | Incidenza (%)      | Costi annuali                     | Importo (€)       | Incidenza (%) |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------|
| Vendita EE<br>(0,3 euro/kWh)       | 1.839.014,74        | 99                 | Service cogeneratore              | 125.371,63        | 14,9          |
|                                    |                     |                    | Produzione e conferimento matrici | 556.625,00        | 66,3          |
| Contributo per colture energetiche | 14.235,00           | 1                  | Manutenzione ordinaria impianto   | 33.978,52         | 4,0           |
|                                    |                     |                    | Gestione ordinaria impianto       | 50.408,33         | 6,0           |
|                                    |                     |                    | Analisi chimico-fisiche           | 8.000,00          | 1,0           |
|                                    |                     |                    | Spese generali e interessi        | 65.294,95         | 7,8           |
| <b>Totale</b>                      | <b>1.853.249,74</b> |                    |                                   | <b>839.678,42</b> | <b>100</b>    |
| <b>Manutenzione straordinaria</b>  |                     | <b>Importo (€)</b> | <b>Annualità</b>                  |                   |               |
| Cogeneratore                       |                     | 310.955,03         | 8                                 |                   |               |
| Impiantistica                      |                     | 566.308,60         | 10                                |                   |               |
| <b>Totale</b>                      |                     | <b>877.263,64</b>  |                                   |                   |               |

### Analisi del tempo di ritorno e dei principali indici finanziari

| Indici di analisi finanziaria  | €/anno       |
|--|--------------|
| Margine operativo lordo (MOL o EBITDA) = Ricavi - Costi  | 1.013.571,32 |
| Ammortamento semplice dell'investimento iniziale   | 218.655,54   |
| Saggio di sconto bancario  | 5,8%         |
| Interessi sul capitale investito   | 114.646,02   |
| Margine Operativo Netto (MON o EBIT) = MOL - Ammortamento (esclusa manutenzione straordinaria) | 794.915,78   |
| Reddito Netto (RN) = MON - Interessi   | 680.269,76   |
| <b>Tempo di ritorno semplice (Inv/MOL) (anni)</b>  | <b>3,24</b>  |
| Tempo di ritorno reale (Break Even Point) (anni) <sup>(1)</sup>                                | 3,69         |
| Valore attuale Netto (VAN) fino al termine dei certificati verdi (15 anni) <sup>(2)</sup>      | 6.173.832,39 |
| Tasso Interno di Rendimento (TIR) <sup>(3)</sup>   | 29,5%        |

<sup>(1)</sup> Break Even Point: tempo di ritorno reale dell'investimento compreso gli interessi sul capitale.

<sup>(2)</sup> Valore Attuale Netto (VAN): valore attualizzato, scontato secondo il tasso di interesse e il tempo, dei redditi futuri al netto dell'investimento iniziale. Rappresenta, in sostanza, il capitale totale che rimane all'imprenditore, in un periodo di tempo stabilito dopo avere pagato tutti i costi di produzione e di investimento, attualizzato al momento dell'investimento. L'importanza del VAN va vista come indicatore semplificato che permette di confrontare l'investimento con il profitto: se l'impianto richiede un investimento di 100 e il VAN calcolato è pari a 120, significa che dopo avere pagato l'impianto e tutti i costi di gestione, l'operazione ha fruttato il 120% dell'investimento.

<sup>(3)</sup> Tasso Interno di Rendimento (TIR): rappresenta il principale indicatore di redditività ed esprime l'interesse al quale l'operazione remunera la somma investita. In realtà il TIR indica anche la propensione al rischio dell'imprenditore: quanto più è elevato il rischio dell'investimento (tipico soprattutto negli impianti che si approvvigionano prevalentemente di biomasse dal mercato e quindi esposti a variazioni repentine di prezzo) tanto più il TIR deve essere elevato. Impianti che si alimentano esclusivamente con effluenti zootecnici e biomasse aziendali sono meno esposti alle perturbazioni di mercato e quindi possono essere realizzati anche con TIR meno elevati.

#### PUNTI DI FORZA

Elevata redditività, ottenuta grazie ai nuovi incentivi previsti dalla Legge Finanziaria 2008 e alla semplificazione delle procedure amministrative; collocazione certa delle produzioni agricole per un lungo periodo di tempo (15 anni); elevato contributo alla riduzione delle emissioni di odore dai liquami ritirati dalle aziende zootecniche; elevata produzione specifica di biogas per unità di volume utile di digestore.

#### PUNTI DI DEBOLEZZA

Richiesta di autorizzazione per un nuovo insediamento; forte dipendenza della produzione di energia dall'approvvigionamento di biomasse dedicate o sottoprodotti; necessità di trovare i terreni per l'uso agronomico del digestato; aumento delle unità lavorative necessarie a gestire il nuovo carico di lavoro.





# ANALISI DELLA FATTIBILITÀ E DELLA REDDITIVITÀ DEGLI IMPIANTI DI BIOGAS CON IL MODELLO DI CALCOLO ADEcoTec DSS



I vantaggi della produzione di biogas da digestione anaerobica devono poter generare sempre un flusso di cassa tale da ripagare il proprio lavoro e l'investimento (comprensivo di tutte le opere accessorie e adeguamenti) sostenuto per la realizzazione dell'impianto. Invece, accade spesso che l'analisi dell'investimento venga condotta esclusivamente sul preventivo delle opere elettromeccaniche e civili fornite

dal costruttore dell'impianto, senza considerare quanto necessario a monte e a valle dello stesso.

Vista l'attenzione crescente a questa tematica, il CRPA ha realizzato un **software di supporto** all'assistenza tecnica per gli operatori del sistema produttivo agricoltura e agroindustria, che permette di analizzare diversi scenari aziendali e, per mezzo dell'analisi economica classica, di arrivare a un **giudizio di fattibilità** sulla realizzazione di un impianto di digestione anaerobica.

Il modello di calcolo realizzato, denominato ADEcoTec DSS, consente di affrontare l'analisi di fattibilità e di analizzare tutti gli scenari verificabili nel proprio contesto aziendale. Questa possibilità dà un elemento di forza per individuare le reali possibilità economiche dell'investimento a tutte le imprese agricole e ai tecnici che intendono affrontare la realizzazione di impianti di digestione anaerobica.

Lo strumento messo a punto da CRPA consente di affrontare tutti i principali temi necessari per l'analisi di fattibilità:

- il dimensionamento del digestore e dei relativi accessori tecnologici di gestione e controllo;
- le modalità di conversione energetica;
- l'analisi finanziaria dell'investimento.

Il **dimensionamento del digestore** è il primo elemento da cui si deve partire perché da questo dipendono le rese in biogas e i principali costi delle opere edili. Per la sua stima devono essere considerate:

- la disponibilità complessiva e temporale delle biomasse;
- la qualità delle biomasse e la loro gestione (stoccaggi e manodopera per il carico/scarico);
- il tipo di processo: livello di temperatura, tipo di miscelazione, necessità di ricircolo, eventuali pretrattamenti...

Una volta arrivati alla produzione del biogas, l'attenzione va posta sulla **conversione energetica**:

- la quantità e la qualità del biogas prodotto;
- il tempo di funzionamento del cogeneratore;
- il rendimento elettrico e termico del cogeneratore;
- l'affidabilità di funzionamento del sistema;
- connessioni alla rete elettrica.

Dall'analisi degli investimenti, infine, non deve mancare l'attenzione alla **gestione del digestato**:

- trattamento eventuale di separazione solido-liquido e/o riduzione del contenuto di azoto;
- stoccaggi;
- utilizzazione agronomica e compatibilità con le esigenze colturali aziendali.

Ultimo passo è l'**analisi finanziaria**, ovvero la definizione contabile di tutte le voci, attive e passive, del flusso di cassa. Normalmente le **voci passive** da considerare sono:

- la manutenzione ordinaria del cogeneratore;
- la produzione o il conferimento di matrici organiche;
- la manodopera relativa alla gestione delle biomasse vegetali;
- la manodopera per la gestione ordinaria dell'impianto;
- la manutenzione ordinaria e quella straordinaria delle attrezzature;
- l'assistenza tecnica biologica esterna;
- gli imprevisti e le spese generali.

Sono invece **voci attive**:

- la vendita di energia elettrica;
- la valorizzazione dell'energia autoconsumata;
- i certificati verdi;
- l'energia termica;
- gli eventuali ricavi da conferimenti.

Al termine di tutte queste valutazioni, l'analisi finanziaria permette di sintetizzare la **redditività** con alcuni indici di uso comune:

- il Tempo di ritorno (Investimento/Margine operativo lordo, ovvero la differenza fra ricavi e costi), che fornisce un'indicazione sintetica della bontà dell'investimento. Nel caso comprenda anche gli oneri finanziari si definisce Break Even Point;
- il Valore Attuale Netto (VAN), ovvero il valore attualizzato, scontato secondo il tasso di interesse e il tempo, dei redditi futuri al netto dell'investimento iniziale;
- il Tasso Interno di Rendimento (TIR), che rappresenta il principale indicatore di redditività ed esprime l'interesse al quale l'operazione remunera la somma investita.



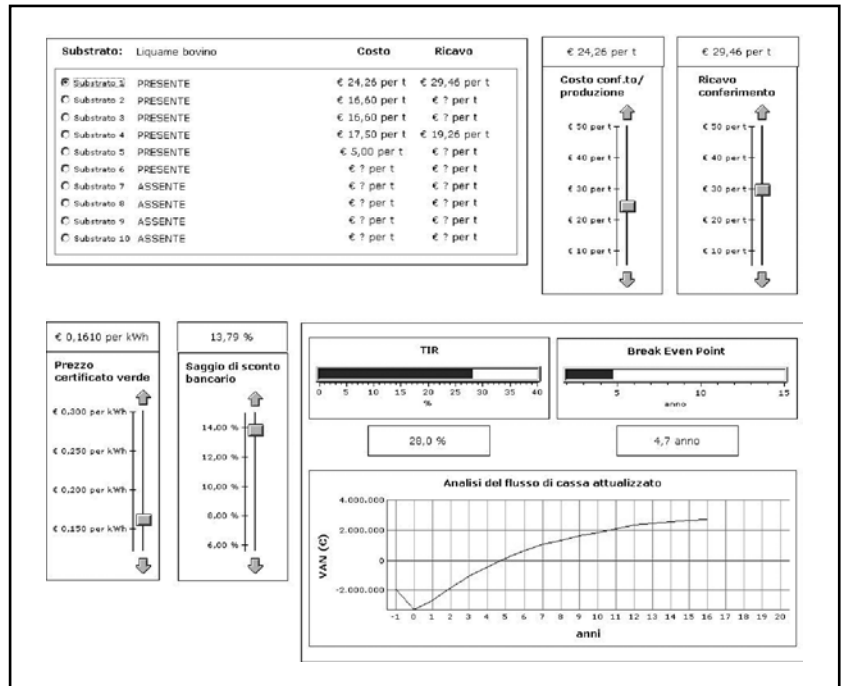
# ANALISI DELLA FATTIBILITÀ E DELLA REDDITIVITÀ DEGLI IMPIANTI DI BIOGAS CON IL MODELLO DI CALCOLO ADEcoTec DSS



Oltre ad essere uno strumento di calcolo guidato, ADEcoTec DSS è fornito anche di un archivio dati che va dalle caratteristiche qualitative delle diverse biomasse normalmente disponibili nel settore agro-zootecnico italiano fino ai rendimenti tecnologici delle diverse macchine e ai costi delle varie opere. Anche l'utente non specializzato in costruzione di impianti può quindi essere guidato per orientarsi in tutti quei campi nei quali potrebbe avere difficoltà a reperire informazioni.

Non ultimo, il modello analizza le **quantità** e le **caratteristiche fisico-chimiche del digestato** prodotto, fornendo le informazioni necessarie all'utente per la successiva gestione.

Lo strumento di calcolo consente di effettuare, infine, anche l'**analisi di sensitività**, ovvero la variazione della redditività dell'investimento, sulla base dei principali fattori economici: costo delle matrici, saggio di sconto bancario, prezzo dei certificati verdi, quota di incentivo in conto capitale ecc. L'utente non deve fare altro che modificare il valore della variabile e il modello ricalcola automaticamente tutti gli indici finanziari collegati.



**Dettaglio della pagina del modello di calcolo utilizzabile per l'analisi di sensitività della redditività in base alla variazione dei principali parametri di costo**

Ulteriori informazioni sulla fruibilità del modello di calcolo sono disponibili sul sito [www.crupa.it](http://www.crupa.it) nella sezione dedicata ai software e ai servizi informatici sviluppati o distribuiti dal CRPA.

Di seguito viene illustrato un tipico grafico del VAN.

Si suppone che all'anno -1, ovvero un anno prima dell'avvio della produzione, si inizi la costruzione e che il pagamento avvenga integralmente al collaudo (anno 0). In questo punto il VAN è pari al suo valore minimo. Dall'avvio dell'impianto iniziano a fluire i primi benefici relativi alla vendita dell'energia elettrica prodotta, che permettono di incrementare il valore del VAN.

Il secondo punto fondamentale della curva è l'intersezione con l'asse delle ascisse. Questo rappresenta il pareggio dei margini di utile con l'investimento, ovvero il Break Even Point, in sostanza il tempo di ritorno. Da questo punto in poi gli importi rappresentano il profitto dell'investimento.

## Esempio di calcolo e rappresentazione del VAN con ADEcoTec DSS

