NewCoGeneration

Milano - 28 October 2014

PROJECT REPORT

REFERENCE

TITOLO:
BIOGAS URBANO

Internal document

PROJECT CYCLE MANAGEMENT

Abstract

Il settore della gestione e trattamento del rifiuto è in forte crescita in Europa e nel resto del Mondo.

La sostenibilità di un sistema paese che consuma beni non può prescindere dalla capacità di saper riciclare i sottoprodotti di scarto, solo così si crea un'ulteriore valore aggiunto al ciclo vitale dei prodotti.

In questo documento s'intende valutare a 360° l'applicazione d'impianti di smaltimento virtuoso di rifiuti organici producendo Energia 100% Rinnovabile.

Il sistema previsto è alimentato da scarti organici e permette con le dimensioni contenute di ottenere una versatilità ed una modularità d'impianto imparagonabili.

Il sistema permette di avere tre effetti utili contemporaneamente:
- Smaltimento del rifiuto organico
- Produzione di energia rinnovabile
-Il sottoprodotto del processo è altresì valorizzabile come fertilizzante agricolo

Vengono esaminate tutte le tecnologie prese in considerazione nell'impianto in modo da fornire al lettore gli strumenti per garantirgli una migliore comprensione del documento.

Il progetto s'inserisce in un contesto di sviluppo economico e sociale di quelle zone dove non è presente una sostenibile filiera di trattamento e gestione dei rifiuti.

I beneficiari raggiunti non si limitano al mero investitore ma sono una molteplicità a tutti i livelli della piramide sociale.

L'ambiente è considerato come primo protagonista diretto e contribuire a migliorarlo è lo stimolo di tutto il progetto.

Questo è quello che per noi è lo S**viluppo Sostenibile**!

PROJECT CYCLE MANAGEMENT.

SECTION 1 General Description of the Subaction 4

1.Concept Note 4

Relevance of the Action 4

Description of the Action and the sub action 6

Sustainability of the Action 8

2. summary of the Sub-Action (your contribution) 10

Biogas Urbano 10

Location 10

Objectives of the Sub-Action 10

Expected results 10

Target group and beneficiaries 10

Duration of the Sub-Action (estimated) 11

Costs of the Sub-Action (estimated) 11

SECTION 2 Identification and Formulation Phase 12

3. Analysis 12

Stakeholder Analysis 12

Problem Analysis 15

Objective Analysis 17

Strategy analysis 19

4. Planning 20

Logical Framework 20

Activity Scheduling 21

5. Pre-feasibility study for the Technical solution 24

Technical evalutation 24

6. Focus tecnologie 28

Biogas 28

La possibilità del biometano 52

Cogenerazione 59

Bibliography 65

SECTION 1 GENERAL DESCRIPTION OF THE SUBACTION

1.CONCEPT NOTE

Relevance of the Action

Il contesto storico-geografico

Il Medio Oriente comprende i paesi che vanno dal Mediterraneo alla Valle dell'Indo e si divide in tre zone morfologiche: la regione turco-iraniana, la Penisola Arabica e la Mesopotamia. La regione turco-iraniana è costituita da vasti altopiani che giungono fino ai 1000\1500 metri d'altezza circondati da aspre barriere montuose. La Penisola Arabica è un gigantesco tavolato inclinato da ovest verso est. Tutte le coste di questo territorio sono caratterizzate da catene montuose che cadono a picco sul mare tranne quelle che affacciano sul Golfo Persico che sono basse e sabbiose. La Mesopotamia è una fascia pianeggiante fra il Tigri e l'Eufrate che l'hanno formata con i loro detriti. Il Vicino Oriente è dominato da un clima arido, con inverni freddi ed estati molto calde. Infatti, quasi tutto il territorio, presenta deserti e immense distese steppiche. Pertanto l'idrografia è molto scarsa e gli unici fiumi quasi sempre abbondanti di acque, sono il Tigri e l'Eufrate, che sorgono dalle montagne nevose della Turchia, ed il Giordano che nasce dalle montagne del Libano. L'unico territorio favorevole all'agricoltura di questa zona è la "mezzaluna fertile". Per la sua importanza, in questo luogo, si sono succeduti diversi popoli che hanno segnato la storia dell'umanità.

Il Medio Oriente complessivamente ha una densità di popolazione molto bassa che non arriva ai 32 abitanti al chilometro quadrato. Questa popolazione però si concentra solo in poche zone: la Turchia Occidentale, le coste del Mediterraneo, del Mar Rosso e del Mar Caspio e la Mesopotamia. Nel resto del territorio, l'insediamento è molto frazionato come lo è anche l'agricoltura che si limita solo alle piccole oasi e alle zone dove è possibile ricavare l'acqua dal sottosuolo. In questi territori sono presenti molti gruppi di nomadi che sono organizzati in tribù con una struttura sociale di tipo gerarchico.

I nomadi più conosciuti sono i Beduini, un popolo fiero e bellicoso che disdegna ogni legame stabile con la terra ferma. Le attività principali per questi popoli sono l'agricoltura e l'allevamento. Data la scarsa e irregolare idrografia, l'agricoltura si basa sulla coltivazione dei cereali. Invece, nella Mesopotamia, sono presenti vari tipi di agricoltura: palme da datteri, agrumi e caffè.

Il Medio Oriente è ricco di riserve di petrolio e di gas. Le sue riserve petrolifere ammontano a 1\3 di quelle mondiali.

Nei territori la maggior parte della popolazione vive in villaggi o in piccoli centri. Le città più caratteristiche sorgono lungo gli itinerari del traffico carovaniero che attraversano gli altopiani dell'Iran e della Mezzaluna fertile. Queste strade prendono il nome dalla principale merce che veniva trasportata su di esse. Altre

città importanti sono le città Sante, cioè le località sacre dei musulmani. La più importante di esse è La Mecca, principale centro religioso del mondo islamico. Altre città Sante per i musulmani sono Medina e Gidda. Infine, altre città sono nate in pieno deserto.

Focus sulla zona della Penisola Arabica
La penisola arabica (2.800.000 km^2) è situata nella parte sudoccidentale dell'Asia. Comprende i territori di Arabia Saudita, Kuwait, Qatar, Bahrain, Emirati Arabi Uniti, Oman e Yemen. A ovest è bagnata dal Mar Rosso, a Sud dal Golfo di Aden e dall'Oceano Indiano; a Est dal Golfo di ʿOman e dal Golfo Persico.

Morfologia
È costituita da un grande tavolato il cui basamento è formato da scisti cristallini e graniti, ricoperti da formazioni arenacee e calcaree. Il tavolato è inclinato da SudOvest a NordEst, verso la Mesopotamia e la depressione del Golfo Persico. A Ovest termina con un'alta scarpata sopra la fossa del Mar Rosso; qui sorgono i rilievi più alti, nel Hegiaz (Gebel Dabbagh, 2.347 m) e nello Yemen (Gebel Manar, 3.188 m). La pianura litoranea (Tihamah) è larga in media 30-40 km e orlata di scogliere coralline ed isole. Il margine occidentale dell'altopiano (nell'antichità chiamato Arabia Felice nella parte meridionale) è fra le zone più fertili e abitate, mentre la parte centrale dell'altopiano è arida e spopolata. Il centro della P.A. è costituito dall'altopiano del Neged; a Nord si stende il deserto sabbioso del Gran Nafud. La parte meridionale è una zona desertica quasi priva di oasi, ar-Rub al-Khali. La costa sul Golfo Persico è in genere piatta e stepposa.

Clima
La Penisola Arabica è fra le regioni più calde del mondo (la media annuale ad Aden è 27,8 °C; a Gidda 27,1 °C). Nelle zone costiere l'aria è umida, ma la pioggia può mancare per vari anni e non oltrepassa mai i 200 mm annui. Nelle aree montuose il clima è più fresco e sui rilievi maggiori compare la neve; le piogge sono tuttavia scarse a Nord del 16° di latitudine, più copiose a Sud (450 mm l'anno a Sana). Sull'altopiano centrale il clima è molto secco, con forti escursioni sia annuali sia giornaliere.

Description of the Action and the sub action

Da Scarto a Risorsa

Il progetto si inserisce in un contesto di sviluppo economico/sociale delle aree urbanizzate e in via di urbanizzazione, esso si basa sulla valorizzazione della FORSU, acronimo di Frazione Organica Rifiuto Solido Urbano, quali ad esempio gli scarti delle filiere di trasformazione alimentare, "l'umido" proveniente dalla raccolta differenziata e gli effluenti umani ed animali.

Di seguito viene riportato l'elenco di sottoprodotti organici avviabili al processo secondo la normativa italiana:

Sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano (reg. Ce 1069/2009)

- Classificati di categoria 1
    - Sottoprodotti provenienti da attività agricola, di allevamento, dalla gestione del verde e da attività forestale: effluenti zootecnici, paglia, pula, stocchi, fieni e trucioli da lettiera, residui di campo delle aziende agricole, sottoprodotti derivati dall'espianto, sottoprodotti derivati dalla lavorazione dei prodotti forestali, sottoprodotti derivati dalla gestione del bosco, potature, ramaglie e residui dalla manutenzione del verde pubblico e privato.
    - Sottoprodotti provenienti da attività alimentari e agroindustriali
    - Sottoprodotti della trasformazione del pomodoro (buccette, bacche fuori misura, ecc.);
    - Sottoprodotti della lavorazione dei cereali (farinaccio, farinetta, crusca, tritello, glutine, amido, semi spezzati, ecc.);
    - Sottoprodotti della trasformazione delle olive (sanse, sanse di oliva disoleata, acque di vegetazione);
    - Sottoprodotti della lavorazione di frutti e semi oleosi (panelli di germe di granoturco, lino, vinacciolo, ecc.);
    - Sottoprodotti della trasformazione dell'uva (vinacce, graspi, ecc.);
    - Panello di spremitura di alga;
    - Sottoprodotti della trasformazione della frutta (condizionamento, sbucciatura, detorsolatura, pastazzo di agrumi, spremitura di pere, mele, pesche, noccioli, gusci, ecc.);
    - Sottoprodotti dell'industria della panificazione, della pasta alimentare, dell'industria dolciaria (sfridi di pasta, biscotti, altri prodotti da forno, ecc.);
    - Sottoprodotti della trasformazione di ortaggi vari (condizionamento, sbucciatura,confezionamento, ecc.);
    - Sottoprodotti della torrefazione del caffè;
    - Sottoprodotti della trasformazione delle barbabietole da zucchero (borlande, melasso, polpe di bietola esauste essiccate, suppressate fresche, soppressate, insilate, ecc.);

    - Sottoprodotti della lavorazione della birra;
    - Sottoprodotti derivati dalla lavorazione del risone (farinaccio, pula, lolla, ecc.).
    - Sottoprodotti provenienti da attività industriali
    - Sottoprodotti della lavorazione del legno per la produzione di mobili e relativi componenti.
- Classificati di categoria 2
    - stallatico (escrementi e/o urina di animali, guano non mineralizzato, ecc.);
    - tubo digerente e suo contenuto;
    - farine di carne e d'ossa;
    - sottoprodotti di origine animale raccolti nell'ambito del trattamento delle acque reflue a norma delle misure di attuazione adottate conformemente all'articolo 27, primo comma, lettera c): da stabilimenti o impianti che trasformano materiali di categoria 2; o da macelli diversi da quelli disciplinati dall'articolo 8, lettera e).
- Classificati di categoria 3
    - carcasse e parti di animali macellati non destinati al consumo umano per motivi commerciali;
    - prodotti di origine animale o prodotti alimentari contenenti prodotti di origine animale non più destinati al consumo umano per motivi commerciali o a causa di problemi di fabbricazione o difetti che non presentano rischi per la salute pubblica o degli animali;
    - sottoprodotti di origine animale derivanti dalla fabbricazione di prodotti destinati al consumo umano, compresi ciccioli, fanghi da centrifuga o da separatore risultanti dalla lavorazione del latte;
    - sangue che non presenti alcun sintomo di malattie trasmissibili all'uomo o agli animali;
    - tessuto adiposo di animali che non presenti alcun sintomo di malattie trasmissibili all'uomo o agli animali;
    - rifiuti da cucina e ristorazione;
    - sottoprodotti di animali acquatici.

Essi sono tutti utilizzabili per produrre energia rinnovabile, la convenienza di avviare tali sottoprodotti di scarto alla valorizzazione energetica è motivata da:

- Produzione di energia 100% rinnovabile (poiché il bilancio dell'anidride carbonica è nullo);
- Valorizzazione della filiera di smaltimento e riduzione del suo impatto ambientale (invece di usare energia per smaltire se ne produce);
- Produzione come scarto di processo di un ottimo fertilizzante utilizzabile per fini agronomici;

La filiera di valorizzazione degli scarti organici in Europa è molto diffusa e sta continuando la sua crescita senza nessuna intenzione di rallentare.

Sustainability of the Action

La corretta pianificazione del progetto passa dall'analisi delle debolezze e dei rischi che si potrebbero incontrare lungo il percorso cercando di mitigarli, dove possibile. Riportiamo quindi un elenco delle categorie di rischio individuate e le possibili azioni per fronteggiarli.

Rischio tecnologico - Il rischio tecnologico è nullo prevedendo l'utilizzo di tecnologie ormai collaudate e distribuite commercialmente su larga scala.

Costruzione e Gestione- Per l'implementazione del progetto risulta fondamentale il reperimento dei componenti necessari alla realizzazione del sistema. Sono disponibili nei mercati locali i materiali per l'edilizia e i materiali di consumo per le attività impiantistiche quali tubazioni, valvole ed elementi di raccordo, per gli elementi più specifici la ricerca sarà estesa ai mercati esteri dove queste tecnologie sono maggiormente affermate. La barriera è quindi costituita dai costi di acquisto dei componenti (compresi i costi di spedizione). Fa parte di questa categoria di rischio anche la necessità di personale tecnico specializzato per la costruzione e la gestione del sistema. Sarà quindi nostro compito istruire a dovere gli addetti ai lavori e in questo caso la barriera è data dalla nostra capacità d'istruzione e dalla loro capacità di apprendimento.

Reperimento Capitali – Sicuramente questo è uno dei maggiori rischi in cui si può incorrere. Infatti, sebbene il progetto sostenga un'attività socialmente utile e con impatto ambientale positivo, le sue dimensioni contenute e la redditività, imparagonabile a quella dell'estrazione petrolifera, costituiscono una forte barriera nell'attrazione di capitali.

Exchange Rate- In un contesto estero la stabilità politica e finanziaria sono fondamentali per avere fluttuazioni del tasso di scambio limitate e prevedibili, ciò è necessario a garantire la correttezza delle stime trattate in tale documento, essendo l'analisi economica fatta in euro mentre l'acquisto dei componenti e la maggior parte delle spese sostenute nella valuta locale, quindi ci potrebbero essere delle incongruenze tra i calcoli in fase di progettazione e gli esborsi effettivi del finanziatore del progetto in caso di cambiamento repentino della stabilità socio-economica che potrebbe provocare instabilità dei tassi di cambio internazionali.

Domanda di mercato per I prodotti- Questa non costituisce una vera è propria categoria di rischio in quanto la domanda di alimentari supera di gran lunga l'offerta.

Legislativo- Questa è la nota dolente del progetto poiché non esiste nessun tipo di agevolazione/incentivazione per questo genere di attività ad impatto ambientale positivo. Da qui scaturiscono le maggiori difficoltà nel riuscire a garantire stabilità economica a questo genere di imprese.

Country risk- Sono fortemente legati alla stabilità politica del paese in cui verrà attuato il progetto, si rimanda ad un'analisi più specifica.

Disponibilità delle risorse – Sicuramente fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi prefissati è la capacità di riuscire a reperire una quantità sufficiente di input produttivo, che in questo caso si riduce ad essere la materia prima gas metano e l'approvvigionamento di acqua salata idoneo a produrre la quantità di acqua dissalata necessaria al sostentamento dei totali consumi idrici dell'azienda agricola.

Per quanto riguarda l'influenza sul progetto dei fattori esogeni, come ad esempio la stabilità politica del paese, le nostre possibilità di mitigazione dei rischi sono piuttosto limitate mentre possiamo cercare di agire in maniera efficace sui rischi di fallimento legati alle dinamiche interne o comunque strettamente correlati all'attività produttiva.
Sicuramente la ricerca nei mercati asiatici dei componenti non disponibili nei mercati locali consentirebbe di ridurre i costi di investimento consentendo inoltre una più facile attrazione dei capitali necessari alla realizzazione del progetto.
Altro aspetto critico, come detto, è costituito dalla capacità di reperire una quantità sufficiente di input produttivo. In questo caso si potrebbe agire in partenariato con le istituzioni al fine di garantire l'accesso alla materia prima gas ai territori interessati con la costruzione di una rete capillare di distribuzione e la possibilità di costruzione di canalizzazioni dell'acqua di mare per garantire la disponibilità d'acqua da dissalare anche in territori più interni e lontani da quelli costieri.

2. SUMMARY OF THE SUB-ACTION (YOUR CONTRIBUTION)

Title

Biogas Urbano

Location

Aree urbanizzate o in via di urbanizzazione

Objectives of the Sub-Action

L'obbiettivo principale del nostro progetto è fornire un'opportunità di business completamente sostenibile per la produzione di energia 100% rinnovabile, sia sul piano economico che a livello socio/ambientale.

Expected results

I risultati attesi dall'implementazione di tali progetti sono:
- Produzione di energia 100% rinnovabile;
- Valorizzazione completa della filiera di smaltimento;
- Utilizzo di carburante gratuito (anzi nella maggior parte dei casi si riceve anche un compenso per lo smaltimento);
- Creazione di posti di lavoro;
- Produzione di fertilizzante per scopi agronomici.

Target group and beneficiaries

L'obiettivo centrale progetto, come appena detto, permettere una moderna, conveniente ed ecologica modalità produttiva energia 100% rinnovabile in piccola taglia tale da permettere un utilizzo diffuso della tecnologia.
Si ha quindi un vastissimo bacino di utenze asservibili e la modularità degli impianti garantisce un'enorme flessibilità del sistema grazie alla possibilità di affiancare due o più unità, operazione fattibile anche in un secondo momento.
I beneficiari di tale progetto dunque sono:
- il finanziatore che investe in un progetto vantaggioso e sostenibile
- il gestore degli impianti che remunera la propria produzione di energai 100% rinnovabile
- le utenze asservite di energia 100% rinnovabile
- gli occupati diretti negli impianti di produzione
- gli operatori indiretti nella filiera di gestione del rifiuto
- le società cantieristiche ed impiantistiche coinvolte nella costruzione degli impianti

Duration of the Sub-Action (estimated)

La durata dell'attività principale di costruzione dell'impianto pilota può essere interpretata con la vera durata del progetto.
Abbiamo stimato in 24 mesi, circa, l'effettiva tempistica per i lavori di progettazione e della definitiva costruzione dell'impianto, si considera poi una vita utile dell'impianto di almeno 20 anni che con una corretta manutenzione ed aggiornamento delle tecnologie nonché un attento controllo del processo può essere ulteriormente allungata a piacimento.

Description of specific operation

In questo documento s'intende valutare la fattibilità di un impianto per la produzione di energia 100% rinnovabile alimentabile da sottoprodotti organici (vedi elenco precedente).

SECTION 2 IDENTIFICATION AND FORMULATION PHASE

3. ANALYSIS

Stakeholder Analysis

Gli stakeholders, o portatori d'interesse, rappresentano una molteplicità complessa e variegata di "soggetti portatori d'interesse della comunità"; possono essere suddivise in tre macro categorie:
a) **istituzioni pubbliche**: enti locali territoriali (Regioni, Province, Comuni, etc.), agenzie funzionali (consorzi, camere di commercio, aziende sanitarie, agenzie ambientali, università, etc.), aziende controllate e partecipate;
b) **gruppi organizzati**: gruppi di pressione (sindacati, associazioni di categoria, mass media), associazioni territoriali (associazioni ambientali, culturali, sociali);
c) **gruppi non organizzati**: cittadini e collettività (l'insieme dei cittadini componenti la comunità
locale).
L'individuazione e l'analisi di tutti i portatori d'interesse è una fase delicata poiché alcuni di essi possono non essere immediatamente evidenti e quindi esclusi dalla programmazione.

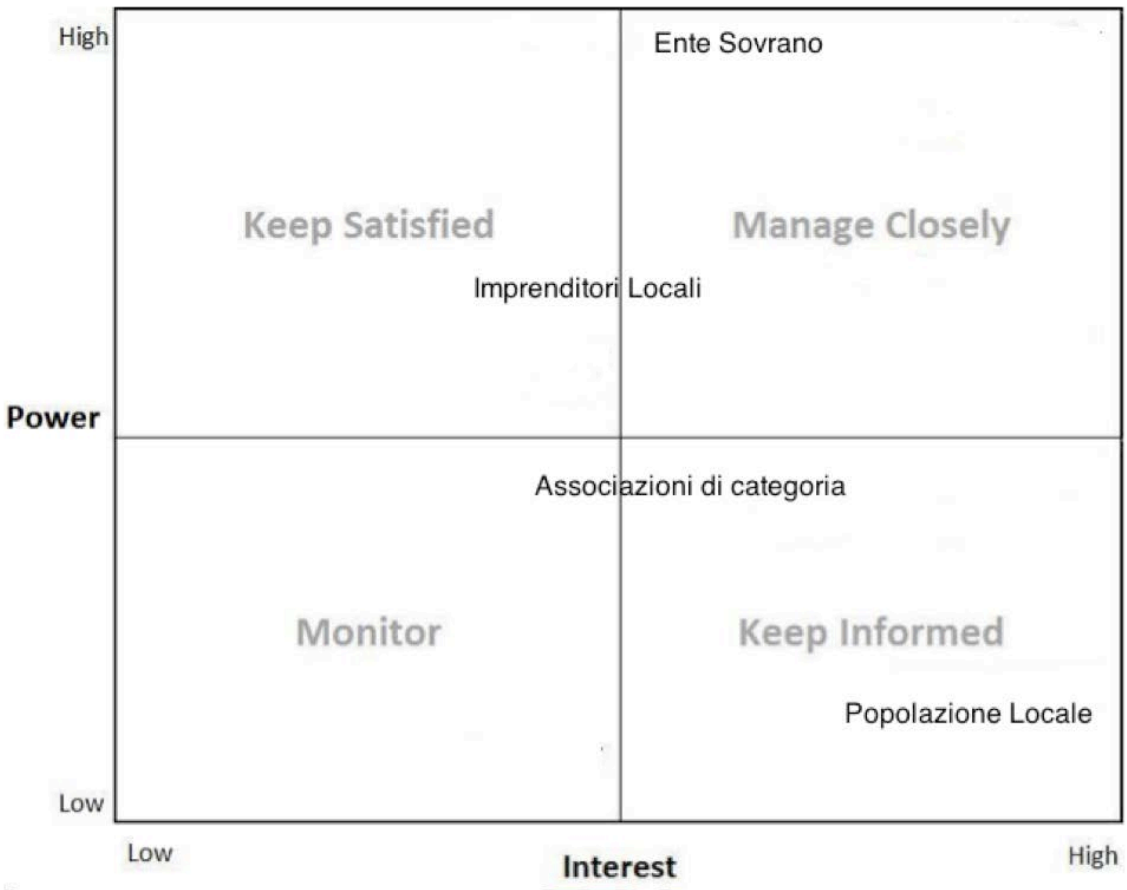
Le caratteristiche principali della comunità, da tener conto nella ricerca delle strategie per la soluzione dei problemi, vengono identificate attraverso l'applicazione dei seguenti strumenti:

- Matrice di classificazione degli stakeholders;
- Matrice interesse/potere.

La matrice di classificazione degli stakeholders:

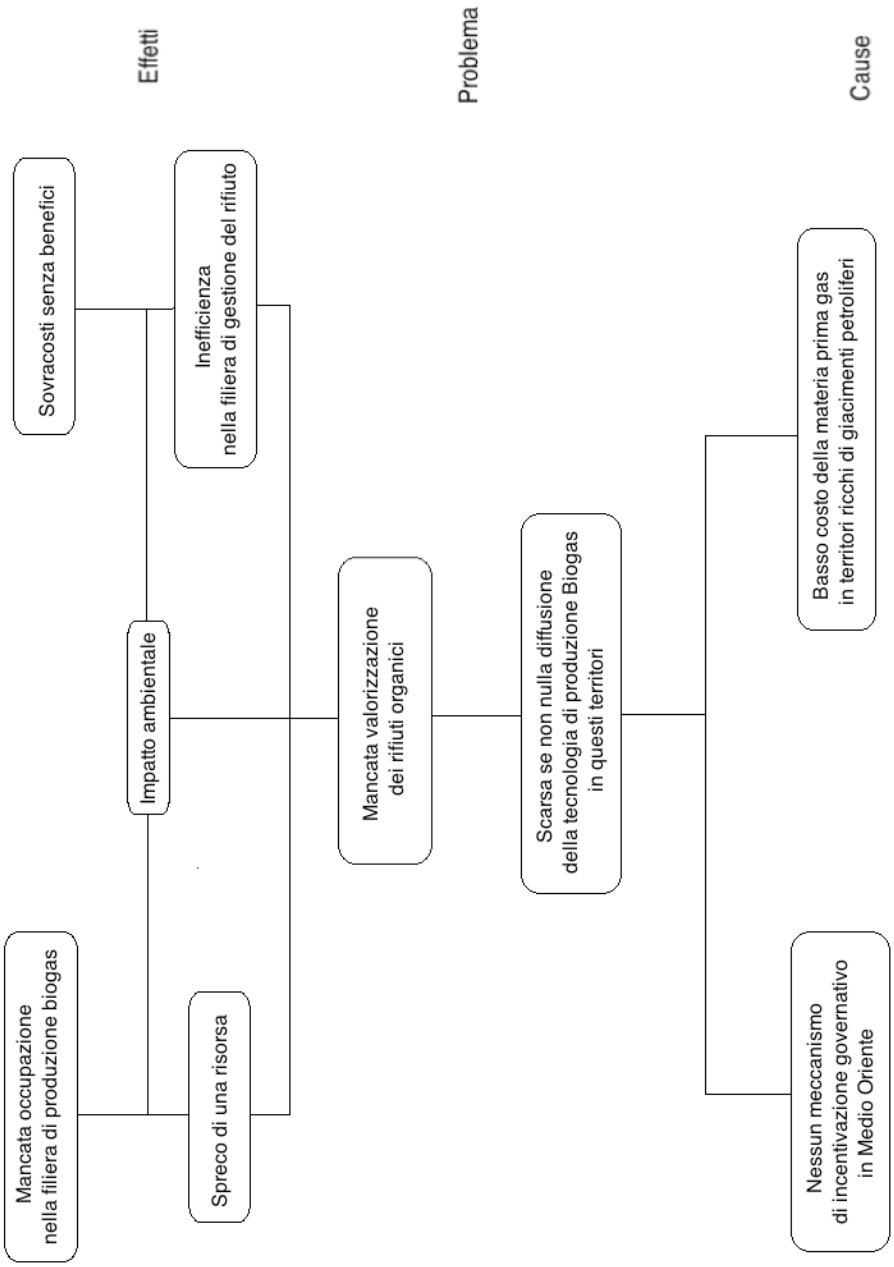
STAKEHOLDERS	INTERESSI DEGLI STAKEHOLDERS E COME SONO TOCCATI DAL PROBLEMA	CAPACITÁ E MOTIVAZIONE DEGLI STAKEHOLDERS PER CONTRIBUIRE AL CAMBIAMENTO	POSSIBILI AZIONI DA INTRAPRENDERE PER INDIRIZZARE GLI INTERESSI DEGLI STAKEHOLDERS
Ente Sovrano	Sviluppo sostenibile	Eventuale incentivazione dei progetti Concessione autorizzazioni e gestione burocratica	Coordinare i mezzi e gli strumenti necessari all'avvio del progetto e alla sua realizzazione.
Aziende locali	Sostenere la propria attività.	Possibilità di ottenere energia certificata 100% rinnovabile.	Informative sulla moderna tecnologia di produzione.
Associazioni di categoria	Coadiuvare i rapporti tra popolazione (lavoratori) ed ente sovrano	Linea diretta con i lavoratori, capacità di mediazione	Formare i rappresentanti dell'associazioni e fare corsi di sensibilizzazione alla popolazione
Popolazione	Migliorare la propria condizione economica (lavoro stabile/redditizio)	Nessun tipo di capacità tecnica ma forte spirito di intraprendenza legato all'istinto di sopravvivenza	Fornire le conoscenze tecniche e istruire sulle possibilità dell'impiego nel settore dpotabilizzazione

La matrice potere/interesse:



Problem Analysis

L’albero dei problemi serve a fornire una rappresentazione d’insieme del contesto in cui andremo ad operare. Il rapporto causa-effetto è il concetto che sta alla base della stesura dell’albero.
Le cause e gli effetti sono stati disposti su più livelli, a seconda della loro rilevanza.


Effetti
Problema
Cause
Sovracosti senza benefici
Inefficienza
nella filiera di gestione del rifiuto
Impatto ambientale
Mancata occupazione
nella filiera di produzione biogas
Spreco di una risorsa
Mancata valorizzazione
dei rifiuti organici
Scarsa se non nulla diffusione
della tecnologia di produzione Biogas
in questi territori
Basso costo della materia prima gas
in territori ricchi di giacimenti petroliferi
Nessun meccanismo
di incentivazione governativo
in Medio Oriente

Objective Analysis

Alla rappresentazione grafica dei problemi corrisponde una simmetrica **rappresentazione grafica degli obiettivi**.
L'obiettivo è di ribaltare l'odierna situazione di scarsa diffusione di microimpianti di dissalazione abbattendone il costo specifico come priorità.

Creazione occupazione nella filiera di produzione biogas
Costi smaltimento completamente valorizzati
Diminuzione dell'impatto ambientale
Obbiettivi generali
Utilizzo di una risorsa che altrimenti avrebbe un costo per il suo smaltimento (sia economico che ambientale)
Efficientamento della filiera di gestione del rifiuto
Valorizzazione dei rifiuti organici
Obbiettivo specifico
Diffusione della tecnologia di produzione Biogas in questi territori
Creazione meccanismi di incentivazione governativi
Consapevolezza che la risorsa petrolifera sia meglio preservarla per il futuro (quando il suo valore sarà ancora maggiore) sfruttando l'energie alternative
Risultati

Strategy analysis

Dopo aver analizzato il contesto operativo abbiamo deciso di focalizzare lo sviluppo del progetto sulla parte prettamente tecnica, visto anche il nostro background professionale.
La tipologia di impianto scelta per il progetto risponde ai criteri di :
Semplicità , poiché il personale benché formato non potrà essere altamente specializzato;
Economicità (a livello di rapporto costo/beneficio), date le dimensioni ed il conseguente giro d'affari dell'attività produttiva;
Sostenibilità, poiché si ha la completa valorizzazione dell'energia con il recupero degli sprechi termici.
Ci preoccuperemo inoltre di fornire agli addetti ai lavori le conoscenze tecniche necessarie e di formare culturalmente la popolazione locale in modo da poter contribuire alla promozione di queste iniziative ecosostenibili.

4. PLANNING

Logical Framework

	Intervention Logic	Indicators	Source of verification	Assumption
Overall Objective	Costo smaltimento completamente valorizzato	#%aumento quantità produzione di energia 100% rinnovabile	#reports ogni fine anno da un istituto statistico	#agevolazioni istituzionali e per l'impiego di personale nel settore
Overall Objective	Diminuzione dell'impatto ambientale	#%CO2 evitata	#report autorità competente tutela ambientale	#corretta e gestione dei nuovi impianti
Specific Objective	Valorizzazione dei rifiuti organici	#%rifiuti organici avviata alla produzione biogas	#storico quantità avviate al processo	#costante e diligente gestione dei processi nel lungo periodo
Expected Results	Diffusione degli impianti di produzione biogas	#%aumento impianti	#rreport autorità competente	#sensibilizzazione sul tema

Activity scheduling

Activities	Means	Cost	Preconditions
1.1)Analisi area specifica d'interesse	#Personale locale #Staff italiano #Strutture di supporto #Materiale didattico e di cancelleria	#Report mensile autorità locale #Report tecnico mensile #Report economico-finanziario mensile Costi: Logistici e costo specifico personale e staff internazionale Beneficiari: Popolazione locale	#Concessione strutture di supporto #Capacità nell'attirare interesse nella popolazione locale #Attività di sensibilizzazione correttamente pianificata
1.2)Organizzazione seminari di sensibilizzazione della popolazione e tecnici per i futuri operatori			
1.3)Diffusione della cultura dell'economia sostenibile, circolare e diffusa			
2.1)Pianificazione in accordo con il finanziatore della geolocalizzazione e del layout dell'opera	#Personale locale #Staff italiano per acquisizione dati tecnici	#Report tecnico #Report economico/finanziario #Report monitorativo mensile Costi: da preventivo impianto e logistici Beneficiari: finanziatore del progetto, operatori locali, gestore dell'impianto	#Continuità e costanza dell'appoggio tra le parti #Appropriata pianificazione di tutte le fasi di sviluppo del progetto
2.2)Progettazione finale d'impianto	#Made in Italy		
2.3)Approvigionamento dei materiali	#Fornitori globali		
2.4)Opere di cantiere	#Operatori specializzati italiani #Operatori locali opportunamente formati		
2.5)Fase di avviamento e messa a regime dell'impianto			
2.6)Dismissione cantiere			

Activities	Means	Cost	Preconditions
3.1)Inizio e supervisione dell'attività produttiva	#Personale locale #Coordinazione con staff italiano	#Report mensile autorità locale #Report tecnico mensile #Report economico-finanziario mensile Costi: Logistici e costo specifico personale e staff internazionale Beneficiari: lavoranti e collaboratori dell'attività	#Corretta pianificazione e gestione dei corsi di formazione e di aggiornamento #Interesse degli operatori
3.2)Organizzazione visite didattiche all'attività per scuole e popolazione	#Personale locale #Coordinazione con staff italiano	#Creazione percorsi didattici e formativi anche interattivi Costi: Logistici e costo specifico personale e staff internazionale Beneficiari: Popolazione locale	#Capacità nell'attirare interesse nella popolazione locale #Attività di sensibilizzazione correttamente pianificata

		Year 1												Year 2											
		Quarter 1			Quarter 2			Quarter 3			Quarter 4			Quarter 5			Quarter 6			Quarter 7			Quarter 8		
Activities	Implementing body	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.1)Analisi area specifica d'interesse	Newcogeneration e operatori locali																								
1.2)Organizzazione seminari di sensibilizzazione della popolazione e tecnici per i futuri operatori	Operatori locali e Newcogeneration																								
1.3)Diffusione della cultura economica circolare e sostenibile e sua possibile valorizzazione a livello istituzionale	Operatori locali e Newcogeneration																								
2.1)Pianificazione in accordo con il finanziatore della geolocalizzazione e del layout dell'opera	Newcogeneration																								
2.2)Progettazione finale d'impianto	Newcogeneration																								
2.3)Approvigionamento dei materiali	Newcogeneration																								
2.4)Opere di cantiere	Newcogeneration e operatori locali																								
2.5)Fase di avviamento e messa a regime dell'impianto (no impianto a biogas)	Newcogeneration e operatori locali																								
2.6)Dismissione cantiere	Newcogeneration e operatori locali																								
3.1)Inizio e supervisione dell'attività produttiva e corsi didattici sulla buona pratica	Newcogeneration e operatori locali																								
3.2)Organizzazione visite didattiche all'attività per scuole e popolazione	Operatori locali e Newcogeneration																								

Ing. Marco Artesi

Date 08/10/2014

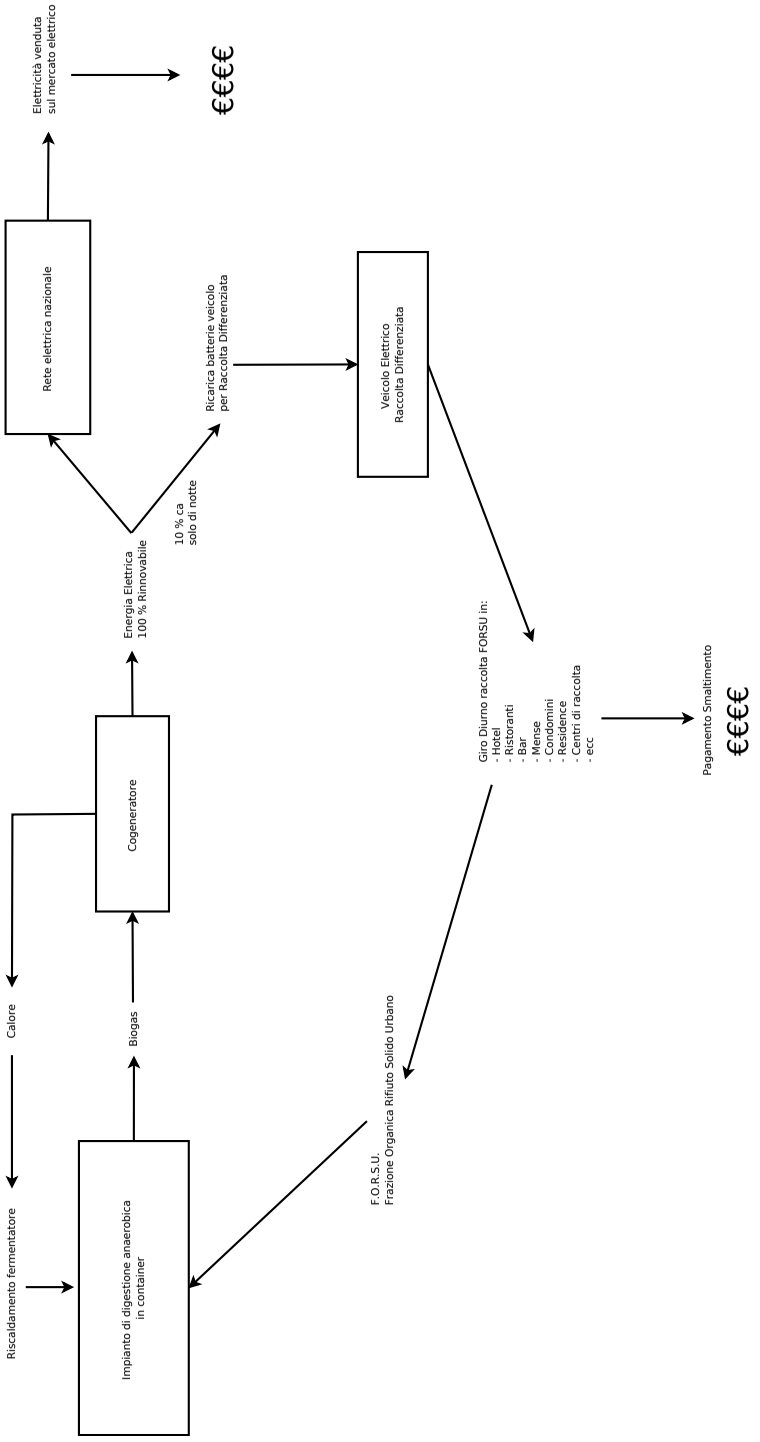
Author

5. PRE-FEASIBILITY STUDY FOR THE TECHNICAL SOLUTION

L'obiettivo del progetto è analizzare la fattibilità di un impianto di produzione biogas e relativo sistema di valorizzazione atto a produrre energia elettrica 100%rinnovabile, il nostro obiettivo è quello di ridurre al minimo i costi d'investimento ma soprattutto abbattere l'onere operativo prevedendo un'elevata efficienza ed automazione del sistema.
Tale processo di analisi è replicabile, essendo la tecnologia modulare, in scala su qualunque taglia d'impianto si preferisca.

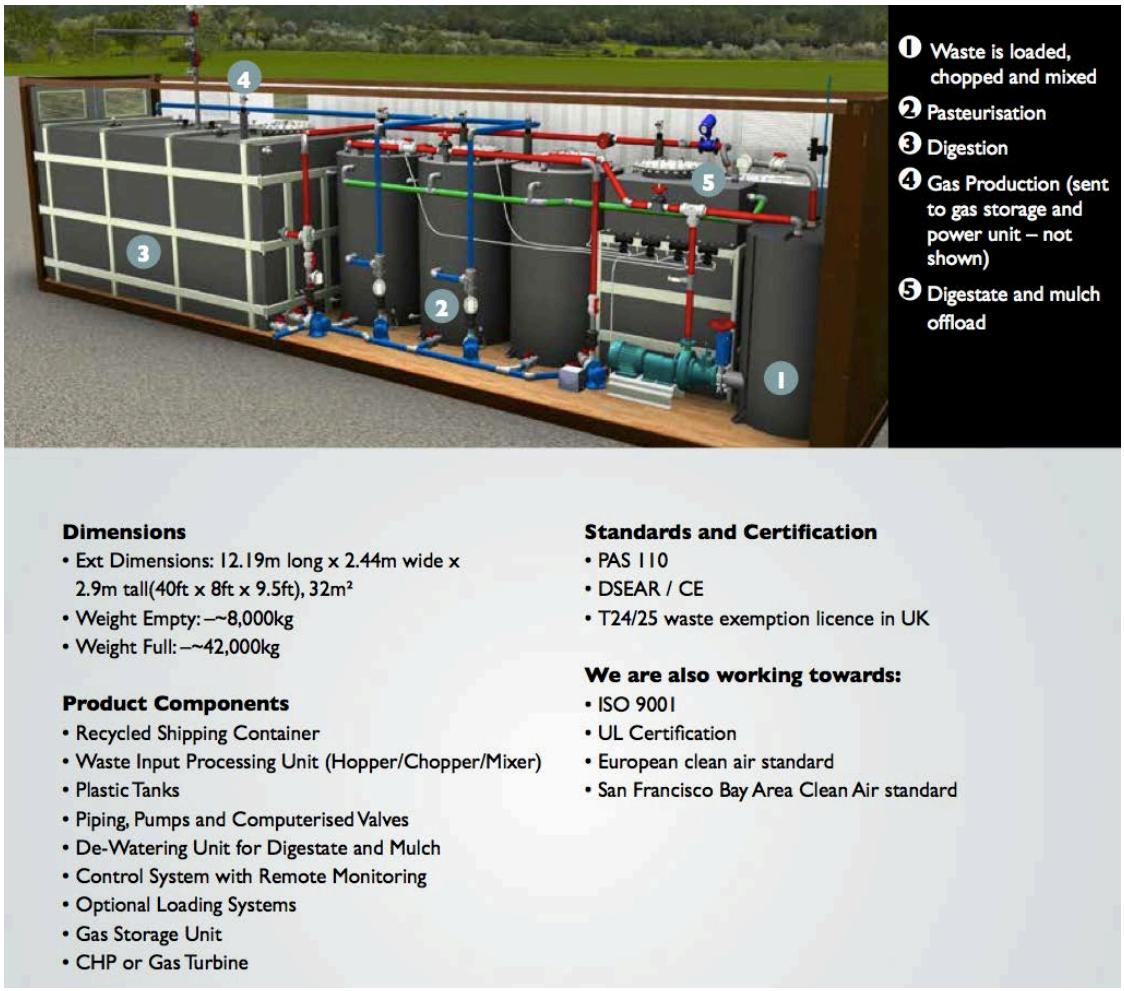
Technical evalutation

Gli aspetti analizzati sono di natura prettamente tecnica e riguardano il dimensionamento del sistema e l'integrazione delle varie tecnologie atte a costituire l'impianto.
Partiamo, però, visualizzando un diagramma di flusso dell'intero sistema che stiamo per studiare:


Elettricità venduta
sul mercato elettrico
€€€€
Rete elettrica nazionale
Ricarica batterie veicolo
per Raccolta Differenziata
Veicolo Elettrico
Raccolta Differenziata
10 % ca
solo di notte
Energia Elettrica
100 % Rinnovabile
Giro Diurno raccolta FORSU in:
- Hotel
- Ristoranti
- Bar
- Mense
- Condomini
- Residence
- Centri di raccolta
- ecc
Pagamento Smaltimento
€€€€
Cogeneratore
Calore
Biogas
F.O.R.S.U.
Frazione Organica Rifiuto Solido Urbano
Riscaldamento fermentatore
Impianto di digestione anaerobica
in container

Esempio dimensionamento preliminare

L'esempio indicativo qui di seguito proposto essendo modulare può essere riprodotto in scala maggiore senza dover riprogettare l'intero impianto dunque è possibile l'ampliamento anche in un secondo momento.
La quantità organica trattata da questa tipologia d'impianti è tra le 200 e le 1'000 tonnellate l'anno.



Vengono ora analizzati macroscopicamente i costi dell'impianto

Voce	Costo
Impianto a biogas completo	300'000 €
Gruppo di cogenerazione	70'000 €
Trasporto, installazione e avviamento	80'000 €
Camioncino elettrico completo	50'000€
Totale	450'000 €

Per il computo metrico e un'analisi più dettagliata si rimanda ad un studio più specifico.
Non si è reputato idoneo procedere con un calcolo del tempo di ammortizzamento dell'investimento essendo pregiucato dalla mancanza di incentivazioni per questa tipologia d'impianti nelle aree prese in considerazione.
Nei paesi europei, dove sono presenti diffusamente meccanismi d'incentivazione per queste tecnologie, il tempo di rientro dell'investimento si attesta intorno al terzo anno.

Focus tecnologie

Biogas

I **biogas** sono una miscela di vari tipi di gas composti principalmente da metano, prodotti dalla fermentazione batterica in anaerobiosi (assenza di ossigeno) dei residui organici provenienti da residui vegetali o animali.

I residui utili possono avere più origini: scarti dell'agroindustria (trinciato di mais, sorgo o altre colture), dell'industria alimentare (farine di scarto o prodotti scaduti), dell'industria zootecnica (reflui degli animali o carcasse), si possono utilizzare anche colture appositamente coltivate allo scopo di essere raccolte e trinciate per produrre "biomassa", come mais, sorgo zuccherino, grano, bietole, attualmente sono in corso delle ricerche per l'utilizzo di alghe.

L'intero processo vede la decomposizione del materiale organico da parte di alcuni tipi di batteri, producendo anidride carbonica, idrogeno molecolare e metano (metanizzazione dei composti organici).

Tecnologie produttive

Il biogas si forma spontaneamente dalla fermentazione di materia organica. Le discariche di rifiuti urbani possono diventarne grandi produttori, visto che normalmente il 30–40% del rifiuto è appunto materiale organico, altre fonti principali potrebbero essere l'industria agricola o zootecnica; tale gas per essere utilizzabile ed ottenere un valore economico, prima deve essere captato ed accumulato in apposite strutture evitandone la dispersione nell'ambiente, per essere in seguito bruciato per produrre calore ed energia elettrica.

A titolo di esempio, da una discarica di circa 1’000’000 metri cubi che cresce di 60’000 m³ l'anno, si possono estrarre quasi 5,5 milioni di metri cubi di biogas l'anno (oltre 600 m³ ogni ora).

Sono state sviluppate tecnologie ed impianti specifici che, tramite l'utilizzo di batteri in appositi "fermentatori" chiusi (da non confondere con gassificatori che invece producono gas mediante la combustione), sono in grado di estrarre grandi quantità di biogas dai rifiuti organici urbani (preferibilmente da raccolte differenziate) e dal letame prodotto dagli allevamenti intensivi, o anche dai fanghi di depurazione e dai residui dell'agro-industria.

Gli impianti di biogas idonei al trattamento di matrici prevalentemente solide sono chiamati "a secco", perché non hanno bisogno di liquami per il loro funzionamento. In questo caso l'acqua necessaria al processo è legata all'umidità del materiale utilizzato per alimentare l'impianto. Il gas prodotto in questo processo (biogas) può essere utilizzato per la combustione in caldaie da riscaldamento o per produrre energia elettrica e/o calore; il biogas è formato prevalentemente da metano, pertanto con un necessario processo di depurazione e separazione di altri componenti (per esempio, anidride carbonica e zolfo), può essere usato come

biometano per autotrazione (auto e veicoli a metano). Quest'ultima applicazione ha trovato buon successo in Paesi dell'Europa centrale e settentrionale quali Svizzera, Germania, Svezia ecc., e in via sperimentale anche in Italia[2], costituendo una delle più concrete promesse nel campo della mobilità eco-sostenibile.

Esistono varie tipologie di impianti di produzione di biogas indirizzati a trattare matrici organiche differenti, liquide o solide. Caratteristiche principali di un impianto sono il sistema di miscelazione matrici all'interno del fermentatore/digestore, il caricatore di matrici solide così come il sistema di filtrazione del biogas prodotto.

Fasi di produzione

La produzione di biogas si articola nelle seguenti fasi:

- Fase aerobica transitoria, che avviene grazie alla presenza di ossigeno: comporta un aumento della mineralizzazione delle sostanze organiche, con produzione di anidride carbonica ed acqua. È costituita da una rapida degradazione dei rifiuti che si compie in un periodo variabile da alcune ore a qualche giorno in funzione della profondità degli strati e del loro grado di compattazione;
- Fase anaerobica: suddivisa in una prima fase acida ed in una seconda metanigena che subentra una volta esaurito l'ossigeno presente, è una trasformazione più lenta e incompleta, che produce anidride carbonica e metano.

Struttura dell'impianto

Dal punto di vista impiantistico un sistema per la produzione di biogas, nel caso di depurazione di reflui in loco, è costituito da:

- Serbatoio in cui viene depositata la biomassa e periodicamente aggiunta quella fresca; per aumentare la percentuale di umidità della sostanza organica di partenza si aggiunge solitamente un minimo d'acqua;
- Dispositivo di regolazione della portata, che consente al refluo di entrare per gravità nell'impianto;
- Miscelatore, necessario per garantire una certa omogeneità del liquame ed evitare il formarsi di eventuali sedimenti.
- Digestore anaerobico, ermeticamente chiuso e coibentato, in cui il liquame precipita nella parte inferiore, mentre il biogas gorgoglia verso la parte superiore del digestore;
- Recipiente esterno dove viene convogliato il liquame digerito;
- Serbatoio finale di stoccaggio.

Nel caso della discarica, si può operare un'impermeabilizzazione dei cumuli di rifiuti, trasformando in pratica la discarica in un contenitore di accumulo del biogas, al cui interno avviene la decomposizione della frazione organica contenuta nei rifiuti.

Impianto di termovalorizzazione

L'impianto di valorizzazione energetica (combustione per ricavare energia) del

biogas da discarica risulta costituito dalle seguenti sezioni:

- Sezione di estrazione. I primi elementi sono i pozzi di captazione del biogas. Un pozzo è composto da elementi di captazione verticali, ovvero sonde in PEHD microfessurate introdotte nella massa dei rifiuti, e da tubazioni in acciaio di chiusura, dette "teste di pozzo". Essi hanno diametro e profondità che varia in funzione delle caratteristiche della discarica. Il biogas estratto dai pozzi è convogliato poi verso le sottostazioni di regolazione e di raccolta. Ogni sottostazione è collegata, tramite tubazione, con la sezione di aspirazione e controllo.
- Sezione di aspirazione e controllo. L'aspirazione ha lo scopo di far lavorare in depressione tutta la rete di captazione del biogas e di fornire contemporaneamente la pressione necessaria al biogas per alimentare i gruppi elettrogeni e/o le torce. In questa sezione è presente un sistema di analisi e controllo del biogas, che permette di analizzare in continuo il contenuto di metano e di ossigeno lungo i pozzi e lungo le linee di trasporto.
- Sezione di produzione di energia. L'impianto di produzione di energia elettrica è costituito da gruppi elettrogeni (motori a combustione interna) e da trasformatori BT/MT. Il gas aspirato è inviato, in lieve pressione, ai motori. I motori sono accoppiati a generatori sincroni trifase. L'energia elettrica prodotta in bassa tensione è elevata in media tensione mediante le apparecchiature di trasformazione-elevazione, e veicolata alla rete di distribuzione.
- Torcia ad alta temperatura. La torcia ad alta temperatura costituisce un dispositivo di cui ogni discarica deve essere dotata per bruciare il biogas prodotto. In particolare, essa viene attivata nel caso in cui la portata di biogas estratto dalla discarica sia superiore al fabbisogno energetico massimo dei gruppi di generazione, o in caso di mancato funzionamento dei gruppi elettrogeni.

Esempio Impianto 60/100 kWe cmpleto di tutti gli accessori e contenuto in un conteiner.

Vantaggi nell'uso del biogas

La CO_2 prodotta dalla combustione del metano così ricavato permette di pareggiare il bilancio dell'anidride carbonica emessa in atmosfera: infatti la CO_2 emessa dalla combustione del biogas è la stessa CO_2 fissata dalle piante (o assunta dagli animali in maniera indiretta tramite le piante), al contrario di quanto avviene per la CO_2 emessa *ex novo* dalla combustione dei carburanti fossili. Ulteriore vantaggio ecologico nell'utilizzo del biogas, è quello di impedire la diffusione nella troposfera del metano emesso naturalmente durante la decomposizione di carcasse e vegetali: il metano è infatti uno dei gas-serra più potenti ed è quindi auspicabile la sua degradazione in CO_2 e acqua per combustione. L'emissione di 1 kg di CH_4, in un orizzonte temporale di 100 anni, equivale ad emettere 25 kg di CO_2(IPCC 2007).

Svantaggi degli impianti a biogas[modifica | modifica wikitesto]

Tuttavia il biogas ha molte controindicazioni. Se si escludono le centrali che sfruttano il biogas prodotto dalla decomposizione di prodotti organici delle discariche, molte centrali a biogas usano liquami animali combinati con vegetali (nel rapporto di 25:75), poiché la resa del biogas si ottimizza mescolando più tipologie di prodotti organici[3].

Quindi, primo fra tutti, per questo tipo di centrali (il più diffuso), c'è il problema della materia prima, infatti per alimentare una centrale da 1 MW, usando solamente prodotti appositamente coltivati, occorrono circa 300 ha di terreno a disposizione, pertanto se ciò venisse effettuato su grande scala per molte migliaia di ettari su terreni agricoli di pregio già utilizzati per l'alimentazione umana o animale, si sottrarrebbe terreno alla produzione di derrate alimentari, è pertanto fondamentale regolamentare la percentuale e la tipologia di superficie nazionale coltivabile a biomasse, per mantenere un equilibrio fra colture dedicate all'alimentazione umana o animale e colture dedicate alla produzione di energia. Gli ultimi anni sono stati però caratterizzati da un progressivo abbandono dei terreni a causa della scarsa redditività dell'agricoltura e dalla concorrenza dei paesi esteri. La sostituzione di colture a basso reddito con il mais da biomassa ha permesso a molte aziende di sopravvivere a questo momento di crisi. Questo pone però il problema della conversione di territorio agricolo a fine alimentare in territorio agricolo a fine energetico. In questi casi, poiché i vegetali necessari per la fermentazione non sono destinati all'alimentazione umana e poiché quello che conta è la resa, i terreni coltivati vengono irrorati con dosi massicce di fertilizzanti e di pesticidi, inquinando il terreno stesso e le falde acquifere sottostanti.

Un altro problema è legato ai cattivi odori emessi dalla fermentazione dei vegetali e/o dal liquame associato. Il problema è risolvibile mediante una corretta gestione dell'impianto, infatti le vasche per lavorare devono essere completamente sigillate.

Molte di queste centrali, in genere per sfruttare il calore in eccesso in una rete di teleriscaldamento, stanno sorgendo lontano dalle zone di produzione del liquame e vicino alle abitazioni con conseguente pesante disagio per le popolazioni.Questo comporta tra l'altro uno spostamento di migliaia di camion a livello esclusivamente locale in quanto gli impianti sono alimentati da filiera corta con una conseguente diminuzione dell'inquinamento derivante dal trasporto su lunghe distanze.

Trattazione specifica
La **conversione** della biomassa in energia può avvenire secondo due grandi famiglie di processi:

TERMOCHIMICI

- Combustione diretta
- Gassificazione
- Pirolisi

BIOCHIMICI

- Fermentazione
- Digestione anaerobica
- Estrazione oli

I metodi di conversione delle biomasse in energia sono molteplici come si nota. In generale si trasforma la biomassa in una forma facilmente gestibile, per poi utilizzarla.
Una caratteristica distintiva delle biomasse è il contenuto d'**acqua**. Ad un basso contenuto si adattano processi termochimici; ad alti contenuti sono adatti processi biochimici. Altro criterio è il rapporto **carbonio-azoto** (C/N): i materiali con elevato rapporto C/N sono adatti alla combustione, mentre per valori minori di 30 si effettuano trattamenti biologici.

Per quanto riguarda lo scopo del nostro progetto, ovvero illustrare come sia possibile nella pratica realizzare un impianto di digestione anaerobica, che produca **biogas** da utilizzare come combustibile per la produzione di elettricità e calore, sarà la conversione biochimica quella su cui tratteremo.

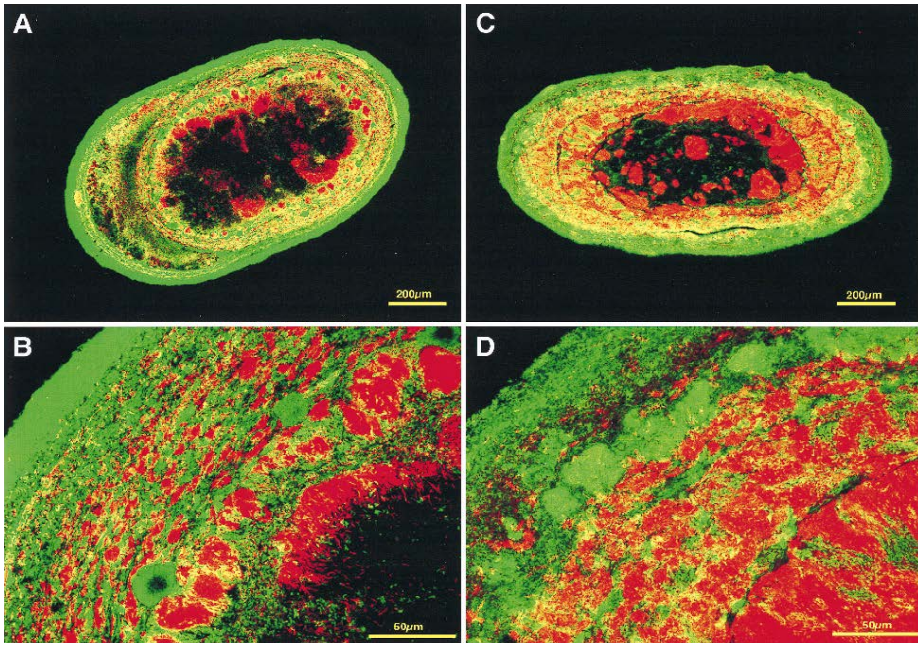
Nella conversione biochimica la biomassa viene modificata chimicamente in biocombustibili liquidi o gassosi. Nel caso in esame, il processo coinvolto è la **digestione anaerobica**:

E' un processo di conversione microbiologica della materia organica a metano, operata da microorganismi anaerobici, cioè che lavorano in assenza di ossigeno. La formazione biologica del metano è un processo che avviene in natura in ambienti caratterizzati da assenza di ossigeno e presenza di materiale organico in

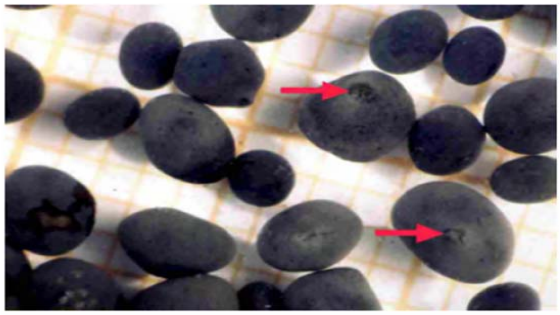
decomposizione (es. paludi, fondali oceanici, apparato digerente degli animali). La digestione anaerobica delle biomasse dà luogo alla formazione di un gas combustibile (biogas) ad elevato potere calorifico (circa 4500-6500 kcal/m^3) che può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica e/o di calore. Il materiale risultante dal processo di digestione anaerobica è chiamato **digestato** o **compost** e, avendo ancora un certo mercato di utilizzazione (fertilizzante per l'agricoltura), è anch'esso un prodotto commerciabile.

Combustibile	p.c.i. (kcal/kg - kcal/m3)
gas di petrolio liquefatti	11000
benzina per auto	10500
combustibile per aerei	10400
gasolio	10200
petrolio grezzo	10000
olio combustibile	9800
litantrace	6800 - 9000
antracite	8000 - 8500
gas naturale	8300
carbone di legna	7500
coke	7000
lignite	4000 - 6200
Biogas	4000 - 4500
torba	3000 - 4500
gas tecnico di cokeria	4300
legna da ardere	2500 - 4500
gas tecnico di altoforno	900

La conversione di substrati organici complessi in metano avviene, come accennato, attraverso una catena trofica anaerobica. Ad essa partecipano almeno tre gruppi metabolici distinti di microrganismi che si differenziano sia per i substrati che per i prodotti del loro metabolismo.
I microorganismi sono generalmente contenuti nella biomassa. Possono essere *mesofili* (temperatura d'accrescimento ottimale tra 20-45°C) o *termofili* (temperatura d'accrescimento ottimale tra 45-65°C). La digestione *termofila* avviene più rapidamente, richiedendo minori tempi di residenza, ma maggiori costi di gestione (riscaldamento). Il grado di conversione può essere più elevato in un caso o nell'altro a seconda della tipologia di biomassa. Il cuore del processo è il digestore, che deve garantire un adeguato contattamento fra la materia organica (*substrato*) e i microorganismi, nonché le condizioni ottimali per la vita dei microorganismi. Tali condizioni prevedono, dato che il processo è moderatamente esotermico, una fornitura di calore addizionale al fine di mantenere una temperatura operativa ottimale.
Il pH del substrato deve essere mantenuto intorno a 7.0. Nutrienti quali azoto, fosforo e metalli alcalini devono essere aggiunti se non sono presenti in concentrazioni sufficienti (generalmente contenuti nei reflui animali).
I batteri si concentrano all'interno della biomassa sottoforma di **fanghi attivi**, che non sono altro che biomassa batterica dispersa sotto forma di piccoli granuli. I batteri presenti nel granulo metabolizzano la sostanza organica particolata e quella disciolta, che viene adsorbita con produzione di biogas, H2O e fango.



Le famiglie batteriologiche Archaea (rosse) e Bacteria (verdi) mostrano che gli strati superficiali sono prevalentemente colonizzati da batteri, mentre gli strati profondi dei granuli sono colonizzati da archaea, sia in granuli mesofili che termofili. La parte centrale dei granuli non da segnale di ibridazione e sembra costituita da residui cellulari e materiale inorganico. Per una corretta digestione della sostanza organica, è necessario che l'azione dei batteri avvenga attaccando la massima superficie di materiale. Per favorire ciò, si adottano dei trattamenti preliminari per regolare **umidità** e **granulometria o pezzatura** del materiale da inserire nel digestore, ricorrendo a sistemi di pesatura, miscelazione e fresatura cilindrica.



Mantenendo la sostanza organica con un notevole tasso di umidità si ha la dilatazione dei pori, ed una maggiore possibilità per gli enzimi di penetrare all'interno della massa mentre con una triturazione del materiale si ottiene una maggiore superficie di attacco ed una conseguente maggiore efficienza dei batteri. La presenza dei batteri metanogeni nelle deiezioni degli animali garantisce normalmente l'avvio della fermentazione, tuttavia, a volte, possono passare dei mesi prima che la produzione di gas sia sufficiente. Per evitare questo ritardo viene normalmente realizzato un inoculo. Esso consiste nell'immissione nel digestore di parte del materiale presente nella precedente carica, o di materiale proveniente da vecchio letame o da fanghi di fognature; in tal modo si garantisce la presenza di

batteri metanogeni alla massa di materiale e si favorisce l'innesco della fermentazione all'interno del digestore.

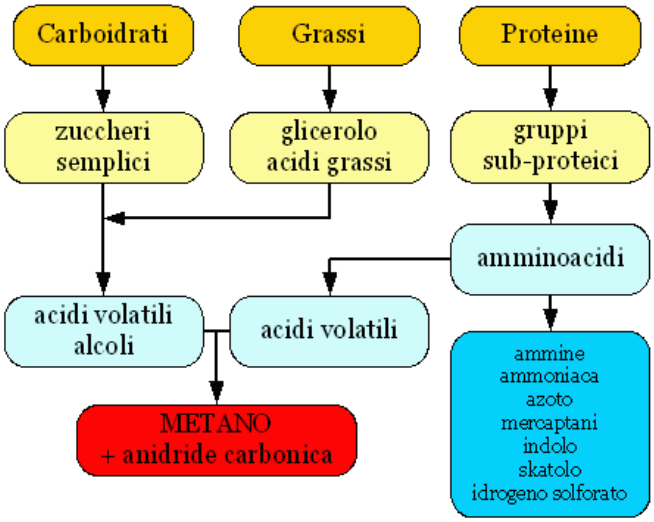
La formazione del biogas avviene in 4 stadi, nei quali appunto partecipano in maniera distinta le diverse tipologie di batteri:

1. Idrolisi: le molecole organiche complesse sono decomposte nei loro costituenti (es. acidi grassi, amminoacidi, zuccheri).

2. Acidogenesi: formazione di acidi carbossilici (composti organici che contengono il gruppo **carbossile** o **carbossilico** –COOH-), alcoli (composti organici nei quali un atomo di idrogeno è stato sostituito da un gruppo -OH, del tipo $C_nH_{(2n+1)}OH$), CO_2, H_2.

3. Acetogenesi: formazione di acido acetico (composto chimico organico la cui formula chimica è CH_3COOH), CO_2, H_2.

4. Metanogenesi: i **batteri metanigeni** trasformano i suddetti prodotti in CH_4



La produzione di CH4 rappresenta la conclusione della catena trofica anaerobica. Il metano infatti è l'unico composto non reattivo nell'intero processo di digestione anaerobica e può, pertanto, essere considerato il prodotto finale dell'intero processo.
La produzione del metano può avvenire essenzialmente attraverso due differenti vie di reazioni: una via prevede la metanogenesi ad opera dei batteri *idrogenotrofi*, che operano l'ossidazione anaerobica dell'idrogeno, mentre la seconda via, la cosiddetta via **acetoclastica**, prevede la trasformazione anaerobica dell'acido acetico con formazione di metano e biossido di carbonio. Un tipico esempio di degradazione anaerobica del secondo tipo, di un substrato organico puro è rappresentato dalla digestione anaerobica del glucosio. In questo caso si ha un

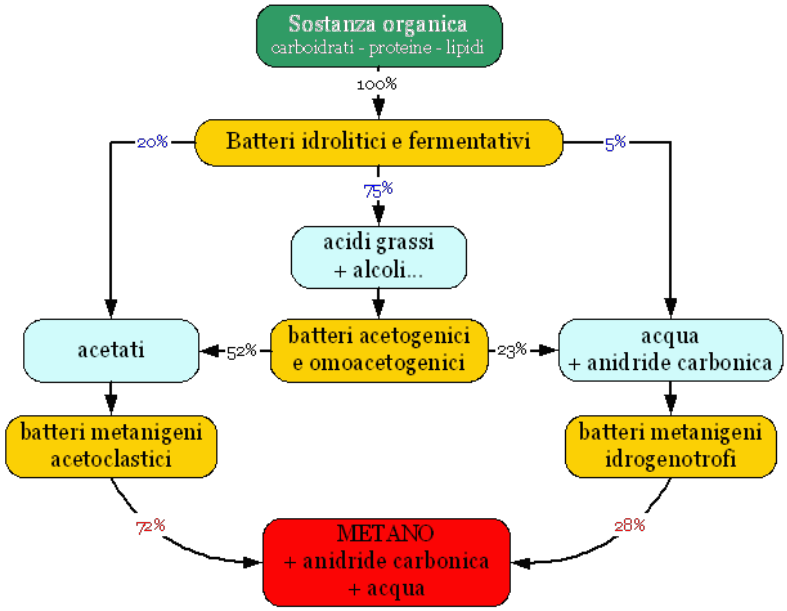
primo passaggio in cui il glucosio viene convertito ad acido acetico ed un successivo in cui l'acido acetico viene ulteriormente degradato a metano e biossido di carbonio:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_3COOH$$

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$$

Nel caso in cui il metano si formasse invece secondo la prima via, ovvero in seguito alla riduzione del carbonio della CO_2 :

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$



Qualora si considerino substrati organici più complessi si possono ottenere ulteriori prodotti del processo degradativo anaerobico e, tra quelli di maggior rilievo, troviamo l'ammoniaca che deriva dalla demolizione delle proteine (composti quindi ricchi di azoto).

La degradazione di substrati organici ha il duplice fine di ricavare l'energia necessaria per il metabolismo batterico (catabolismo) sotto forma di energia chimica di ossidazione e, in misura molto minore, di sintetizzare nuove cellule (anabolismo).
Mentre i microrganismi aerobi utilizzano ossigeno molecolare come accettore finale di elettroni nei processi ossidativi della sostanza organica, i microrganismi anaerobi utilizzano altra sostanza organica. L'ossidazione avviene essenzialmente a causa della perdita di una coppia di atomi di idrogeno da parte della sostanza organica ossidata (deidrogenazione): l'idrogeno viene quindi trasferito alla specie ossidante (accettore di idrogeno).

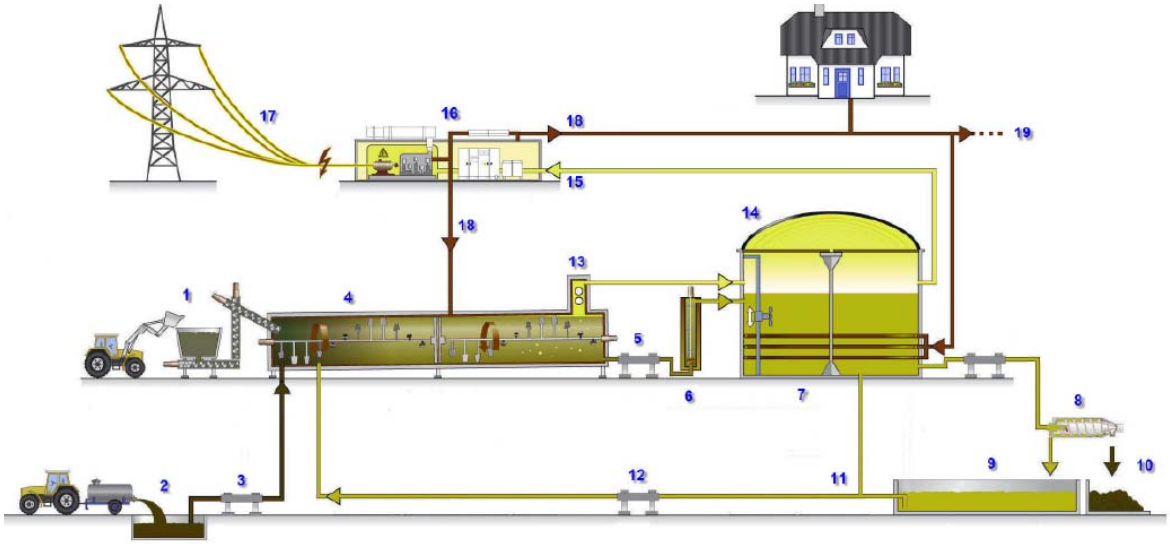
La metanogenesi è un processo metabolico molto meno energetico della respirazione aerobica o delle respirazioni anaerobiche. Infatti, la conversione di un esoso a CH_4 rilascia solo il 15% dell'energia ottenibile dalla degradazione aerobica:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O \quad (\Delta G^0 = -2870\ kj/kmol)$$

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4 \quad (\Delta G^0 = -390\ kj/kmol)$$

La bassa resa energetica della metanogenesi costringe i microrganismi coinvolti a cooperare molto efficientemente ed a stabilire relazione di **sintrofia** cioè la cooperazione tra organismi che dipendono l'uno dall'altro. La riduzione del biossido di carbonio è l'unica reazione dalla quale i metanobatteri ricavano l'energia che usano per il loro anabolismo, ma per ogni molecola di CO2 ridotta a metano si ha la produzione di una sola molecola di ATP. Una quantità così bassa di energia consente ai metanobatteri solo una crescita molto lenta, quindi il tempo necessario perchè la loro popolazione raddoppi è di alcuni giorni, mentre per i batteri aerobi è di alcune ore. Ecco spiegato il motivo per cui i tempi di residenza del materiale organico all'interno del reattore è dell'ordine della decina di giorni.

Vediamo adesso lo schema di impianto di un digestore anaerobico:



Il rifiuto va inizialmente stoccato. La presenza di un certo quantitativo di rifiuti garantisce la continuità del processo di digestione anaerobica anche nel caso di occasionale interruzione nel flusso di ingresso dei rifiuti. Il pre-trattamento prevede innanzitutto la rottura, tramite appositi mulini, dei contenitori usati per la raccolta e il conferimento dei rifiuti. Seguono operazioni di preparazione, quali l'eliminazione della frazione non degradabile (metalli, inerti, plastiche) e l'omogeneizzazione della

granulometria, con eventuale triturazione nel caso la pezzatura iniziale risulti eccessiva. La preparazione del substrato consiste nell'ottenimento delle caratteristiche fisico-chimiche ottimali per l'immissione nel digestore. La regolazione del contenuto di umidità, viene effettuata tramite agitatori e miscelatori; può essere eseguita anche un'eventuale diluizione con fanghi e acqua, in base al contenuto dei solidi previsto per il processo (umido, semi-secco, secco). La regolazione della temperatura può essere operata all'esterno o all'interno del digestore, in base al regime termico previsto per l'impianto. Nei reattori mesofili la durata del processo (tempo di residenza) è di 14-30 giorni; nei termofili il tempo è circa 14-16 giorni. La digestione avviene nei **digestori**: sono i contenitori in cui viene inserito il materiale organico da sottoporre a trasformazione. Sono in genere costruiti in cemento armato, in parte interrati (a volte è presente anche un estradosso) per limitare le perdite di calore. Nella parte superiore hanno una campana di materiale flessibile (gasometro integrato - che permette la raccolta e conservazione del gas), oppure rigido.

E' possibile classificare i digestori in due differenti categorie:

i digestori continui;
i digestori discontinui.

Il funzionamento di un **digestore continuo** è assimilabile a quello dell'apparato digerente. I materiali organici sono inseriti regolarmente da un estremo mentre il digestato è estratto dalla parte opposta. I batteri presenti nel suo interno sono nutriti con continuità e la temperatura si mantiene su valori costanti. In ogni tipo di digestore le deiezioni devono essere introdotte insieme ad un effluente liquido. Tale liquido fa sì che i batteri anaerobi si trovino in assenza di ossigeno libero. In un digestore continuo è necessario che il materiale introdotto sia composto in minima parte da fibre vegetali; esse infatti tendono a galleggiare sul liquido, formando schiume e croste di difficile eliminazione.

I **digestori discontinui** hanno un funzionamento ciclico. In essi, infatti, avviene

inizialmente il carico del materiale e subito dopo dell'effluente; segue quindi la fase di fermentazione, in cui avvengono le trasformazioni biologiche. Al termine si ha il completo svuotamento del digestore; a questo punto il sistema è pronto per una nuova ricarica e si può così ricominciare il ciclo. Per i digestori di tipo discontinuo è consigliabile accrescere la presenza di vegetali poiché essi incrementano la produzione di biogas; l'eventuale formazione di schiume o croste non crea problemi perché esse possono essere totalmente rimosse nella fase finale di svuotamento.

In entrambi i casi, il materiale deve essere miscelato, al fine di favorire il contatto tra batteri e substrato, evitando la presenza di zone morte, di omogeneizzare la temperatura e il rilascio del biogas e di evitare la sedimentazione del fango e la formazione di pellicole superficiali. In base all'utilizzo, il biogas prodotto va sottoposto a depurazione: per aumentare il potere calorifico della miscela gassosa, si deve abbassare la presenza di anidride carbonica, azoto ed acqua; per evitare la corrosione degli impianti si deve limitare l'eventuale presenza di idrogeno solforato ed i composti organici alogenati. Parte dell'energia prodotta può essere utilizzata per il fabbisogno energetico dell'impianto stesso, e l'eventuale energia rimanente può essere venduta sotto forma di combustibile o energia elettrica.

Il materiale in uscita dal digestore è un fango liquido (Frazione Solida: 5-25%) che non è completamente stabilizzato (la materia organica non è completamente degradata). Deve essere sottoposto a stabilizzazione aerobica, e per questo deve essere disidratato (serve una FS del 45% circa) mediante tecnologie quali pressa a vite, nastropressa, centrifuga. La frazione liquida può essere sottoposta a trattamento di depurazione, o essere ricircolata nel processo di digestione. La stabilizzazione del fango pressato avviene attraverso i due stadi di biossidazione accelerata e post-maturazione. Il materiale così biostabilizzato può essere ulteriormente raffinato ad esempio per l'utilizzo in agricoltura (vengono rimossi eventuali inerti, metalli..) e appositamente stoccato. Il digestato in questione si differenzia in due tipologie:

1. Il **digestato acidogenico** è un materiale organico stabile, composto prevalentemente da lignina e cellulosa, ma anche da una varietà di componenti minerali e da una matrice di cellule batteriche morte; possono essere presenti anche alcune materie plastiche. Questo digestato somiglia al compost domestico e può essere utilizzato quale suo succedaneo o per produrre materiale da costruzione derivato da fibre di legno.

2. Il **digestato metanogenico** è il terzo sottoprodotto della digestione anaerobica e, in relazione alla qualità del materiale sottoposto a digestione, può rappresentare un fertilizzante eccellente e ricco di nutrienti. Se il materiale digerito contiene basse quantità di sostanze tossiche quali i metalli pesanti o composti organici di sintesi, la digestione è in grado di concentrare significativamente tali sostanze nella fase liquida. In questi casi sono

necessari ulteriori trattamenti appropriati. In casi estremi, e in particolare riguardo alle acque degli scarichi industriali, i costi di abbattimento dei tossici e i rischi ambientali possono superare il vantaggio nel produrre biogas.

Se, per quanto riguarda la degradazione dei fanghi di depurazione e altri reflui, la pratica ingegneristica ha portato alla definizione di procedure di dimensionamento della sezione di digestione anaerobica condivise, lo stesso non si può dire per la degradazione anaerobica della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FARSU). La varietà della composizione di questi ultimi, non permette l'affermarsi di una tecnologia, su tutte, di digestore, i quali vengono divisi in due famiglie:

1. Digestori Monostadio

2. Digestori Bistadio, in cui la fase di idrolisi ed acidogenesi avviene all'interno di un primo comparto, che precede il comparto di metanizzazione.

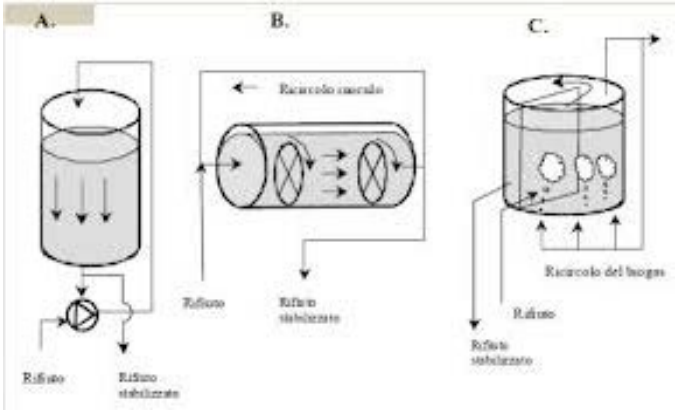
Vista la maggiore semplicità impiantistica e i costi di investimento minori, risulta che l'87% dei digestori sono Monostadio, i quali, se ben dimensionati, non presentano differenze sostanziali in rendimento, rispetto a quelli Bistadio.
Ovviamente, possiamo distinguere anche diversi tipi di digestore al variare della composizione del rifiuto solido trattato:

- Sistemi ad umido: tenore di secco non superiore al 15%
- Sistemi a semisecco: tenore di secco compreso tra il 15-20%
- Sistemi a secco: tenore di secco in digestione >25%

Ma la loro classificazione non finisce qui, infatti, essendo il processo di biodegradazione particolarmente sensibile alla temperatura, possiamo distinguere diversi digestori a seconda della temperatura a cui è mantenuta la miscela organica in digestione; la scelta usualmente è tra il campo **mesofilico** (T di circa 30-35 °C) e la **termofilia** (T di 55-60 °C). La seconda alternativa presenta un'accelerazione dei processi biologici e quindi una riduzione del volume dei digestori; tuttavia presenta la necessità di scambiare calore e una notevole complicazione di impianto nonché un maggior costo di esercizio, perciò si attesta al 35% dei digestori totali presenti ad oggi. Questo è anche dovuto al fatto che composti organici più secchi, richiedono meno calore per il processo di digestione e la fase di idrolizzazione (tipicamente il collo di bottiglia) presenta tempi decisamente minori rispetto al caso di reflui liquidi e fanghi depurativi.

Essendo i processi ad umido e semi-secco decisamente comparabili a quelli utilizzati per la digestione anaerobica dei fanghi, è interessante analizzare le prestazioni di un digestore a *secco.* Se da un lato le tecnologie sviluppate negli anni ottanta prevedono rendimenti quasi pari a quelli che si hanno con diluizione in acqua del

materiale organico, la fase di miscelazione e movimentazione della massa solida presentano alcune criticità, richiedendo l'installazione di pompe a colcea e nastri trasportatori, aumentando i costi di impianto.
I reattori per la digestione a secco sono paragonabili ai digestori a *flusso a pistone* con ricircolo. Diversi sono i tipi di reattori brevettati, tra cui il **reattore Kompogas:** il moto della massa solida avviene in direzione orizzontale grazie all'azione di rotori posti al suo interno, la cui azione favorisce anche il rilascio del biogas e la risospensione della frazione solida più pesante. Esistono anche reattori cilindrici verticali, alimentati dall'alto o dal basso, che prevedono la movimentazione della massa in fermentazione o per gravità, o mediante l'iniezione discontinua di biogas ad alta pressione. Questi due digestori sono rispettivamente, il **sistema Dranco** ed il **sistema Valorga**, e insieme al primo esempio, formano il trio dei reattori monostadio per FORSU (FS circa 23-35-30%):



Anche i reattori Bistadio presentano una caratteristica molto interessante. Infatti, abbiamo già detto che la fase cineticamente controllante, del processo di digestione, è l'idrolisi. Quando i materiali organici presentano un alto contenuto di cellulosa, che rende l'idrolisi il processo cinematicamente limitante, i reattori monostadio non presentano instabilità. Tuttavia, per materiali ad alta degradabilità, queste stabilità aumentano e aumenta anche la sensibilità al variare delle condizioni di carico (le fasi di processo rischiano di avere tempi decisamente incontrollati, con un'alimentazione che va a superare la massima velocità della trasformazione limitante, in questo caso la meta nazione). Un reattore bistadio, può garantire una sufficiente omogeneità del carico operato nel primo reattore rispetto al secondo. Esistono impianti sia a secco che ad umido, ma la particolarità maggiore sta in come la frazione liquida (più o meno presente) può essere trattata: *Ritenzione della biomassa*. La presenza di un sistema s/l permette di disaccoppiare il tempo di residenza della biomassa da quello idraulico, e ciò permette di arricchire i reattori con biomassa attiva, accelerando i processi di degradazione. I sistemi per la ritenzione sono diversi, come l'uso di sedimentatori con ricircolo della frazione solida, posti a valle dei digestori; l'impiego di membrane per l'estrazione dal reattore della sola fase liquida.

Nel confrontare le diverse alternative impiantistiche, vengono impegnati diversi indicatori dell'efficienza del sistema:

- Il rapporto tra biogas prodotto dal digestore (B) e biogas producibile in condizioni ottimali (B_0); questo parametro, dipendente dalla matrice organica digerita, descrive bene l'efficienza del processo di digestione

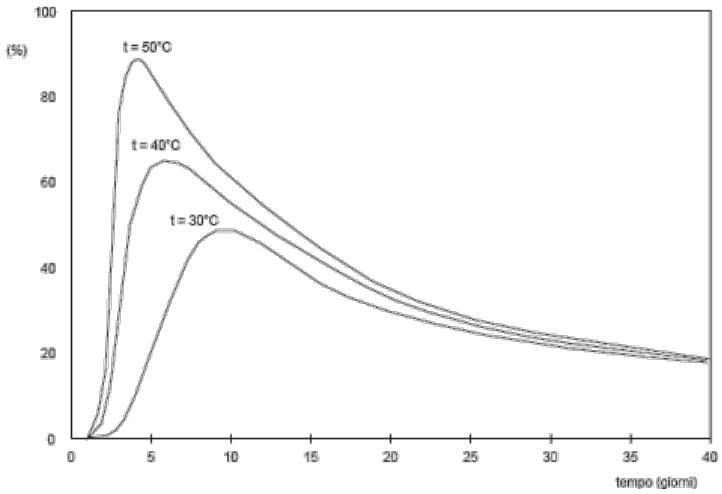
- La produzione di metano, o biogas, per unità di massa di solidi volatili alimentati B_S ($m^3_{n,biogas}/kg_{SV,alimentata}$)

Mentre per quanto riguarda i parametri di dimensionamento dei digestori, possiamo definire:

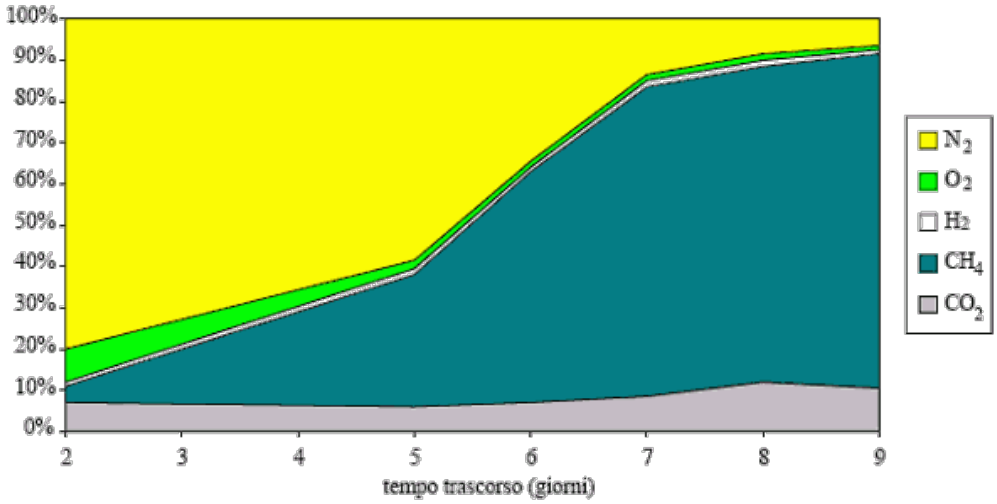
- Il *carico organico specifico* C_V (kg_{SV}/m^3 d), che esprime la massa di SV alimentata per unità di tempo e volume del digestore, e non deve superare la velocità massima del processo limitante. Questo parametro condiziona positivamente il tasso di produzione specifica di biogas Q_b ($m^3_{n,biogas}/m^3_{reattore}$ d); tuttavia, oltre un certo $C_{V,max}$ si nota un calo di Q_b dovuto al fatto che il processo biologico non riesce più a smaltire il substrato organico alimentato e quindi si accumulano sostanze come ammoniaca e acidi volatili che inibiscono la digestione.

- Il *tempo di residenza idraulico HRT (d),* che esprime il tempo medio di permanenza della fase liquida nel digestore e si determina come rapporto tra il volume del digestore e la portata di fango alimentata.

Come già accennato, la temperatura gioca un ruolo essenziale nel processo di digestione. Il calore necessario alla trasformazione dei residui organici in biogas è sovente fornito dalla radiazione solare che, assieme alla temperatura ambiente e agli altri parametri climatici, sollecita la superficie esterna del digestore, in genede ricoperto con uno strato fotoselettivo o una membrana nera. Tuttavia, in genere, ai digestori è dirottata una quota del calore prodotto dal cogeneratore, oppure proveniente da un campo solare termico opportunamente dimensionato per svolgere tale compito. La temperatura di processo influsice direttamente sul **tempo di ritenzione idraulico** (HRT - **H**ydraulic **R**etention **T**ime).



La produzione di gas aumenta con il tempo di ritenzione e presenta un andamento a campana: inizialmente nulla, nel giro di pochi giorni raggiunge il massimo per poi diminuire più lentamente. Il tempo di ritenzione ottimale è, quindi, funzione della temperatura all'interno del digestore e diminuisce all'aumentare della stessa.



Come si può evincere dai due grafici, la digestione, dopo le prime fasi di decomposizione, procede poi con una notevole produzione di gas che raggiunge il massimo dopo 4 ÷ 5 giorni. Questo gas è però in massima parte composto da azoto, mentre il metano è presente in minima parte. Procedendo con la fermentazione si ha una diminuzione della temperatura ed una produzione minore di gas, molto più ricco di metano.

I maggiori Autori sono concordi nell'affermare che la digestione anaerobica presenta questa serie di vantaggi:

- costituisce una fonte di disinquinamento e una sorgente di energia supplementare facilmente utilizzabile;

- trasforma la sostanza di rifiuto in un prodotto finale nel quale il carbonio, presente sotto forma ridotta, contiene la maggior parte dell'energia iniziale del substrato, energia che può essere resa disponibile attraverso ossidazione;
- origina un gas ad alto potere calorifico;
- consente di ottenere una migliore qualità dei prodotti residui rispetto ad altri processi di degradazione: il fango derivato dal processo anaerobico è infatti sostanzialmente sterile e ha un maggiore contenuto in sostanze azotate che lo rende particolarmente adatto come compost;
- comporta una minore quantità di fanghi da smaltire rispetto ad altri processi di degradazione;
- provoca una riduzione dei germi patogeni soprattutto se il processo avviene in condizioni termofile;

richiede un'energia limitata per il processo.

Il mercato degli impianti a biogas

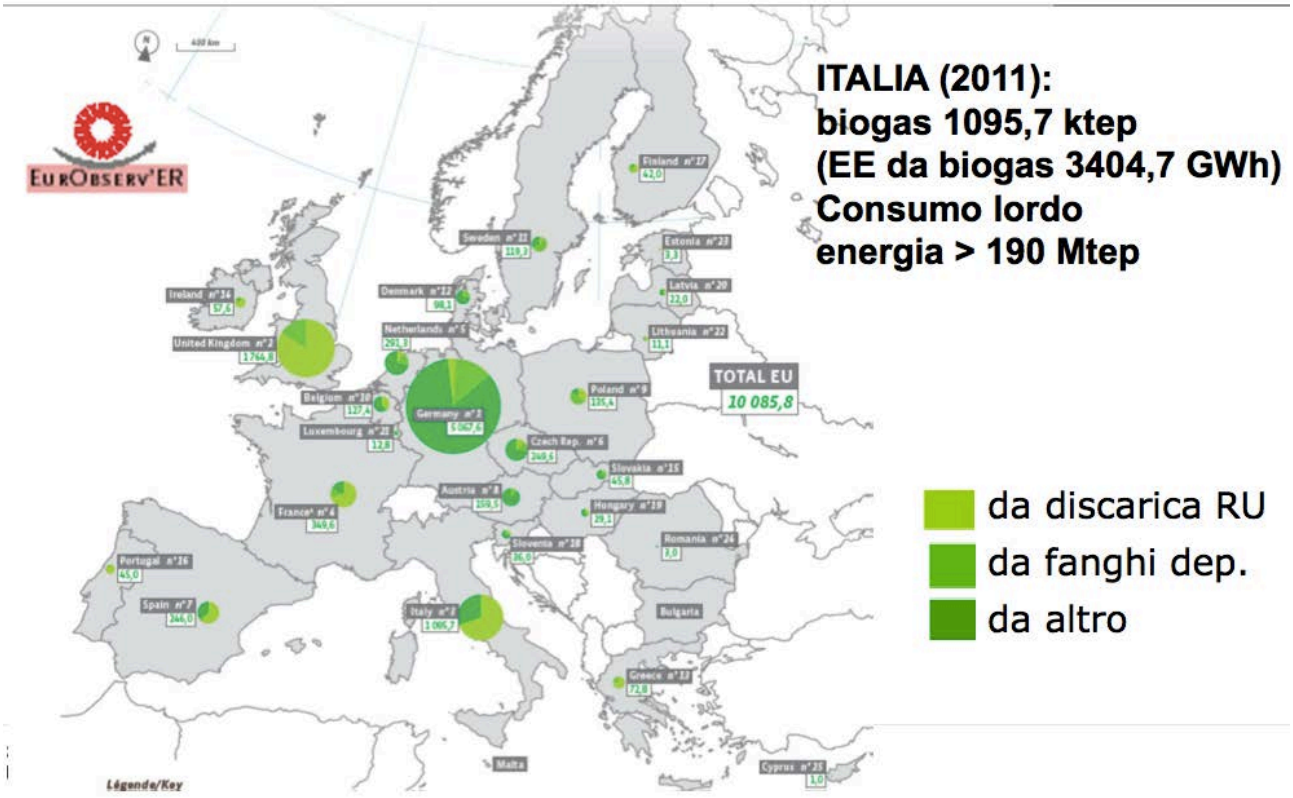
Il mercato degli impianti a biogas è in pieno fermento, in ambito europeo è la Germania a vantare il maggior numero di impianti dislocati sul territorio frutto di una politica incentivante lungimirante ed un'esperienza ventennale nel campo della produzione di biogas, altri situazioni virtuose possiamo trovarle in Austria ed in Inghilterra, quest'ultima focalizzata più sul trattamento dei rifiuti che sulla produzione da culture energetiche.

L'Italia seppur entrata in ritardo nel business ha recuperato il gap con gli altri paesi europei avendo avuto trend di crescita del numero di impianti installati molto marcati classificandosi al terzo posto per energia prodotta da biogas (2012).

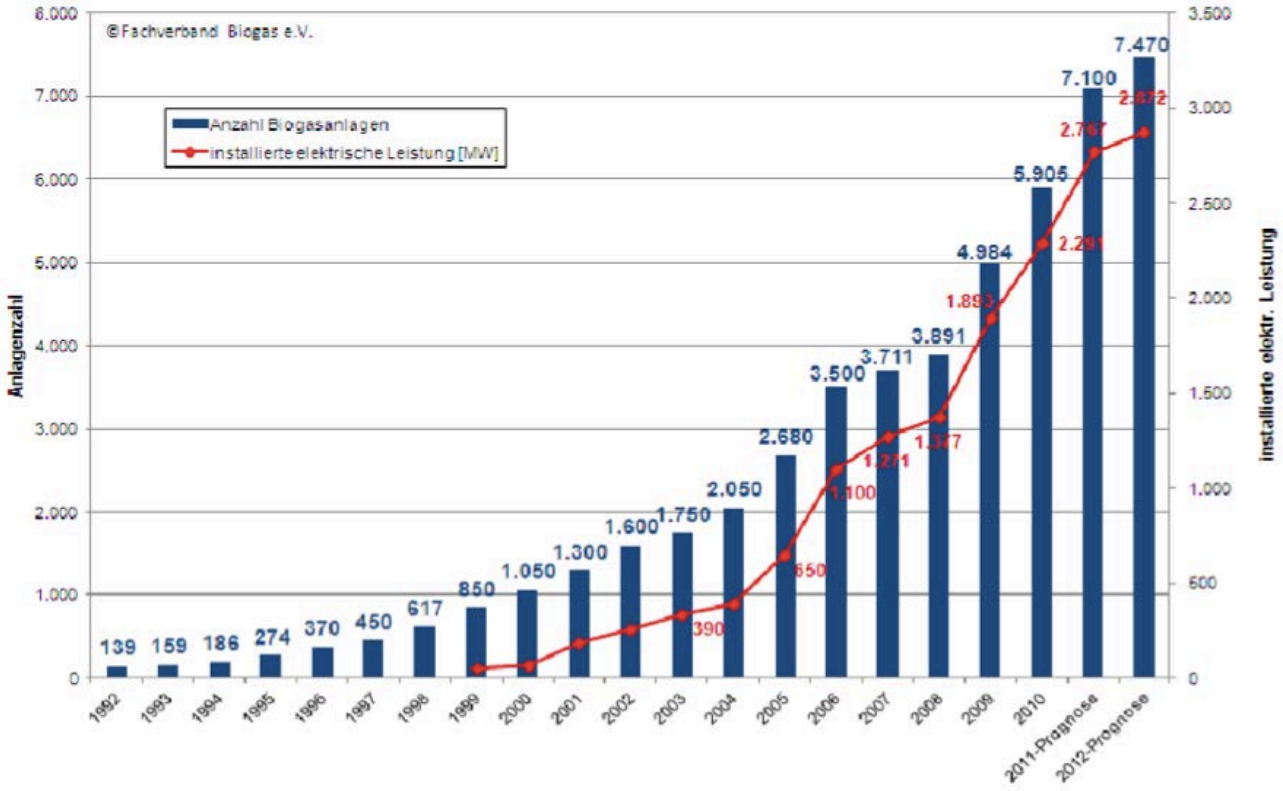
Nella tabelle proposte si analizzerà la situazione europea ed infine ci si concentrerà su quella italiana:

Disegno: Il biogas in Europa

Produzione di biogas in Europa nel 2011: 10086 ktep (118 TWh)



Disegno: Il biogas in Germania (Fonte Associazione Tedesca Biogas)



	End 2010	Forecast 2011	Forecast 2012
Number of plants (thereof feeding biomethane)	5.905 (45)	7.100 (66)	7.470 (80)
Installed electric capacity (MW)	2.291	2.767	2.872
Net electricity production in TWh/a	14,82	17,92	19,98
Supplied Households (in millions)	4,2	5,1	5,7
Share in electricity consuptiom in %	2,46%	3,09%	-
Turnover (Billion-€)	5,1	6,1	5,7
Jobs	39.128	46.279	45.333
Export quota in %	10%	10%	25%

Disegno: Il biogas in Italia

994 Impianti biogas

Circa **750** MWe installati

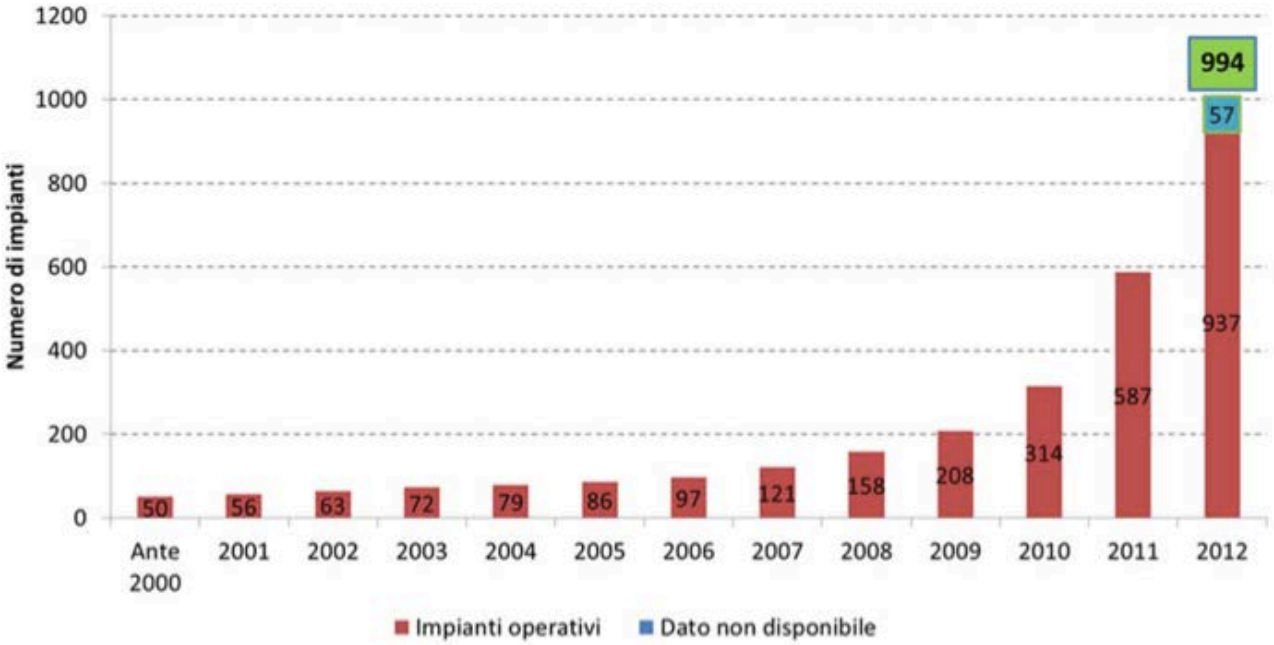
Emilia-Romagna:
143 impianti
110 MWe

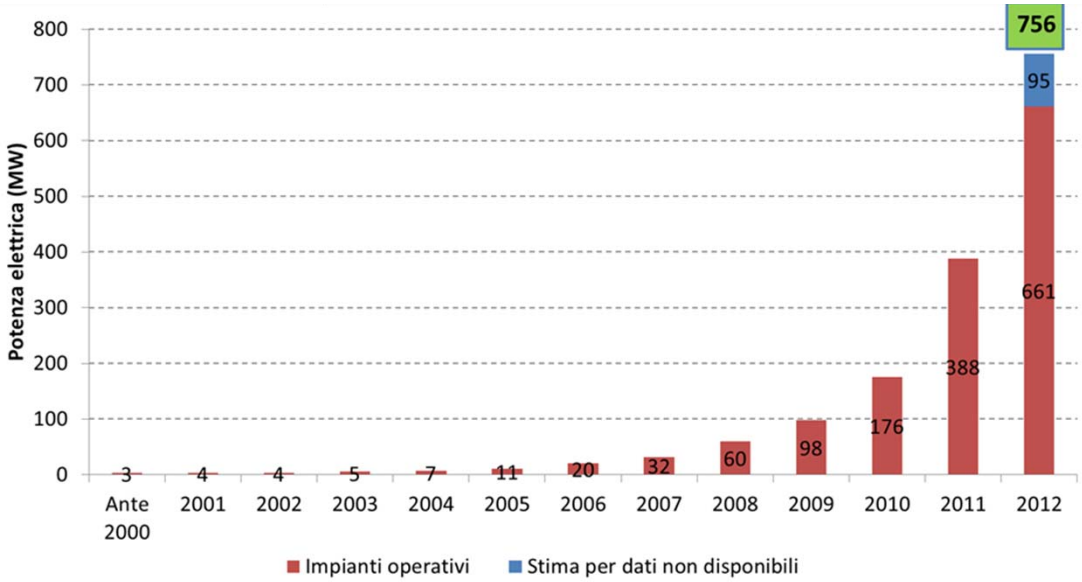
Ravenna:
17 impianti
16 MWe

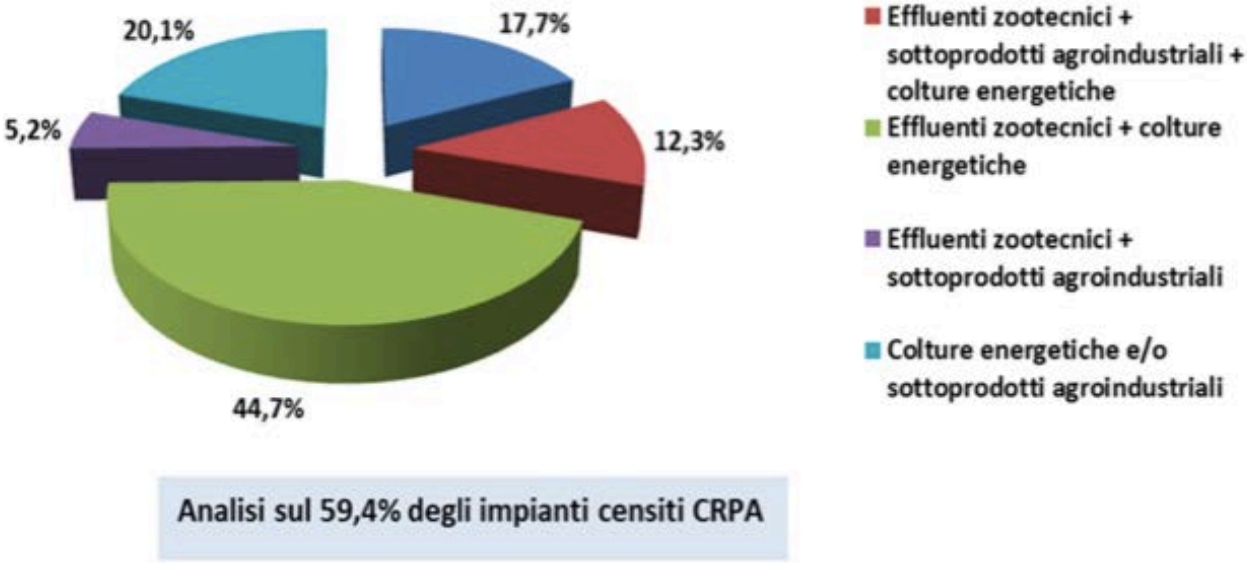
Tabella riassuntiva degli impianti a biogas agro zootecnico in Italia a fine 2012 (fonte CRPA 3/2013)

	Numero impianti		Potenza elettrica (MW)		kW/impianto
Abruzzo	13	1,3%	10,7	1,5%	822
Basilicata	6	0,6%	1,9	0,3%	318
Calabria	6	0,6%	3,2	0,5%	537
Campania	7	0,7%	5,4	0,8%	767
Emilia-Romagna	143	14,4%	110,2	15,9%	771
Friuli	69	6,9%	47,9	6,9%	694
Lazio	9	0,9%	6,6	1,0%	736
Lombardia	374	37,6%	271,0	39,0%	724
Marche	14	1,4%	10,3	1,5%	739
Piemonte	106	10,7%	75,4	10,9%	711
Puglia	6	0,6%	2,6	0,4%	437
Sardegna	12	1,2%	5,4	0,8%	454
Toscana	23	2,3%	18,9	2,7%	823
Umbria	14	1,4%	8,8	1,3%	632
Val d'Aosta	1	0,1%	0,1	0,0%	50
Veneto	151	15,2%	107,8	15,5%	714
Trentino-Alto Adige	38	3,8%	5,7	0,8%	151
Molise	2	0,2%	2,0	0,3%	999
Non disponibile (stima)	-	-	62,4	-	-
Totale complessivo	**994**	**100,0%**	**756,4**	**100,0%**	**761**

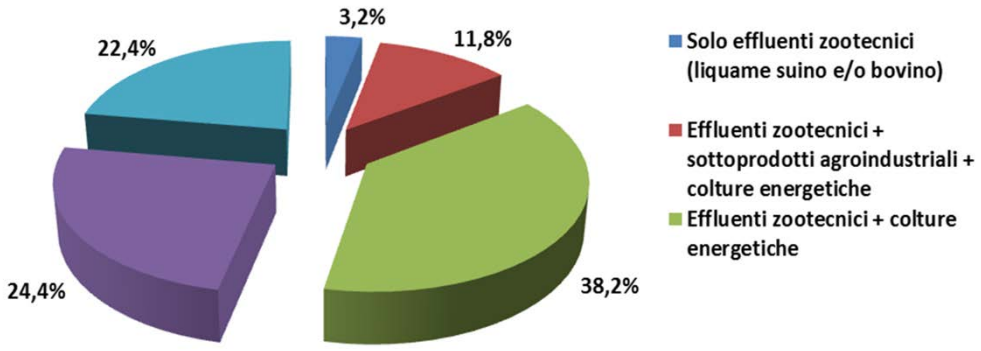
Disegno: Emilia Romagna, l'area italiana che sfrutta di più il biogas





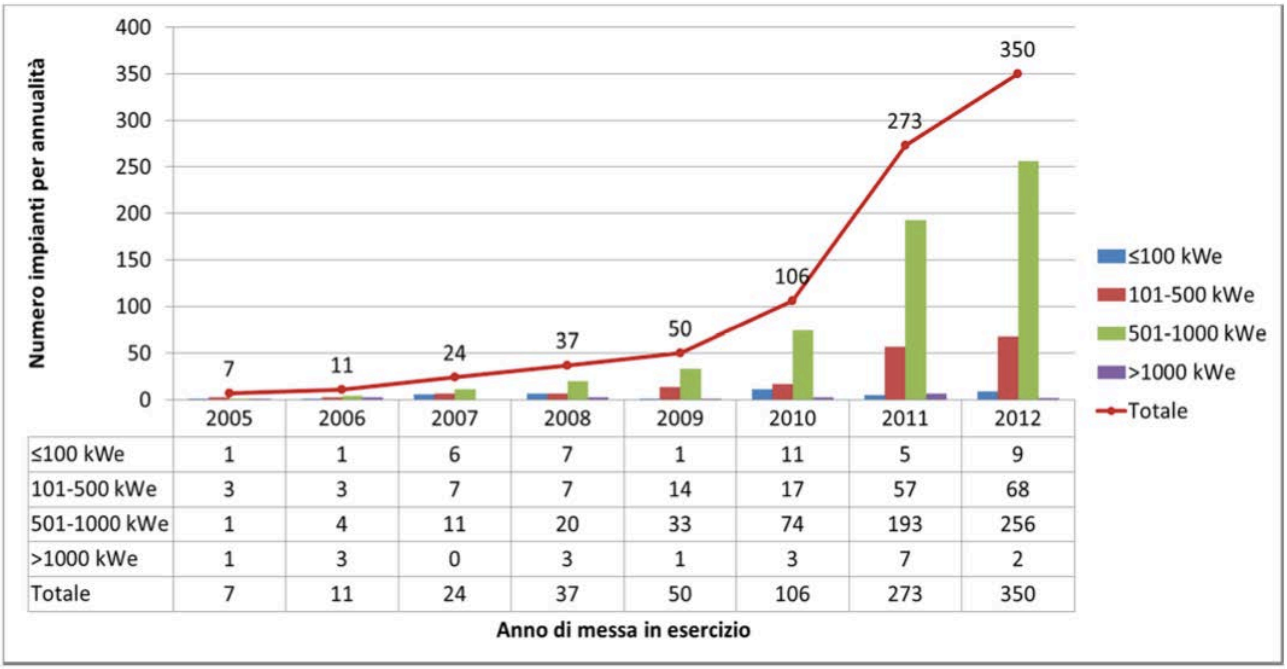


Analisi sul 59,4% degli impianti censiti CRPA



Analisi sul 56,7% della potenza installata censita CRPA

Età impianti operativi	Impianti (n°)	Impianti (%)
> di 15 anni	36	3,6%
6-15 anni	85	8,6%
1-5 anni	**466**	**46,9%**
1 anno	**353**	**35,5%**
Dato non disponibile	54	5,4%
Totale operativi	**994**	100%

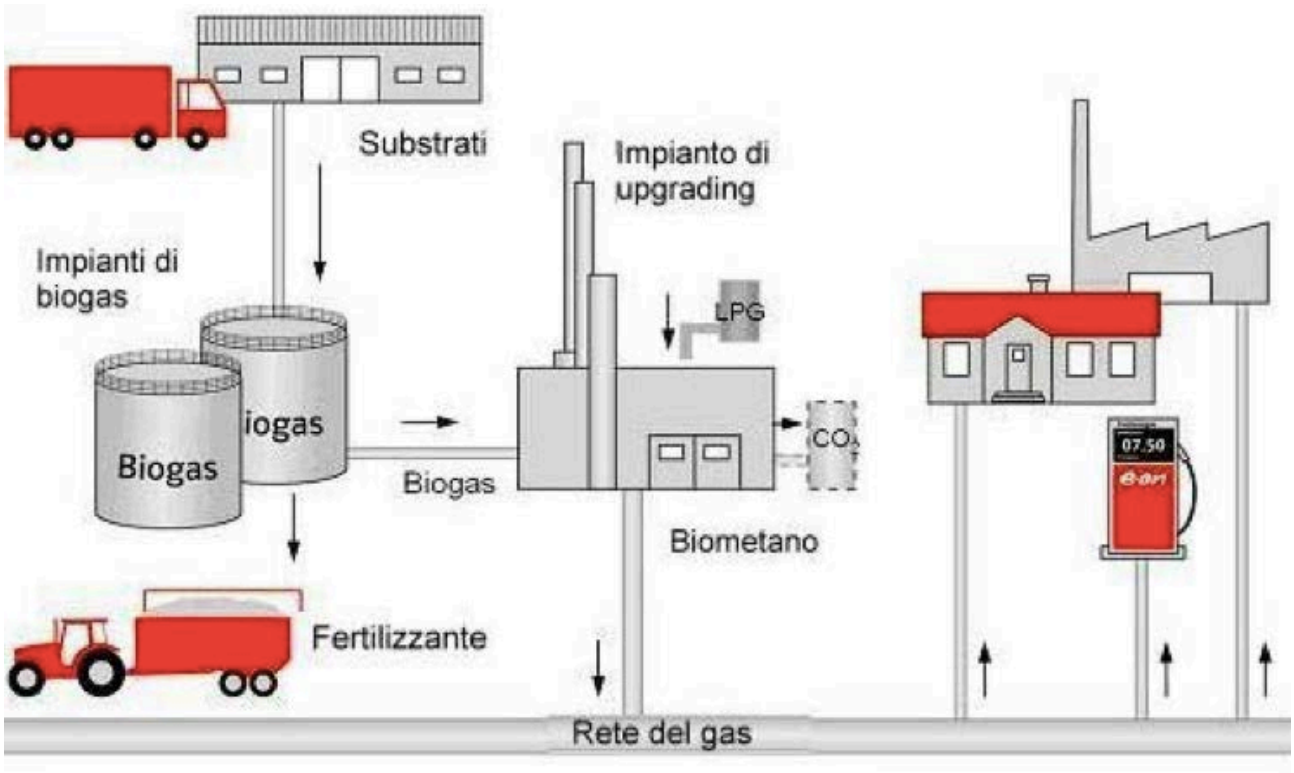


	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
≤100 kWe	1	1	6	7	1	11	5	9
101-500 kWe	3	3	7	7	14	17	57	68
501-1000 kWe	1	4	11	20	33	74	193	256
>1000 kWe	1	3	0	3	1	3	7	2
Totale	7	11	24	37	50	106	273	350

Si nota dai grafici e dalle tabelle appena mostrate come lo sfruttamento il biogas stia crescendo senza apparenti limiti, e se le stime del Centro Ricerche Produzioni Animali del 2012 (CIB) della producibilità non ancora sfruttata sono corrette (di seguito riportate) possiamo affermare che la filiera del biogas continuerà la sua espansione ancora per molto.

La possibilità del biometano

Il biogas prodotto attraverso i processi di digestione anaerobica come già detto è un vettore energetico interessante per il suo contenuto elevato di gas metano che può arrivare fino al 65% del contenuto in volume. Il resto è costituito prevalentemente da CO_2, oltre a minime quantità di altre sostanze (acido solfidrico, azoto, etc.).
Tuttavia, in considerazione dell'efficienza attuale delle possibili utenze potenziali, tale contributo non è sufficiente per utilizzare il biogas come vettore enegetico di grande diffusione.
Inoltre l'elevato contenuto di CO_2 non consente l'introduzione nella rete pubblica del metano o l'utilizzo come metano da autotrazione.
L'evoluzione tecnologica dei trattamenti di estrazione della CO_2 e la diffusione della digestione anaerobica come tecnologia di recupero e valorizzazione energetica della materia organica hanno reso economicamente vantaggioso il ricorso alla trasformazione del biogas in biometano.
Il processo detto "upgrading", serve per produrre un vettore energetico da fonte rinnovabile che abbia le stesse caratteristiche del gas naturale che possa essere utilizzato ed immesso in rete con la stessa efficienza energetica degli attuali utenti di questo combustibile.
In attuazione delle politiche comunitarie anche l'Italia ha previsto nelle proprie disposizioni normative di sostenere la diffusione dei biocarburanti, aprendo la strada alla conversione del biogas in biometano (decreto legge DM 5 Dicembre 2013).
Il decreto prevede infatti non solo la promozione, attraverso interventi di facilitazione, ma anche la realizzazione degli impianti di distribuzione di biometano per autotrazione.



Questa strategia di produzione di combustibili derivanti da fonti energetiche rinnovabili è promossa dalle attuali politiche messe in campo dalla comunità europea per la riduzione dei gas ad effetto serra. In particolare le ultime azioni comunitarie sostengono l'utilizzo dei biocarburanti per l'autotrazione, in quanto è dimostrabile il notevole impatto benefico della sostituzione dei carburanti fossili con quelli di origine rinnovabile.
Le tecnologie per "upgrading" del biogas a biometano sono di diversi tipi e possono essere:

- Scubbing ad acqua
- Scrubbing fisico con composti organici
- Scrubbing amminico
- PSA
- Tecnologia a membrane
- Smart upgrading (Uso di amminoacidi come solventi)

Riassumiamo in una tabella le prestazioni di ogni singola tecnologia:

	Scubbing ad acqua	Scrubbing fisico con composti organici	Scrubbing amminico	PSA	Tecnologia a membrane	Smart upgrading
Contenuto tipico di metano [%vol]	95-98	95-98	>98	95-98	95-98	>98
Perdita di metano [%]	<2	<4	<0,05	<2	10-0,5	<0,05
Richiesta di energia elettrica [kWhel/m^3 biometano]	0,46	0,49-0,67	0,27	0,46	0,25-0,43	0,14
Domanda di calore e livello di temperatura	-	Medio 70-80 °C	Alto 120-160 °C	-	-	Medio 70-80 °C
Desolforazione preliminare	Dipende dal processo	Si	Si	Si	Si	Dipende dal processo
Solvente utilizzato	Agente essicante	Solvente organico (non pericoloso)	Soluzioni amminiche (pericolose e corrosive)	Carboni attivi (non pericolosi)	-	Solvente organico (amminoacidi non pericolosi)

Le maggiori aspettative si hanno per il processo di Smart upgrading sviluppato in collaborazione con un centro di ricerca italiano, già prototipato e funzionante ma ancora nella fase precommerciale.
La separazione del biometano avviene in un processo di assorbimento in un solvente di nuova generazione. I solventi sono di derivazione naturale e non presentano rischi per operatori ed ambiente.
Il processo è altamente selettivo verso H_2S e CO_2 mentre risulta assolutamente trascurabile l'assorbimento di CH_4.
Caratteristica essenziale del processo sono le basse temperature (<85°C) nella fase di strippaggio, che consentono una semplificazione dell'impianto con una riduzione del costo d'investimento e ancora più importante una riduzione dei consumi energetici e dei costi correlati.
Nella seguente tabella si confrontano i tipici costi d'investimento [€/(m^3/h)biometano] delle diverse tecnologie a seconda della taglia dell'impianto:

	Scubbing ad acqua	Scrubbing fisico con composti organici	Scrubbing amminico	PSA	Tecnologia a membrane	Smart upgrading
100m^3/h	10.000	9.500	9.500	10.500	7.300-7.600	3.500
250m^3/h	5.500	5.000	5.000	5.400	4.700-4.900	2.500
500m^3/h	3.500	3.500	3.500	3.700	3.500-3.700	2.000

Nella prossima tabella verranno riassunti i tipici costi operativi [€/(m^3/h)biometano] delle diverse tecnologie a seconda della taglia dell'impianto:

	Scubbing ad acqua	Scrubbing fisico con composti organici	Scrubbing amminico	PSA	Tecnologia a membrane	Smart upgrading
100m^3/h	0,140	0,138	0,144	0,128	0,108-0,158	0,080
250m^3/h	0,103	0,102	0,120	0,101	0,077-0,116	0,075
500m^3/h	0,091	0,090	0,112	0,092	0,065-0,101	0,070

In virtù delle nuove tecnologie, della situazione autorizzativa ed incentivante odierna, la filiera del biometano in Italia potrebbe avere innumerevoli sbocchi anche perché disponiamo del parco veicoli a metano più sviluppato d'Europa frutto di politiche lungimiranti per l'utilizzo di tale combustibile pulito che l'Italia ha da sempre perseguito.
Mostriamo nella tabella successiva lo stato attuale del parco auto veicoli in Europa:

Paese	Totale	Auto	Autobus	Camion	Altri
Italia	382.000	380.000	1.600	400	-
Germania	38.933	30.557	1.277	6,688	411
Francia	8.400	6.000	2.000	400	-
Svezia	7.880	6.948	656	276	-
Svizzera	1.965	1.870	70	509	-
Spagna	912	47	356	509	-
Polonia	771	360	41	370	-
Austria	584	580	2	2	-
Paesi Bassi	550	165	-	385	-
Regno Unito	543	82	35	426	-

Se si considera che la Germania presenta 77 impianti di produzione di biometano già funzionanti (a gennaio 2012, fonte DENA) e ne prevedeva l'apertura di altri 133 entro fine 2012 contro gli 0 impianti in Italia che da parte sua presenta un parco veicoli a metano di un ordine di grandezza maggiore rispetto a quello tedesco, possiamo prevedere che la diffusione del biometano in Italia sia necessaria e

conveniente da attuare anche in virtù del fatto che l'Italia ha una capacità di stoccaggio del metano non indifferente (al 31 dicembre 2010 pari a 14,7 miliardi di m^3, fonte: MSE 2011).

Focus aggiuntivo sul biometano

Il termine Biometano si riferisce a un biogas che ha subito un processo di raffinazione per arrivare ad una concentrazione di metano del 95% ed è utilizzato come biocombustibile per veicoli a motore al pari del gas naturale (o metano fossile). Il biogas è prodotto attraverso la decomposizione biologica della sostanza organica in assenza di ossigeno in un processo conosciuto come Digestione Anaerobica (DA). La DA può avvenire in ambiente controllato (digestore) con una produzione di biogas con percentuale di metano pari al 55-65%, o anche nelle discariche in seguito alla decomposizione dei rifiuti: in questo caso il biogas o gas da discarica contiene una percentuale di metano pari al 45%.

Il biogas grezzo può essere bruciato per produrre calore o elettricità dopo aver subito minimi trattamenti di filtrazione e depurazione.

Il biometano può essere utilizzato negli stessi veicoli che impiegano comunemente il gas naturale o metano di origine fossile.
Le tre tipologie di veicoli, che utilizzano metano, attualmente in commercio sono:

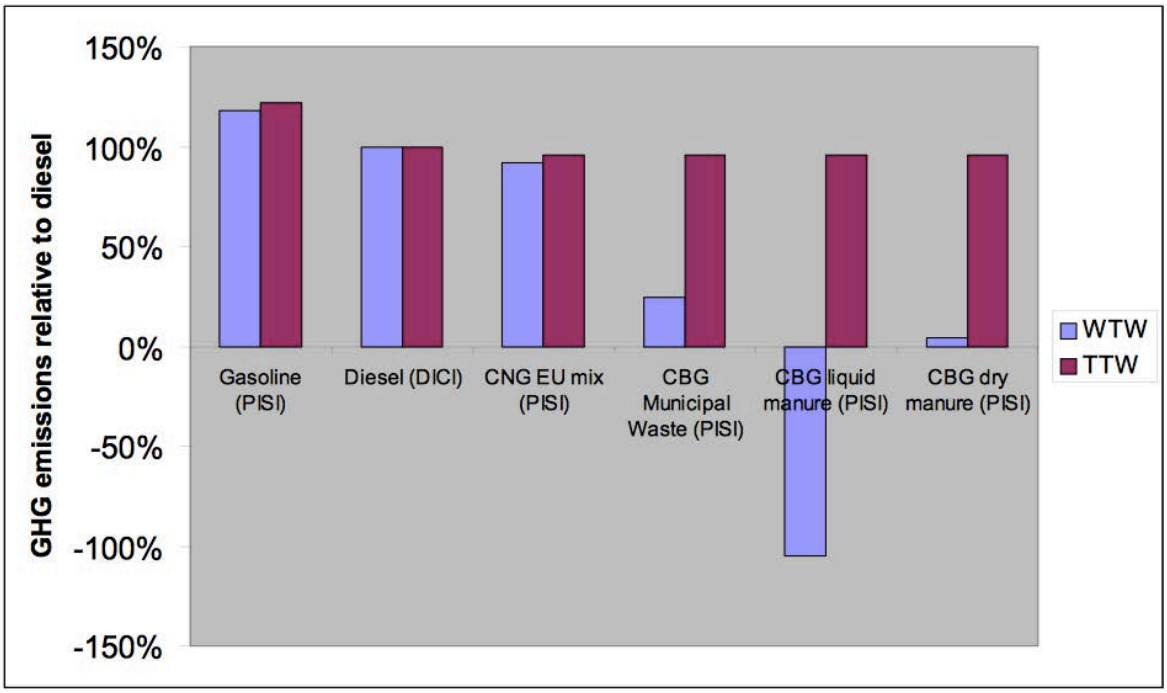
- *Veicoli Bi-Fuel (Bi-fuelled)* – è la tecnologia più diffusa ed è utilizzata per le automobili e veicoli promiscui alimentati a gas o a benzina. Sono equipaggiati con motore a ciclo Otto (accensione per scintilla) e un doppio sistema di alimentazione che può funzionare sia con gas che con benzina. Il veicolo è quindi in grado di funzionare con entrambi i combustibili.
- *Veicoli dedicati a gas* – sono veicoli dotati di un motore a ciclo Otto (accensione per scintilla) ottimizzato per funzionare con il solo metano. Questa tecnologia è utilizzata spesso nel caso di veicoli pesanti come gli autobus in sostituzione dei motori a gasolio convenzionale.
- *Veicoli dual-fuel* – sono veicoli a gasolio che utilizzano un motore diesel e funzionano con una miscela di gas e gasolio (solitamente 70% gas e 30% gasolio).

Il combustibile può essere immagazzinato nel veicolo in due stati: compresso o liquefatto. Più comune è l'utilizzo in forma compressa, come gas naturale compresso (CNG). Il gas è compresso nei serbatoi ad alta pressione, circa 200 bar. Tuttavia, a parità di volume, il contenuto energetico del gas compresso è significativamente inferiore rispetto al contenuto energetico di un combustibile liquido come il gasolio. Un'alternativa è quindi quella di immagazzinare il gas in forma liquefatta, gas naturale liquefatto (LNG). In questo caso il gas viene raffreddato, oltre che compresso, per raggiungere lo stato liquido e allo stesso modo viene stoccato in serbatoi ad alta pressione raggiungendo una densità

energetica superiore. Questo fa si che, sempre a parità di volume, il contenuto energetico del LNG sia maggiore di quello del CNG.
Se paragonato ad un veicolo a gasolio, un veicolo a gas è meno efficiente di un 15-20%, a causa della minor densità energetica del gas compresso. Questo problema è stato parzialmente risolto con la produzione di gas liquefatto.
Le problematiche principali legate all'utilizzo sia del biometano che del metano di origine fossile sono però legate al minor contenuto energetico che si traduce in minor percorrenza con un litro di combustibile e alla rete di distribuzione che è sicuramente limitata rispetto a quelle dei combustibili liquidi tradizionali. Questo spiega come mai i principali utilizzatori di gas siano le flotte di veicoli dedicati come camion o autobus.
La disponibilità di veicoli a gas varia da paese a paese, riflettendo lo sviluppo dei singoli mercati nel paese di riferimento, ma in generale è commercializzata una vasta gamma di veicoli. Per esempio autovetture a gas sono distribuite dai varie costruttrici europee come Fiat, Opel, PSA, Ford, VW, Mercedes e Volvo.

Biometano: contenuto energetico ed emissioni

Il biometano è un valido combustibile e brucia in modo efficiente nei motori. In termini di emissioni dirette di CO2 il biometano emette il 20% in meno rispetto alla benzina e il 5% in meno rispetto al gasolio. Tuttavia, il vero vantaggio del biometano è evidente quando si considera l'intero ciclo di vita del combustibile, come indicato nel grafico seguente, e si prende atto che la CO2 emessa dalla combustione del biometano è rinnovabile.



Emissioni comparate di gas serra al tubo di scappamento (TTW) e nell'intero ciclo di vita (WTW) per un'automobile alimentata con biogas e con differenti combustibili fossili (Concawe, 2005)

Legenda: PISI – Motore a benzina; DICI – Motore a gasolio; CNG – Gas Naturale Compresso; CBG – Biogas compresso; WTW: emissioni del ciclo di vita; TTW: emissioni al tubo di scappamento.

Su queste basi infatti il biocombustibile offre alcuni benefici di rilievo, in primo luogo è un combustibile rinnovabile e quindi la CO2 emessa al tubo di scappamento è totalmente rinnovabile, oltre a questo anche le emissioni del ciclo di vita sono molto ridotte, secondariamente provenendo dalla trasformazione di rifiuti organici, elimina una fonte potenziale di emissioni di metano dal momento che questi rifiuti si decompongono naturalmente se lasciati a se stessi. Quando questi effetti sono combinati si ha una riduzione di emissioni di composti CO2 equivalenti[5] superiore al 100%. Infatti a seconda della materia prima utilizzata per produrre il biogas la riduzione di emissioni di CO2eq. può variare dal 75 al 200%, e con una miscela di liquami e di rifiuti alimentari la riduzione di emissioni di CO2eq. è pari al 140%.

[5] Quando si parla di CO2 equivalenti si intende la sommatoria pesata di differenti composti (Anidride carbonica e Metano tra gli altri) che hanno un differente comportamento nella produzione dell'effetto serra.

Cogenerazione

La **cogenerazione** è il processo di produzione contemporanea di energia meccanica (solitamente trasformata in energia elettrica) e di calore. Il calore è utilizzabile per riscaldamento di edifici e/o per processi produttivi-industriali.

Introduzione

Lo spettro delle prestazioni di tipo elettrico e termico riguardanti gli impianti di cogenerazione variano da pochi a centinaia di kilowatt. Dall'anno 2000 circa sono a disposizione sempre di più sul mercato impianti delle dimensioni di una lavatrice, le cosiddette mini e micro centrali elettriche a cogenerazione per case unifamiliari, piccole imprese e hotel. Nel 2009 è partito un progetto da parte di VW che prevede l'installazione di 100.000 piccoli impianti di cogenerazione, con prestazioni complessive di circa 2 GW[2]

Solitamente un impianto a cogenerazione è composto da:

- Motore primo;
- Generatore elettrico;
- Impianto motore;
- Recuperatori di calore;

Se si dovessero suddividere per motori primi, potremmo distinguere:

- Motori alternativi a combustione interna.
- Impianti turbogas;
- Impianti turbovapore;

Un esempio

Un esempio è dato dal funzionamento di un'automobile: la potenza prelevata dall'albero motore è usata per la trazione e la produzione di elettricità, il calore sottratto ai cilindri per il riscaldamento dell'abitacolo e la pressione dei gas di scarico per muovere la turbina di sovralimentazione. Lo sfruttamento di calore e pressione non comporta un aumento dei consumi poiché sono *scarti* del processo di conversione da energia chimica ad energia meccanica attuato dal motore.

Il loro sfruttamento consente di trasformare l'energia primaria immessa (il combustibile fornisce energia chimica) in forme diverse di energia secondaria prodotta (movimento, calore). Un sistema che opera la cogenerazione è detto co-generatore.

Uno dei primi esempi di diffusione della cogenerazione su piccola scala in Italia è stato il TOTEM realizzato nel 1973 dall'ing. Mario Palazzetti, del Centro Ricerche Fiat.

Impieghi della cogenerazione

L'energia termica può essere utilizzata per uso industriale o condizionamento ambientale (riscaldamento, raffreddamento).

La cogenerazione viene realizzata in particolari centrali termoelettriche, dove si recuperano l'acqua calda od il vapore di processo e/o i fumi, prodotti da un motore primo alimentato a combustibile fossile (gas naturale, olio combustibile, ecc.) o da combustibili organici non fossili (biomasse, biogas, gas di sintesi, o altro): si ottiene così un significativo risparmio di energia rispetto alla produzione separata dell'energia elettrica (tramite generazione in centrale elettrica) e dell'energia termica (tramite centrale termica tradizionale).

Un particolare campo dei sistemi di cogenerazione è quello della trigenerazione.

Definizione di efficienza

L'efficienza può essere espressa in diversi modi, che non sempre portano ad un corretto confronto tra i vari impianti. Si illustrano allora le definizioni adottate dall'Environmental Protection Agency (EPA).

L'efficienza di un processo semplice è il rapporto tra energia conservata, al termine del processo, ed energia immessa.

Dato che i sistemi di cogenerazione producono sia elettricità, sia calore, la loro efficienza totale è data dalla somma dell'efficienza elettrica e dell'efficienza termica. Per esempio un impianto che utilizza 100 MWh di metano per produrre 40 MWh elettrici e 40 MWh termici ha un'efficienza elettrica e termica del 40% ed un'efficienza globale dell'80%.

L'EPA usa preferibilmente un'altra definizione di efficienza nota come «efficacia nell'utilizzazione di combustibile», rapporto tra l'uscita elettrica netta ed il consumo di combustibile netto (che non tiene conto del combustibile usato per produrre energia termica utilizzabile, calcolato assumendo un'efficienza specifica della caldaia dell'80%). Il reciproco di questo rapporto è la *quantità netta di calore*.

Esistono anche altri indici di valutazione delle prestazioni di un impianto cogenerativo: il primo tra tutti è il cosiddetto IRE, *indice di risparmio energetico*. Tale indice è definito come il rapporto tra la differenza di potenze assorbite dagli impianti singoli per la produzione di energia elettrica e termica separatamente, meno quella assorbita dall'impianto cogenerativo, fratto la potenza assorbita dagli impianti separati essendo questa potenza valutata in termini di combustibile a parità di potenza elettrica e termica prodotta dai rispettivi impianti. Tale indice dà l'idea di quanta energia possa essere risparmiata con tali impianti; è possibile tramite semplici calcoli analitici dimostrare che tale indice è dipendente dai rendimenti di riferimento dei singoli impianti definiti questi ultimi come i rapporti rispettivi tra la potenza elettrica su potenza assorbita e potenza termica su potenza assorbita.

Altri indici importanti sono l'indice elettrico definito come il rapporto tra la potenza elettrica erogata e la potenza termica prodotta del medesimo impianto cogenerativo, il coefficiente di utilizzo inteso come somma dei rapporti tra la potenza elettrica e la potenza assorbita e la potenza termica e quella introdotta.

Tutti questi coefficienti sono però relativi ad un determinato istante intervenendo

in essi le potenze, e per questo tali indici sono utili a determinare i valori di targa dell'impianto vale a dire i valori di massime prestazioni di impianto.

Molto spesso conviene riferirsi ad un periodo di tempo finito e valutare gli indici in tale periodo: ciò equivale a valutare gli indici in termini di rapporti energetici più che di potenze, tali valutazioni sono importanti perché permettono di stabilire dove è più conveniente realizzare un dato progetto di impianto cogenerativo, in funzione dei consumi energetici che in tali zone si ottengono.

Infine, l'indice di risparmio economico che è definito come il rapporto tra i costi che si avrebbero comprando energia dall'esterno meno i costi che si hanno comprando combustibile per alimentare l'impianto cogenerativo che si vuole costruire e che produce un'uguale quantità di energia che si vuol comprare, fratto il costo dell'energia che si vuol comprare. Tale indice permette di valutare la convenienza economica che un simile progetto comporta, naturalmente una corretta e completa valutazione economica implica un calcolo di spese per il mantenimento dell'impianto e relativi investimenti.

L’efficienza energetica della cogenerazione

La cogenerazione è una tecnologia che consente di incrementare l'efficienza energetica complessiva di un sistema di conversione di energia. Ma per spiegarne il motivo occorre analizzare i rendimenti.

Il coefficiente di rendimento è caratteristico per ogni tipo di motore e rappresenta il rapporto tra la resa energetica che ne deriva ed il combustibile introdotto. Nel motore di una automobile indica il rapporto tra i chilometri percorsi e la quantità di idrocarburi introdotti; nei grandi motori per la produzione di energia elettrica il coefficiente indica il rapporto tra chilowattora prodotti e il combustibile consumato.

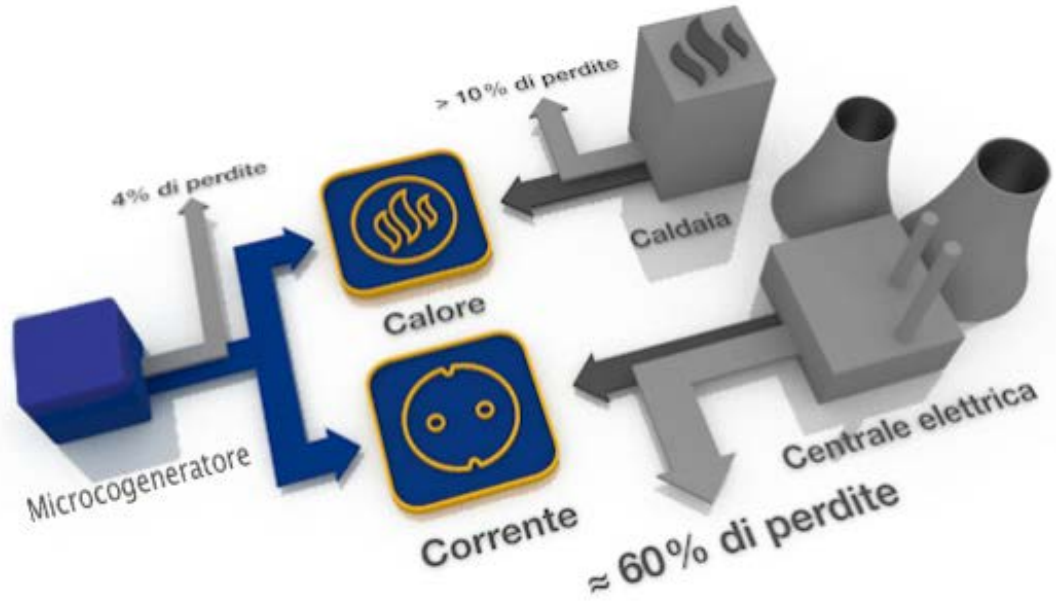
Questi rapporti sono caratteristici per ogni tipo di motore. Ad esempio i motori di auto a benzina presentano rendimenti che oscillano tra il 20 ed il 30 per cento; auto con motori diesel tra il 25 ed il 35 per cento, il restante diventa calore disperso.

I grandi motori hanno un'efficienza maggiore e, pur generalizzando molto, si può affermare che per i motori termoelettrici, il coefficiente di rendimento è discretamente alto e può raggiungere un 55%. Ma il medesimo motore quando produce in cogenerazione presenta coefficienti che raggiungono l'85%, perché il potere calorifero del combustibile è utilizzato al meglio, con un'effettiva ottimizzazione dei processi.

Naturalmente gli investimenti per adattare i motori di una centrale termoelettrica alla cogenerazione sono notevoli, ma qualora sia possibile creare una rete di teleriscaldamento, i risultati sono sempre vantaggiosi. Va considerato infatti il periodo di utilizzo di queste macchine, che arriva anche a 30-40 anni.

Ricapitolando le tradizionali centrali termoelettriche convertono soltanto 1/3 dell'energia del combustibile in elettricità,mentre il resto viene perso sotto forma di calore. Ne consegue l'esigenza di incrementare l'efficienza della produzione elettrica. Un metodo che va in questa direzione è la produzione combinata di calore

ed elettricità (nota anche con l'acronimo inglese **CHP**, da *combined heat and power*) dove più di 4/5 dell'energia del combustibile è convertita in energia utilizzabile, con benefici sia finanziari che economici.



Confronto cogenerazione con la generazione separata odierna.

Piccola cogenerazione (e microcogenerazione)

La cogenerazione con potenza elettrica inferiore ad 1 MW si definisce *piccola cogenerazione*,quella con potenza inferiore a 50 kW *microcogenerazione*, e viene effettuata tramite motori alternativi a combustione interna, microturbine a gas o motori a ciclo Stirling. La differenza principale tra la piccola cogenerazione e la microcogenerazione consiste nel fatto che nella piccola cogenerazione l'energia termica è un prodotto secondario, mentre la microcogenerazione è diretta principalmente alla produzione di calore e secondariamente di energia elettrica.

I vantaggi della *piccola cogenerazione*
In estrema sintesi i vantaggi della piccola cogenerazione sono[4]:

- Impiego di energia termica altrimenti inutilizzata, con un conseguente risparmio di combustibile
- Minore inquinamento atmosferico
- Filiera di distribuzione elettrica notevolmente più corta, con una netta riduzione delle perdite sulla linea
- Riduzione delle infrastrutture (centrali e linee elettriche)

BIBLIOGRAPHY

[1]"La microcogenerazione a gas naturale" Macchi Ennio, Campanari Stefano, Silva Paolo edizione Polipress
[2] "Biogas da rifiuti solidi urbani" a cura di Renato Vismara, Francesca Malpei, Massimo Centemero edizioni Dario Flaccovio
[3] "Biogas da agrozootecnia e agroindustria" a cura di Renato Vismara, Roberto Canziani, Francesa Malpei, Sergio Piccinini
[4] "Biogas piccoli impianti" Alessandro Ragazzoni, Donatella Banzato edizione L'informatore Agario
[5] "Ingegneria dei rifiuti solidi" Piero Sirini, George Tchobanoglous, Rosario Carlo Noto La Diega edizione Mc Graw Hill
[6] "Uso e riciclo di biomasse di recupero in agricoltura" Pier Luigi Genevini, Valeria Mezzanotte edizione Cusl
[7]"Le fonti rinnovabili in ambito agricolo" edizione Enema
[8] "Turbine a gas e cicli combinati" Giovanni Lozza edizione Progetto Leonardo
[9] “Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction, 2nd, Revised and Expanded Edition” Dieter Deublein, Angelika Steinhauser
[10] “Progetto Agrengest” Alessio Campi *Fondazione Politecnico di Milano* Gianluca Valenti, Giampaolo Manzolini, Ennio Macchi, Giampaolo Bilato, Giacomo Scatolino *Agricola 2000* Virgilio Garavaglia *Tis Innovation Park*
[11] http://www.autorita.energia.it
[12] https://www.mercatoelettrico.org/it/
[13] http://users.unimi.it/ricicla/
[14] http://www.fabbricabioenergia.polimi.it
[15] https://www.wordbank.com
[16] https://www.wikipedia.com
[17] “La dissalazione dell’acqua di mare” Marco Rognoni edizione Dario Flaccovio
[18] “La climatizzazione a gas e ad azionamento termico” Macchi Ennio, Campanari Stefano, Silva Paolo edizione Plipress
[19] “Analisi exergetica” Andrea Galliani, Ernesto Pedrocchi Edizione Polipress
[20] “Gestione dei grandi progetti d’ingegneria” Franco Caron edizione Isedi
[21] “Metallurgia” Walter Nicodemi edizione Zanichelli