

Modulo di *Chimica dei processi biotecnologici*

IL BIOGAS

16 Marzo 2010

Elena Tamburini



FILIERE ENERGETICHE

- **COMBUSTIONE**

- Biomasse forestali
- Biomasse agricole

- **BIODIESEL**

- Colture energetiche
(Colza, Girasole, Soia ecc)

- **BIOETANOLO**

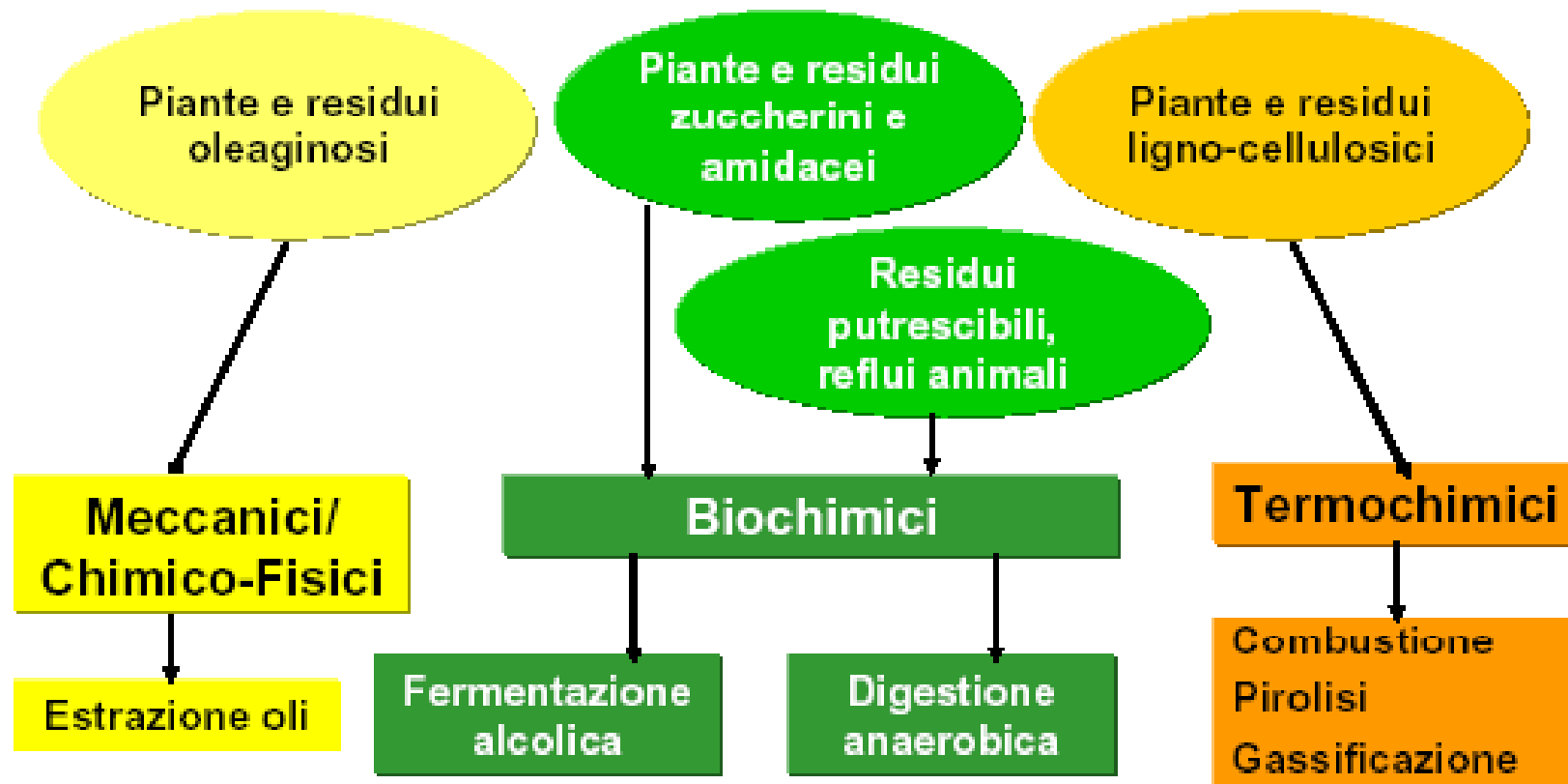
- Colture energetiche
(Mais, canna zucchero, bietola ecc)

- **BIOGAS**

- Reflui zootecnici
- Colture energetiche
- Scarti agroindustria
- Materie prime alimentari

Biomassa

Parametri selettivi: Lignina/cellulosa; C/N; Umidità



Gli obiettivi necessari per Kyoto, fissati dalla Unione Europea:



- **Il tre volte 20:**
 - riduzione del 20% di emissioni di gas serra
 - aumento del 20% dell'efficienza energetica
 - aumento del 20% delle fonti rinnovabili
- **Entro il 2020**

Rischi per l'Italia: il mancato rispetto si stima possa comportare sanzioni comunitarie per 18-23.000 milioni di euro annui (63.000.000E al giorno!)



Regole prevalentemente obbligatorie

Direttiva e Direttiva Nuovo Approccio

Vincolante per quanto riguarda il risultato.

Deve essere recepita entro un termine di tempo.

Legge comunitaria.

Regolamento

Vincolante ed applicabile senza necessità di provvedimenti nazionali di attuazione a meno di integrazioni nazionali complementari.

Decisione

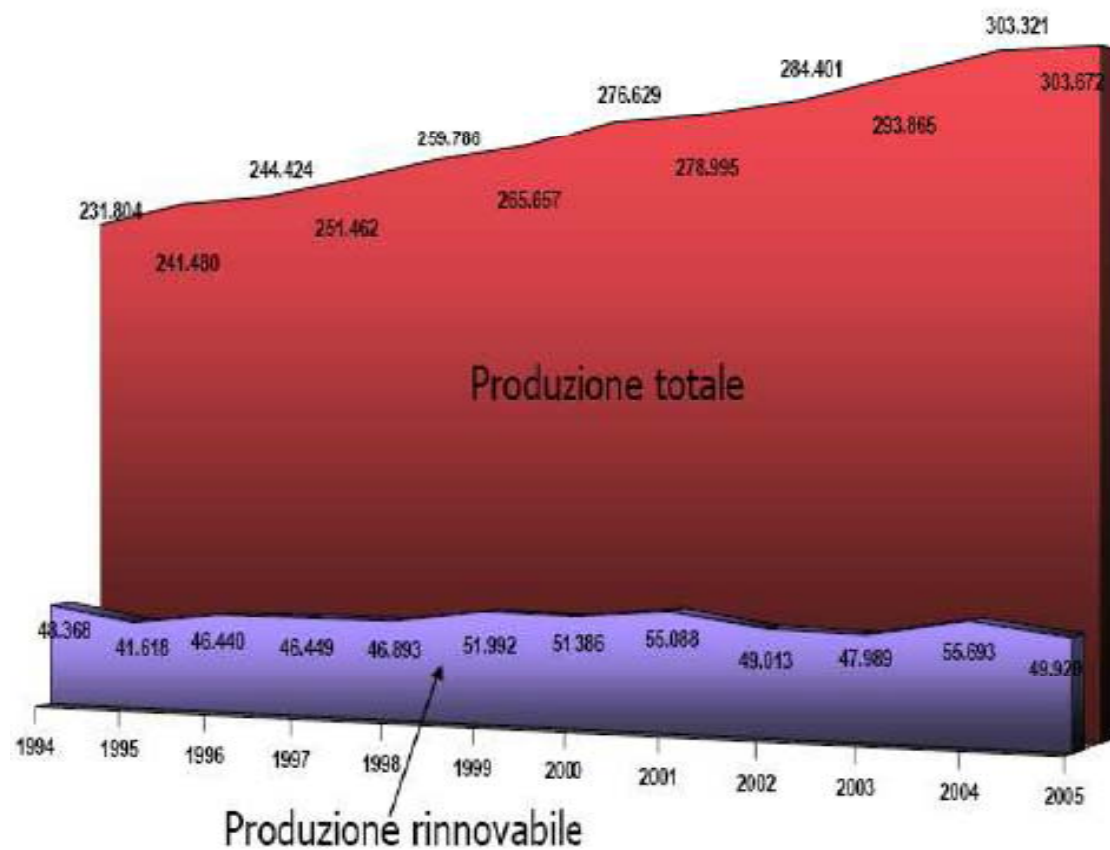
Obbligatoria e vincolante in tutti i suoi elementi per i destinatari (Stati membri, persone giuridiche, persone fisiche) .

Raccomandazioni e pareri

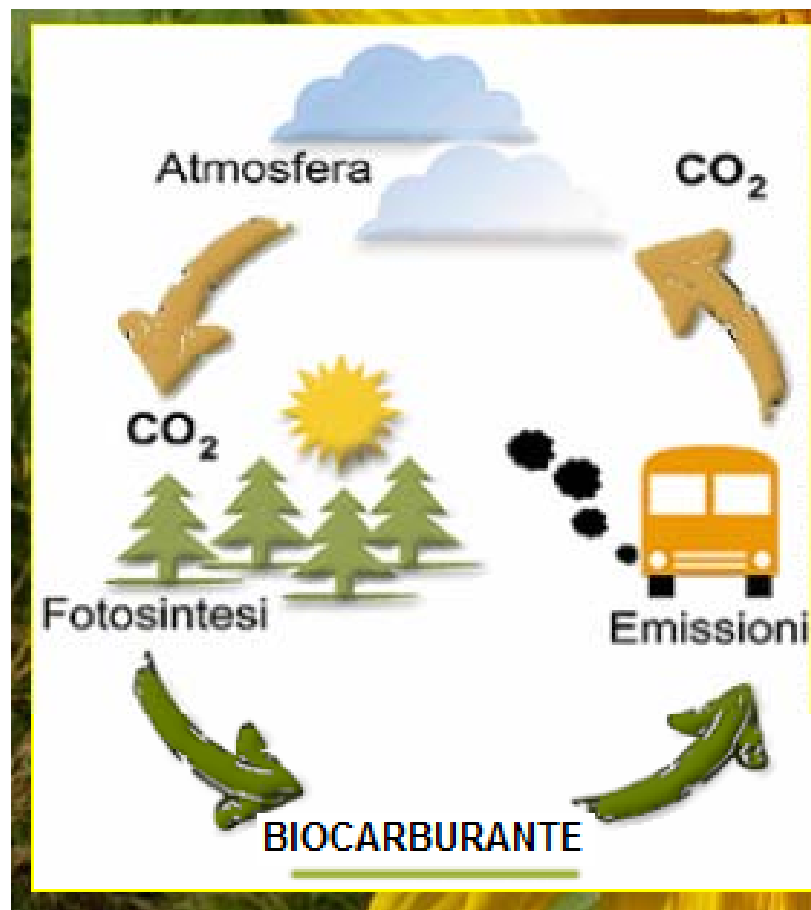
Atti non vincolanti.



Confronto tra la produzione lorda totale e la produzione rinnovabile in Italia dal 1994 al 2005 (GWh)



Il ciclo del carbonio

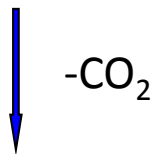


La digestione anaerobica

- è un processo biologico per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas (energia rinnovabile) costituito principalmente da metano e anidride carbonica;
- la percentuale di metano nel biogas varia a secondo del tipo di sostanza organica digerita e delle condizioni di processo, da un minimo del 50% fino all'80% circa.

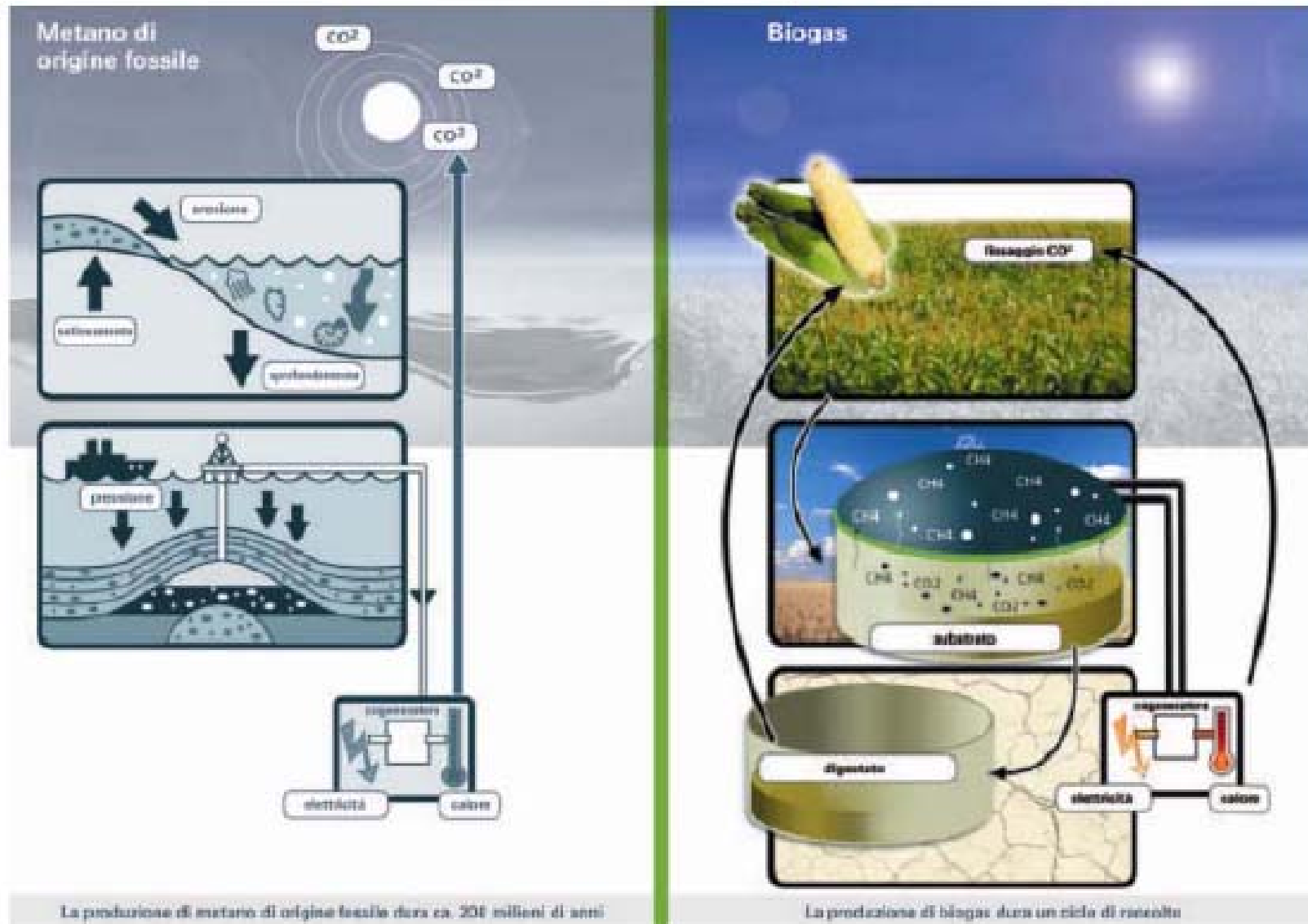
BIOGAS	CH ₄	50-80%
	CO ₂	20-50%
	H ₂ O	tracce
	H ₂ S	tracce

Potere calorifico di 20000 kJ/m³

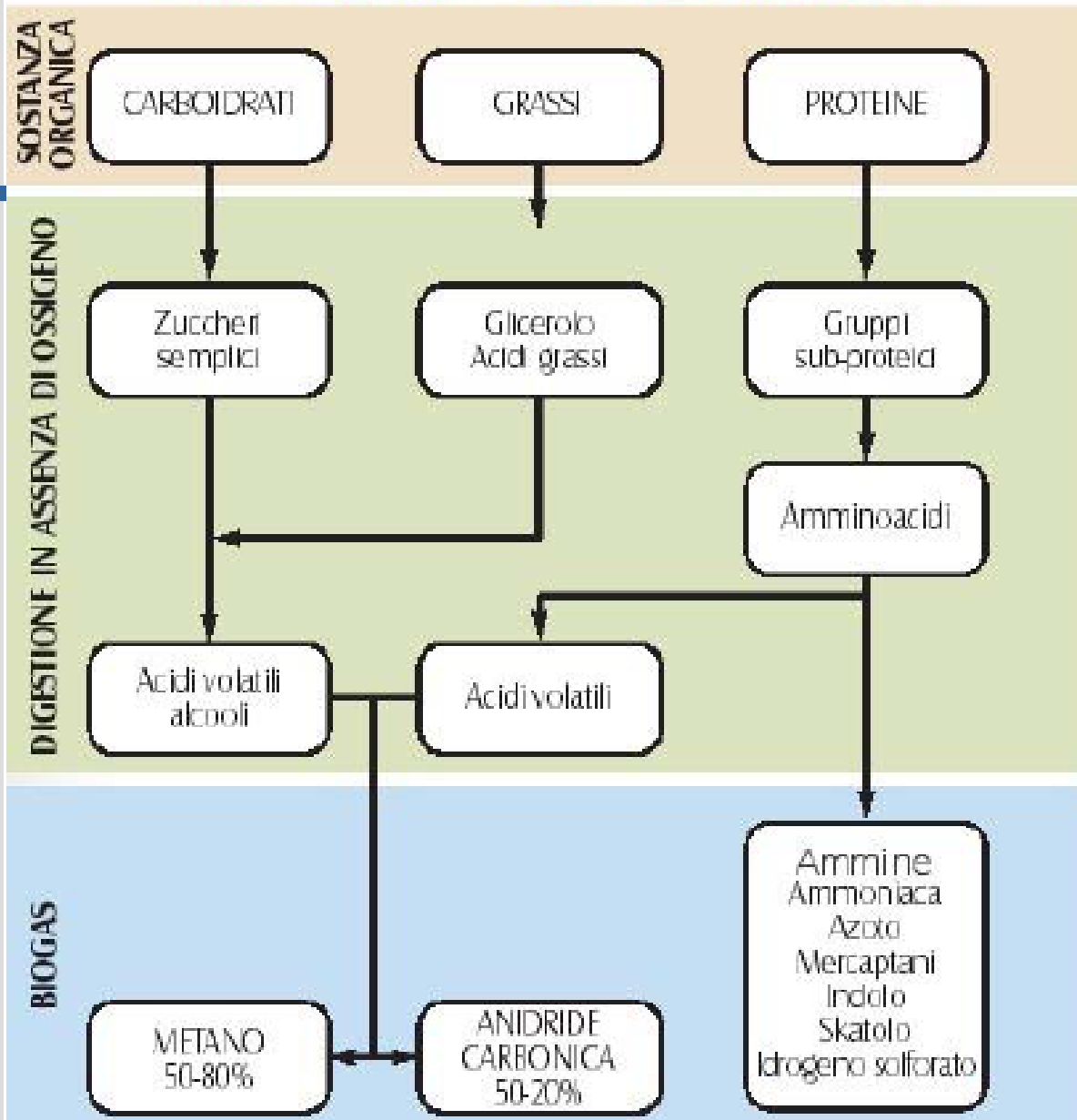


Potere calorifico di 37300 kJ/m³

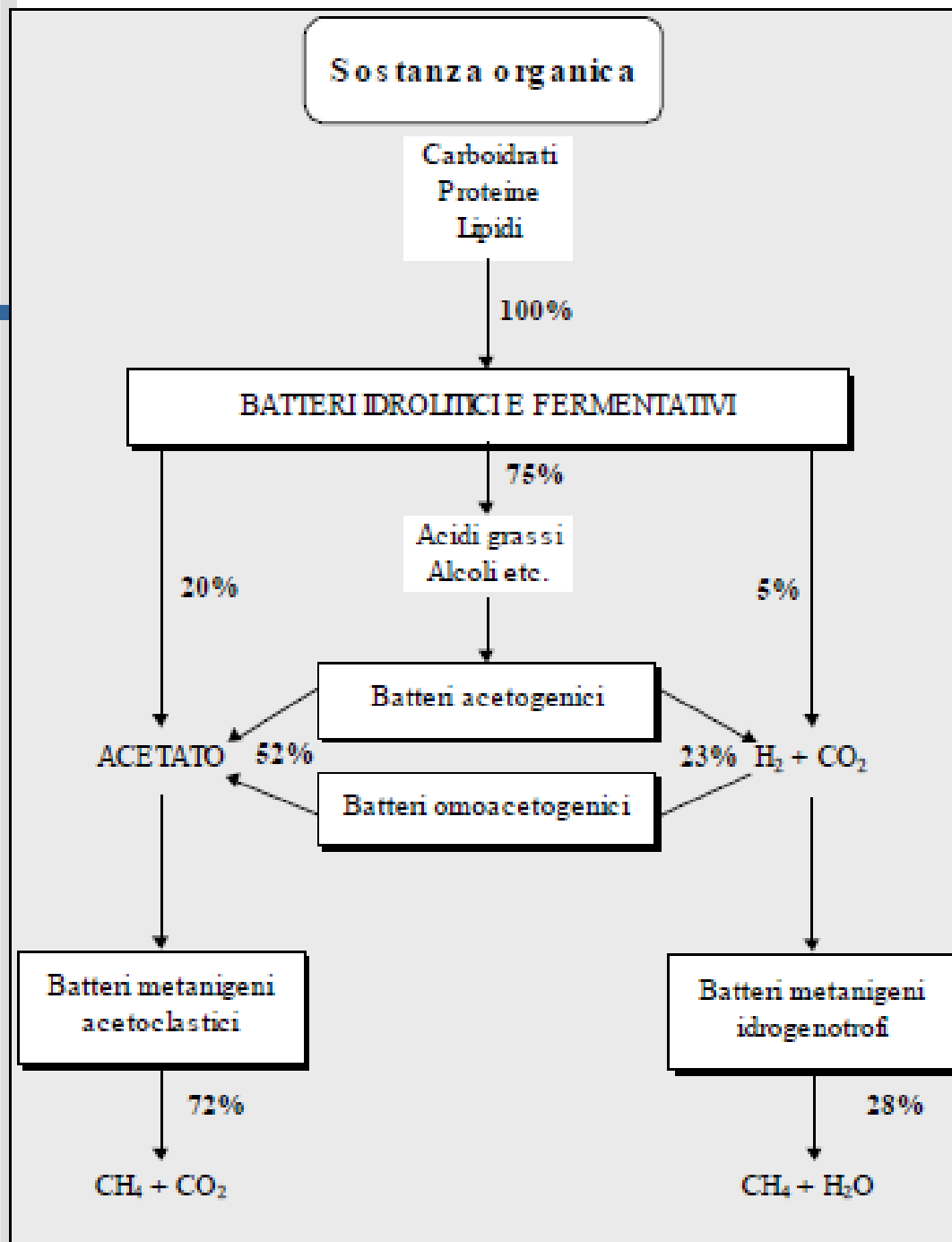
Metano fossile e biogas



DALLA MATERIA ORGANICA AL BIOGAS



Schema della Digestione Anaerobica



Schema del processo biologico di digestione anaerobica

FASI DELLA DIGESTIONE ANAEROBICA

1. FASE IDROLITICA

BATTERI IDROLITICI

Bacillus subtilis
Clostridium thermocellum
Staphylococcus aureus

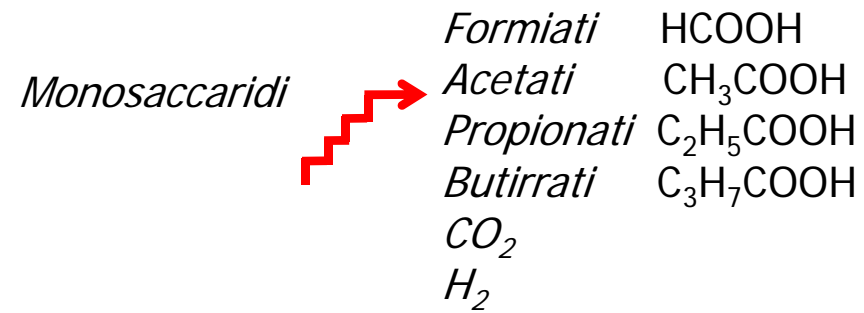
Carboidrati
Proteine
Lipidi



Acidi grassi
Glicerolo
Peptidi e Aminoacidi
Monosaccaridi

2. FERMENTAZIONE ACIDOGENICA

BATTERI ACETOGENICI
E OMOACETOGENICI



3. FERMENTAZIONE ALCALINA

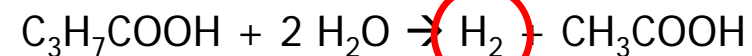
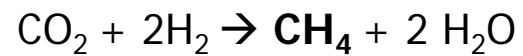
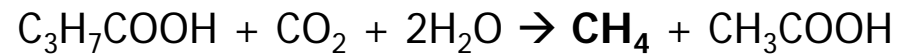
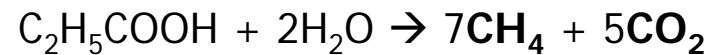
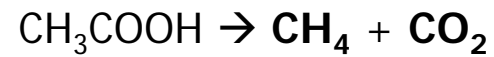
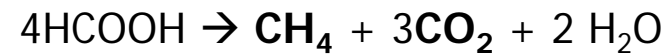
BATTERI METANIGENI

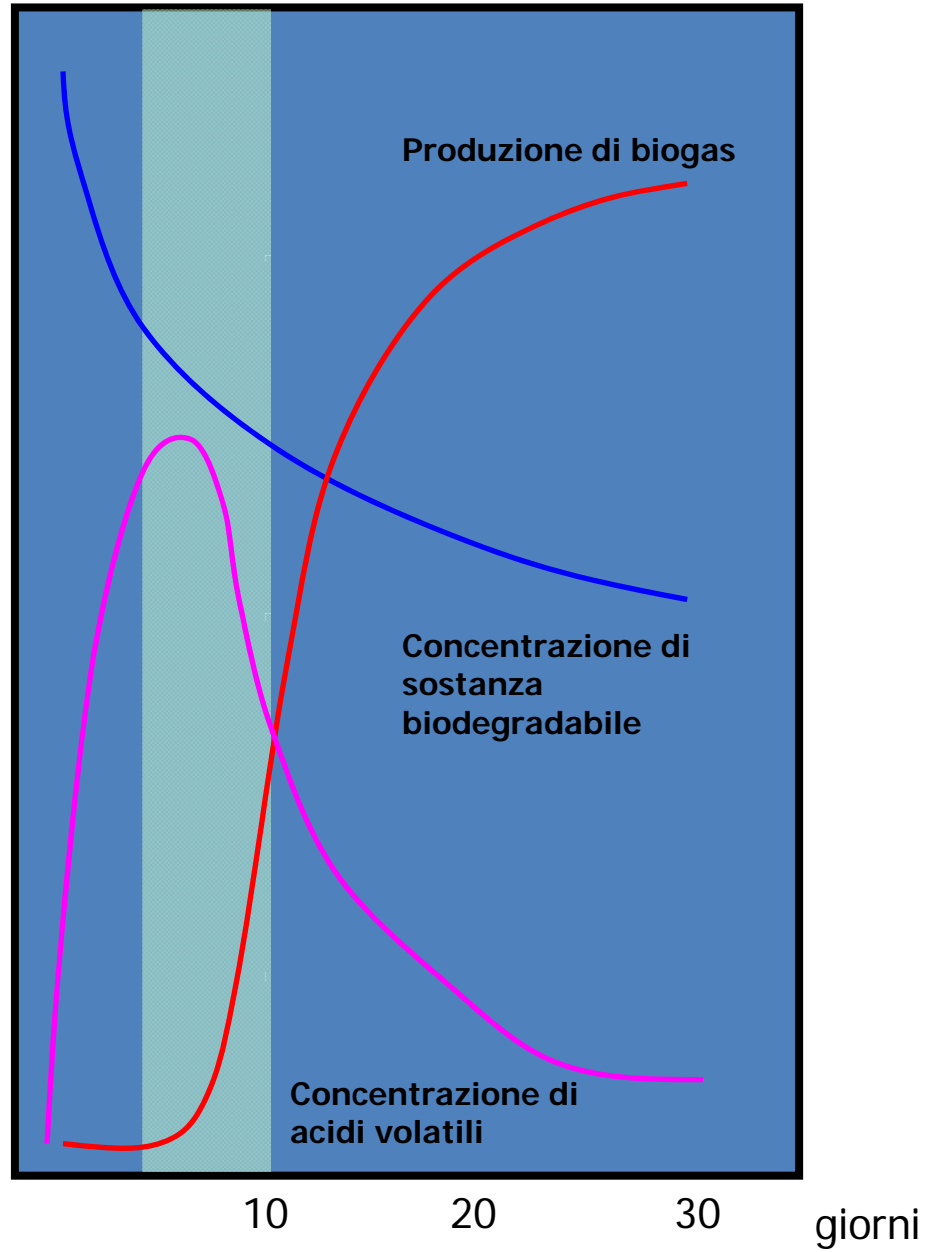
*Acidi
organici*



CH_4
 CO_2
 H_2

Methanobacterium
Methanosarcina
Methanospirillum
Methanobacter





Le tecniche di digestione



Le tecniche di digestione anaerobica possono essere suddivise in due gruppi principali:

- Digestione a umido (wet), quando il substrato in digestione ha un contenuto di $SS \leq 10\%$.
- Digestione a secco (dry), quando il substrato in digestione ha un contenuto di $SS \geq 20\%$;

Processi con valori di secco intermedi vengono in genere definiti processi a semisecco.

Le tecniche di digestione

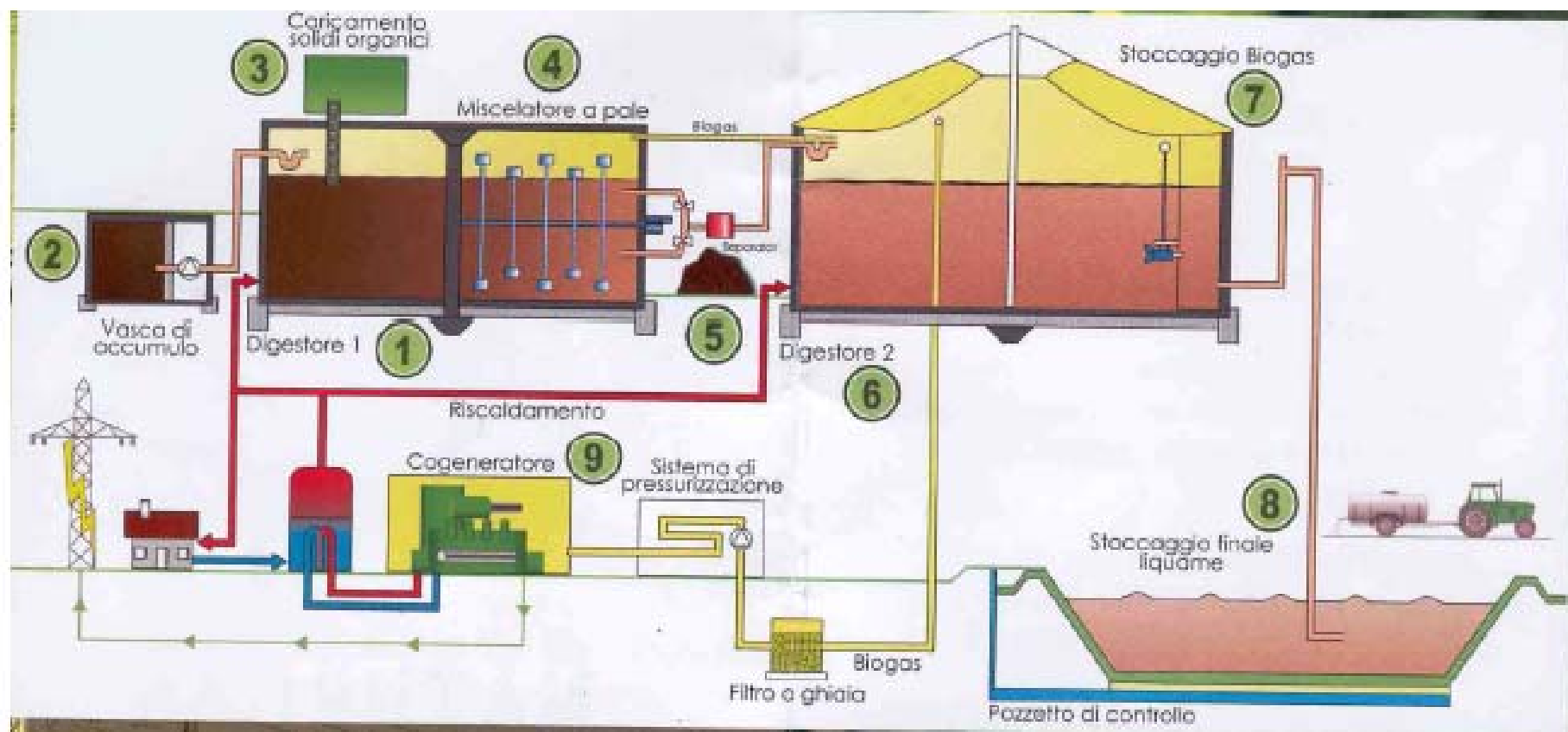


La digestione anaerobica può essere condotta in condizione mesofila (35-40°C) o termofila (50-55°C).

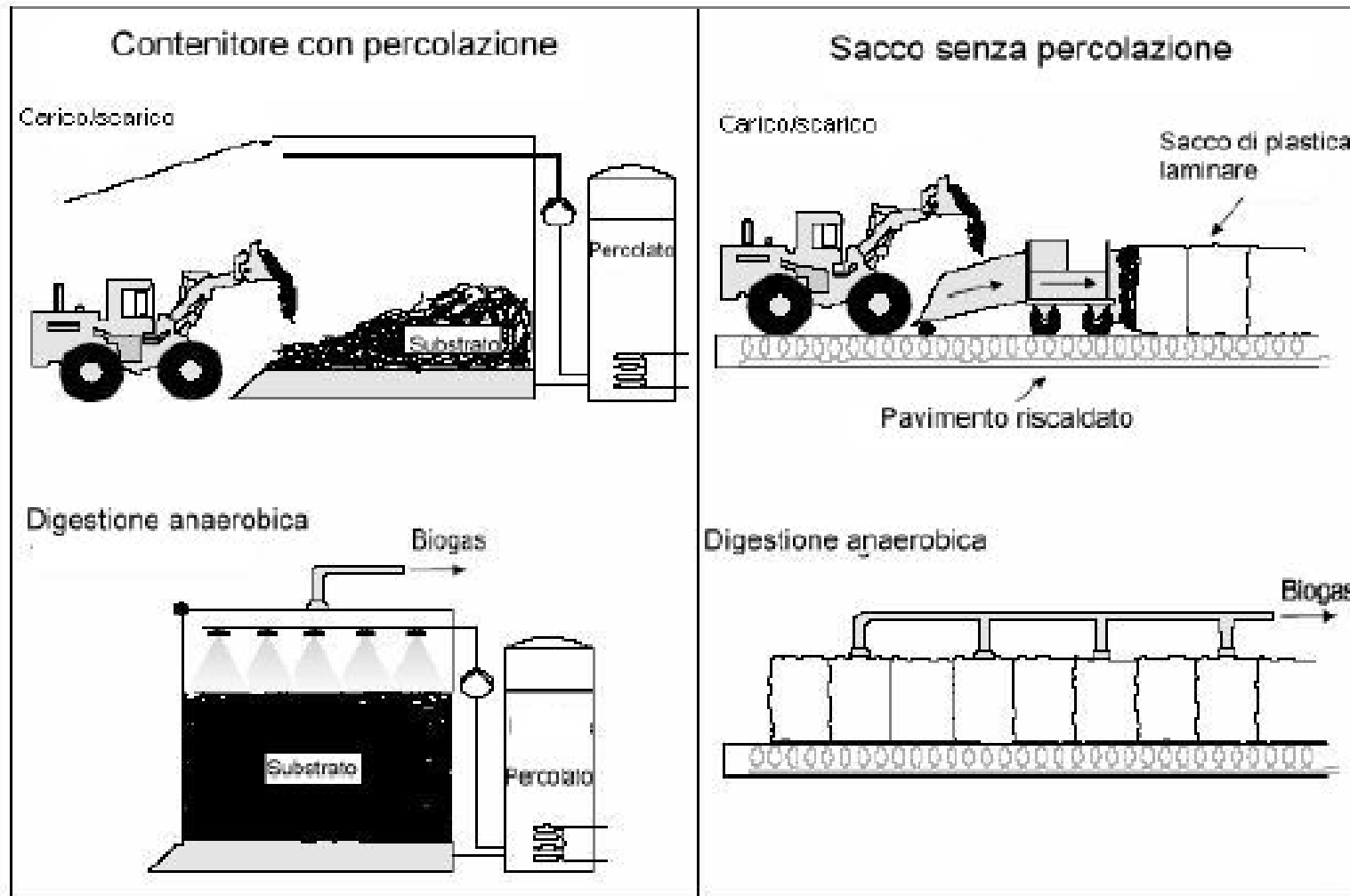
Con impianti semplificati è possibile operare anche in psicofilia (10-25 °C).

IL BIOGAS: schemi di funzionamento

Impianto classico



Processi di digestione a secco discontinui



La trasformazione del biogas in energia



Può avvenire per:

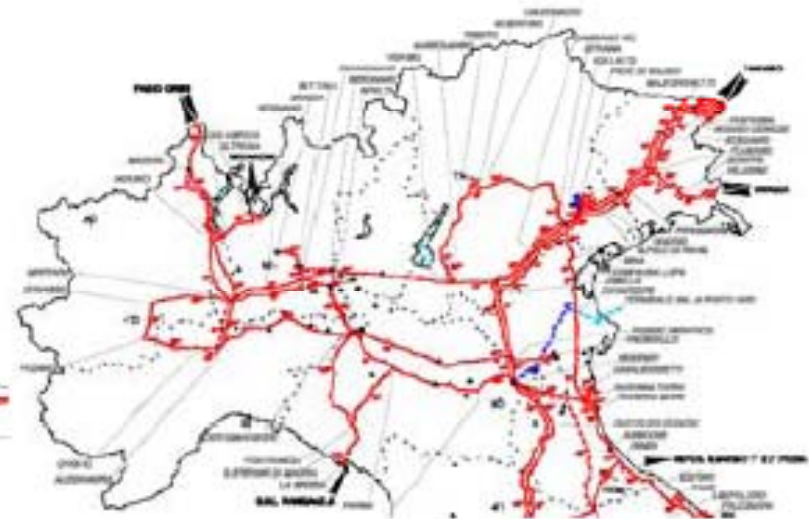
- combustione diretta in caldaia, con produzione di sola energia termica ;
- combustione in motori azionanti gruppi elettrogeni per la produzione di energia elettrica;
- combustione in cogeneratori per la produzione combinata di energia elettrica e di energia termica;
- uso per autotrazione come metano al 95-98%.

Biogas per autotrazione



La **Svezia**, la **Germania**, la **Svizzera** e l'**Austria** sono attualmente i paesi europei più avanzati nell'utilizzo di biogas per autotrazione.

RETE NAZIONALE DEI GASDOTTI



La diffusione in Europa

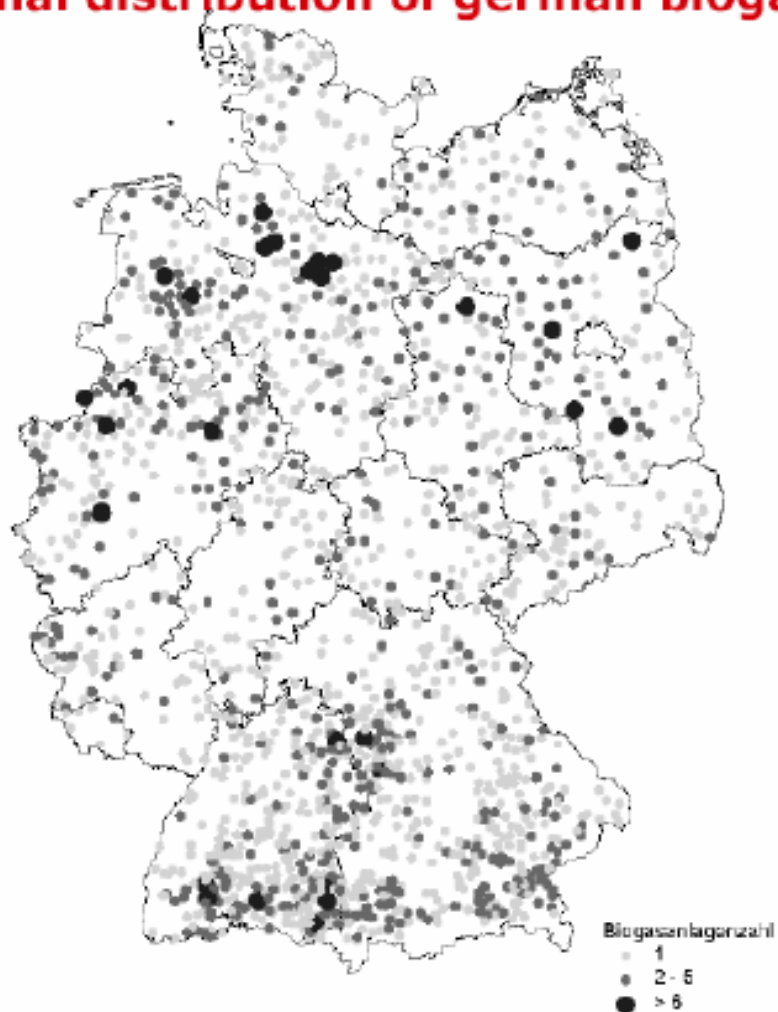


- Oltre 400 impianti di biogas per il trattamento delle acque reflue industriali ad alto carico organico.
- Circa 450 impianti operativi nel recupero di biogas dalle discariche per rifiuti urbani.
- Circa 1600 digestori operativi nella stabilizzazione dei fanghi di depurazione.
- Oltre 4000 impianti operanti su liquami zootecnici in particolare in Germania (oltre 3500), Austria, Italia, Danimarca, Svizzera e Svezia.
- Circa 200 impianti trattano frazione organica di rifiuti urbani e/o residui organici industriali.

GERMANIA

Fonte Doheler 2008 - KTBL

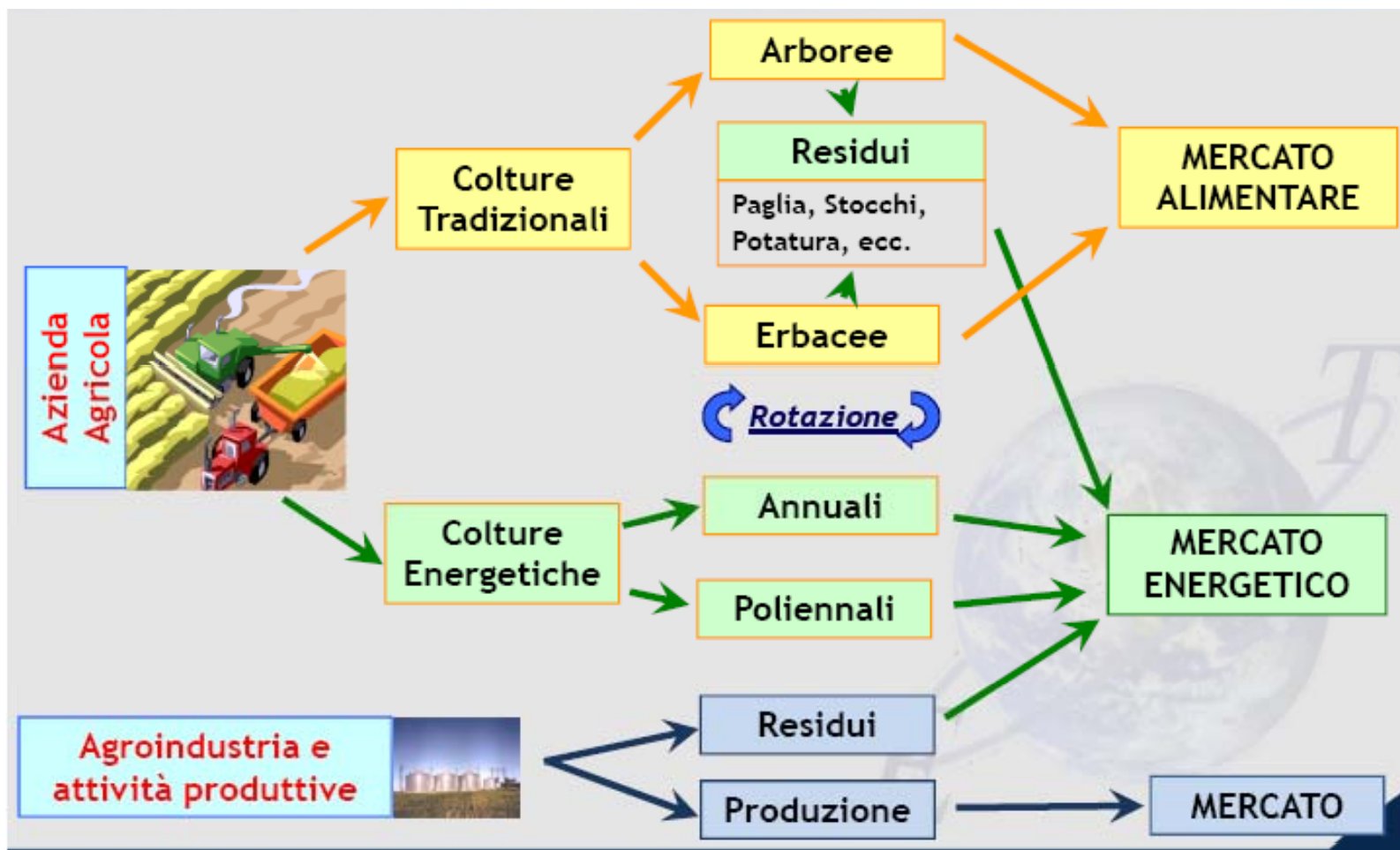
Regional distribution of german biogas plants



Certificati Verdi - Filiera Corta

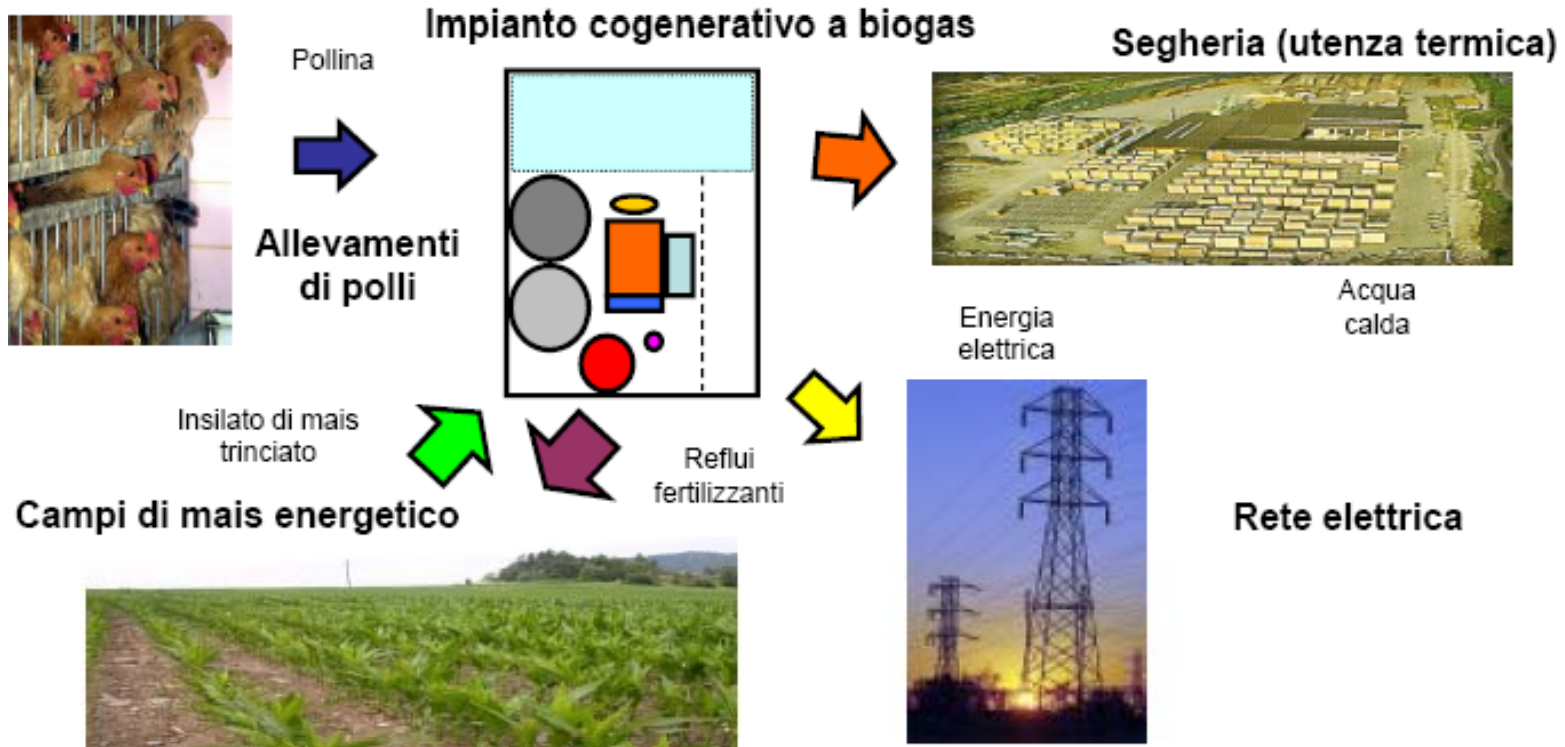
- Le biomasse agricole prodotte entro un raggio di 70 km e quelle derivanti da accordi di filiera hanno diritto ai CV il cui numero è incrementato del coefficiente 1,8.
- La proposta prevista nel DDL sulla competitività nel settore agroalimentare riconosce una tariffa onnicomprensiva per gli impianti non superiore a 1 MW pari a 0,28 euro/kWh.

Le filiere locali – il modello di filiera corta



Esempio di filiera corta

Filiera: [Reflui zootecnici + Colture energetiche]
[Digestione anaerobica (biogas)]
[Motori a combustione interna]

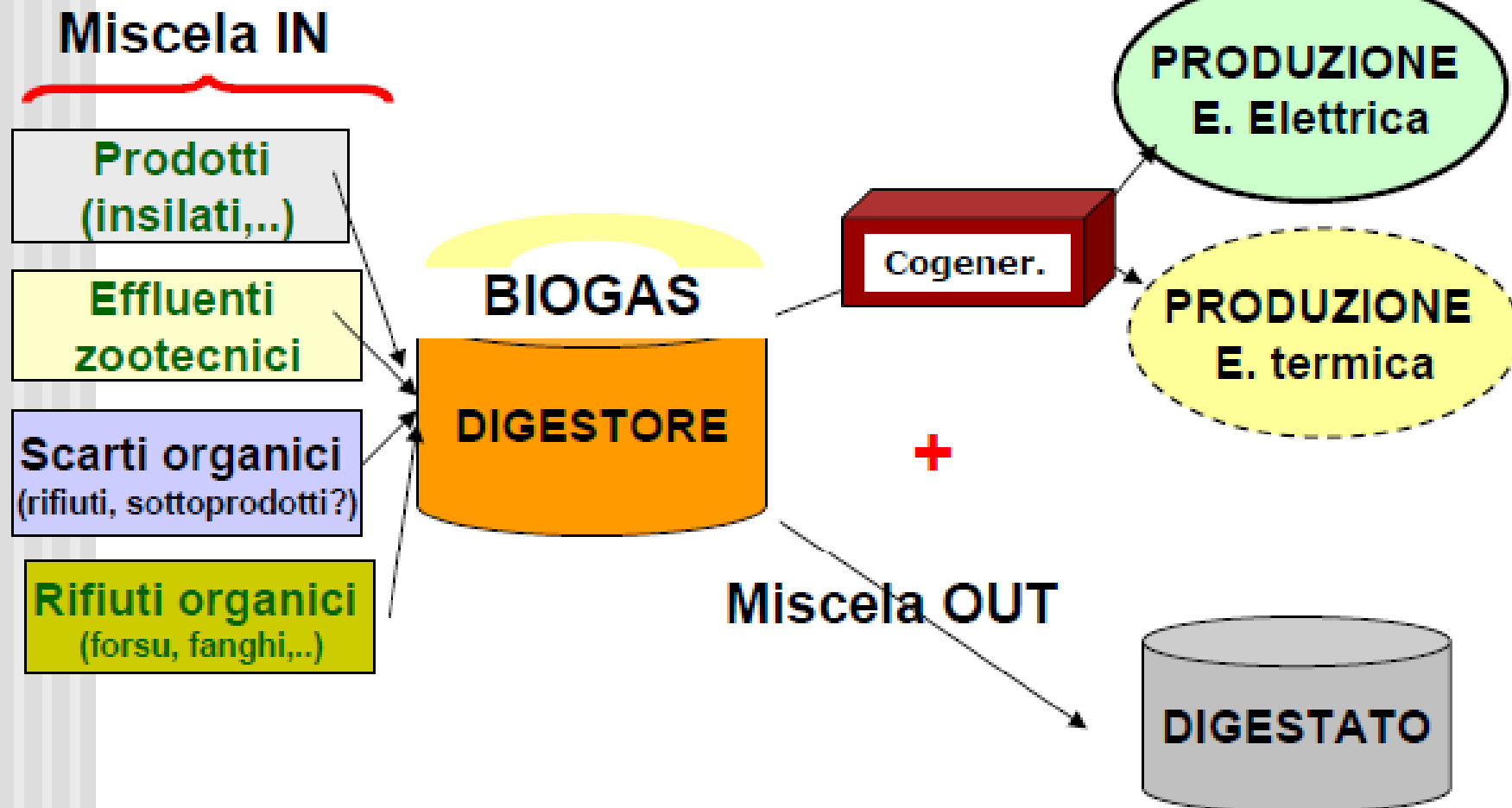


PERCHE' LA DIGESTIONE ANAEROBICA NEL COMPARTO AGRO-ZOOTECNICO?



- 1. INCENTIVO ECONOMICO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI**
- 2. EFFLUENTI ZOOTECNICI DISPONIBILI "A VOLONTA'" ...**
- 3. L'USO AGRONOMICO DEL DIGESTATO E' SICURAMENTE LA SOLUZIONE PIU' "CONVENIENTE"**
- 4. MARGINE ECONOMICO PER ATTUARE LA RIDUZIONE DEL CARICO AZOTATO**

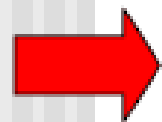
DIGESTIONE ANAEROBICA di "BIOMASSE" DEDICATE, DI SCARTO E RIFIUTI ORGANICI: "PRODOTTI" IN USCITA



DIGESTIONE ANAEROBICA NORME DI RIFERIMENTO



**Il Dlgs 387/03 definisce cosa si intende per
“BIOMASSE” (art. 2, comma 1, lettera a):**



**la PARTE BIODEGRADABILE dei PRODOTTI, RIFIUTI
e RESIDUI PROVENIENTI DALL'AGRICOLTURA
(comprendente sostanze vegetali e animali), dalla
SILVICOLTURA, dalle INDUSTRIE CONNESSE,
NONCHÉ LA PARTE BIODEGRADABILE DEI RIFIUTI
INDUSTRIALI E URBANI**

Regione Emilia-Romagna
D.G.R. n. 1255/08 "Aspetti della normativa ambientale....: primi indirizzi agli enti locali per uniformare i procedimenti"



PROCEDURE per la REALIZZAZIONE IMPIANTI:

1. entro 250 kWe di potenza:

Denuncia di inizio attività (DIA) di cui agli artt. 22 e 23 del TU in materia di edilizia;

2. Potenza elettrica >1 MW:

procedimento autorizzativo ordinario ai sensi del D.Lgs 387/03, indipendentemente dalla natura delle biomasse trattate.

Regione Emilia-Romagna
D.G.R. n. 1255/08 "Aspetti della normativa ambientale....: primi indirizzi agli enti locali per uniformare i procedimenti"



PROCEDURE per la REALIZZAZIONE IMPIANTI:

3. tra 250 kWe e 1 MWe:

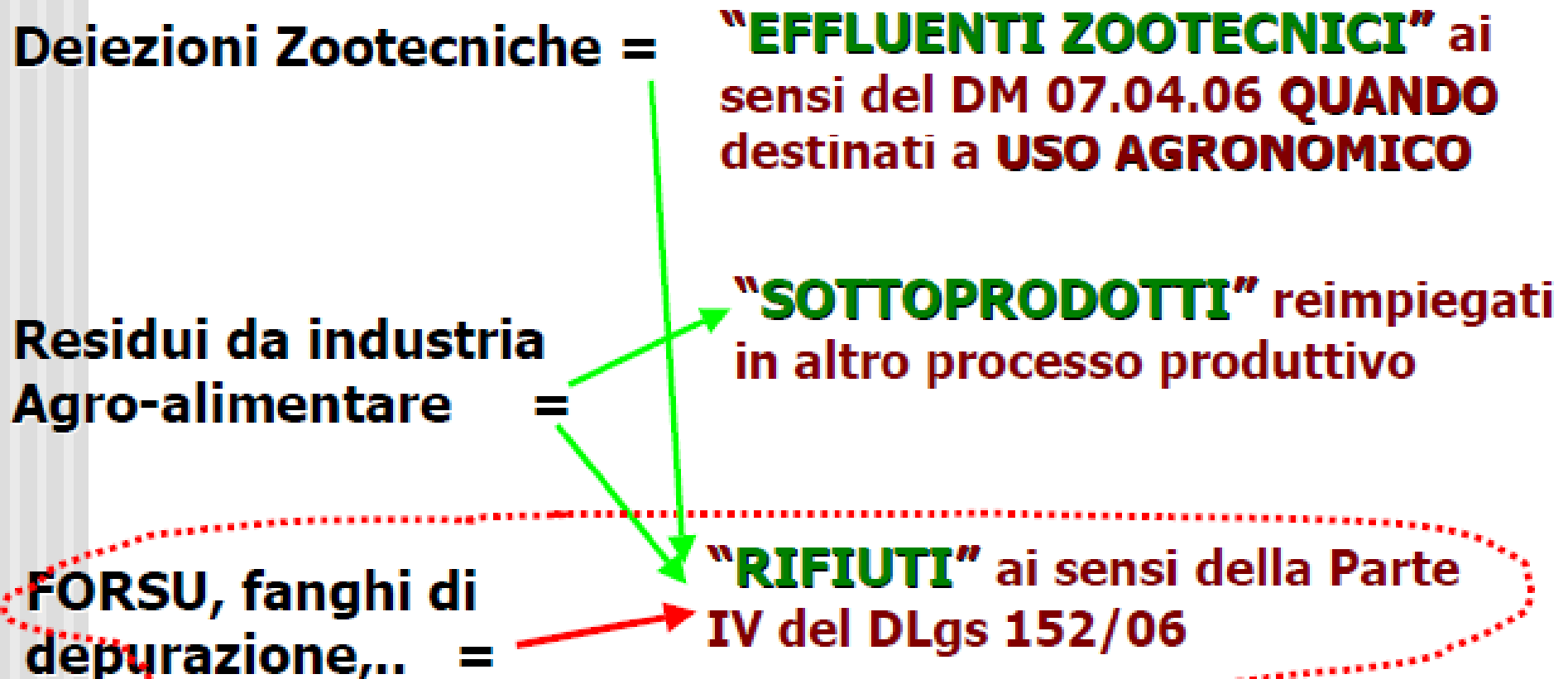
- se si produce BIOGAS da RIFIUTI:

procedimento autorizzativo ordinario ai sensi del D.Lgs 387/03

- se si produce BIOGAS in ASSENZA DI RIFIUTI :

procedimento semplificato (documentazione allo Sport. Unico del Comune), con RELAZIONE TECNICA USO DIGESTATO e PUA

POSSIBILI CLASSIFICAZIONI delle BIOMASSE IN INGRESSO



La valutazione va effettuata **CASO** per **CASO!!**

NUOVO CONCETTO di "SOTTOPRODOTTO"

(art. 5 DIRETTIVA 2008/98/CE)



1. È **CERTO** che la sostanza sarà **ULTERIORMENTE UTILIZZATA;**
2. La sostanza potrà essere utilizzata **DIRETTAMENTE**, senza alcun ulteriore trattamento **DIVERSO DALLA NORMALE PRATICA INDUSTRIALE**
3. La sostanza è prodotta come **parte INTEGRANTE** di un processo di produzione
4. L'ulteriore utilizzo è **LEGALE**, ovvero la sostanza soddisfa tutti i requisiti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà impatti complessivi negativi su ambiente e salute umana.

NUOVA DEFINIZIONE di "RIFIUTO"

(art. 3, numero 1 DIRETTIVA 2008/98/CE)



"RIFIUTO : qualsiasi sostanza od oggetto di cui il DETENTORE SI DISFI O ABBIA L'INTENZIONE O L'OBBLIGO DI DISFARSI"

Definizione in vigore al momento:

"RIFIUTO : qualsiasi sostanza od oggetto che **RINTRA TRA LE CATEGORIE(CER) E** DI CUI il DETENTORE SI DISFI O ABBIA L'INTENZIONE O L'OBBLIGO DI DISFARSI"

COMPARTI PRODUTTORI DI BIOMASSE DI SCARTO



1. AGRICOLTURA e AGROINDUSTRIA

- **PRODUZIONI ZOOTECHNICHE (EFFLUENTI)**
- **TRASFORMAZIONE DELLE PRODUZIONI ANIMALI**
 - industria del latte
 - macellazione (bovini, suini, avicoli)
- **PREPARAZIONE ORTOFRUTTA PER CONSUMO FRESCO**
- **TRASFORMAZIONE DELLE PRODUZIONI VEGETALI (pomodoro, ortaggi e frutta)**

EFFLUENTI ZOOTECNICI



LIQUAME

Effluente d'allevamento **NON PALABILE** costituito da feci, urine, residui alimentari e di lettiera, acqua di bevanda, acqua di veicolazione delle deiezioni e acqua di lavaggio.

LETAME

Effluente d'allevamento **PALABILE** costituito da feci, urine, residui alimentari, materiali da lettiera e acqua di bevanda.

POTENZIALITA' del COMPARTO VEGETALE

(Fonte: CRPA-Regione Emilia-Romagna – ProBio 2006)



Materia prima		Scarti vegetali (% materia prima)
Vegetali al consumo fresco		
1	Ortaggi	20 - 36
2	Ortaggi a surgelati	10,0
3	Ortaggi a consumo fresco	2,0
4	Frutta	2,3
Vegetali trasformati		
5	Pomodoro	2,5 - 3,7
6	Piselli	8,7 - 9,8
7	Mais dolce	65-68
8	Patate	22-23
9	Frutta	2,5-6,1

POTENZIALITA' del COMPARTO ANIMALE

(Fonte: CRPA-Regione Emilia-Romagna – ProBio 2006)



	BOVINI (% peso vivo)	SUINI (% peso vivo)	AVICOLI (% peso vivo)
Sangue	1,6 – 2,1	2,85	3,5
Contenuto ruminale	3,7 – 4,7	---	---
Ossa	--	5,0	--
Materiale misto cat. 3	1,9 – 4,0	3,1	--
Budella/intestini	--	6,25	7,5
Setole e unghielli	--	0,71	--
Penne e piume	--	--	6,7
Teste, zampe, colli	--	--	7,5
TOTALE	8,1 - 9,7	17,8	25,2
Resa al macello (%)	56,4	79,8	69,2

(1) A basso rischio igienico-sanitario

(2) Sono esclusi i SOA di categoria 1 e 2

(3) Rapporto percentuale tra peso morto e peso vivo (Fonte ISTAT 2004): valore medio regionale

Sottoprodotti agro-industriali



Scarti di mais dolce



Fagiolini



Buccette pomodoro



Piselli



Sottoprodotti animali

Scarti di incubatoio



Scarti misto di macell.



Uova rotte



Disponibilità sottoprodotti in Emilia-Romagna



Descrizione scarti e sottoprodotti agro-industria	EMILIA-ROMAGNA (t/anno)
Liquame	10.534.709
Letame	6.309.319
TOTALE EFFLUENTI ZOOT.	16.844.028
Sottoprodotti animali	242.380
Scarti vegetali	234.590
Siero di latte e latticello	1.550.780
Fanghi di depurazione	247.880
Fanghi di lavaggio	57.490
Altri scarti	43.784
TOTALE	2.376.904
TOTALE (escl. siero)	826.124

Si stima una potenzialità in metano di 380 milioni di m³/anno, che, trasformati in energia elettrica, corrispondono a circa 1,1 TWh/anno pari a 150 MWe di potenza installata.

AGRO-INDUSTRIA e STAGIONALITA'

(fonte CRPA)



	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
CONSERVE VEGETALI												
Lavorazioni singole												
Pomodoro												
Piselli, fagioli, fagiolini, mais												
Mele e pere												
Pesche e albicocche												
Fanghi di depurazione	Stessa periodicità degli scarti di cui sopra											
CONSERVE ANIMALI												
Sottoprodotti di origine animale (SOA)												
FANGHI DI DEPURAZIONE												
EFFLUENTI ZOO TECNICI												

COMPARTI PRODUTTORI DI BIOMASSE DI SCARTO



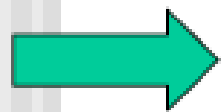
2. GESTIONE RIFIUTI URBANI

- **FRAZIONI ORGANICHE DA RACCOLTA DIFFERENZIATA (FORSU) dei RIFIUTI URBANI**
- **FANGHI DI DEPURAZIONE**

PECULIARITA' SCARTI E SOTTOPRODOTTI DELL'INDUSTRIA DELLE "CONSERVE VEGETALI"



- **OTTIMA QUALITA'** (elevata dotazione di sostanza organica, assai limitata presenza inquinanti)
- **UMIDITA' VARIABILE, tendenzial. ELEVATA**
- **STAGIONALITA' MARCATA**



**Destinazioni:
uso agronomico, alimentazione animale,
distillazione, compostaggio**

PECULIARITA' SOTTOPRODOTTI DELL'INDUSTRIA DELLE "CONSERVE ANIMALI"



- **OTTIMA QUALITA'** (elevata dotazione SO, NO inquin.)
- **PRODUZIONE ANNUALE REGOLARE**
- **REQUISITI IGIENICO-SANITARI DA GARANTIRE** ai sensi del Reg. CE 1774/02
- **GESTIONE NON FACILE** (azoto, grassi, odori..)
- **DESTINATI AI RENDERING PLANT** (con costi elevati di trasformazione in farine)



**MANCANO IMPIANTI DI RECUPERO
"ALTERNATIVI" per i SOA**

POSSIBILI DESTINAZIONI del DIGESTATO



FRAZIONE SOLIDA
(10-30% vol - SS: 22-30%)

1. USO AGRONOMICO
(come EA o come RIFIUTO)

**2. PRODUZIONE
FERTILIZZANTI**

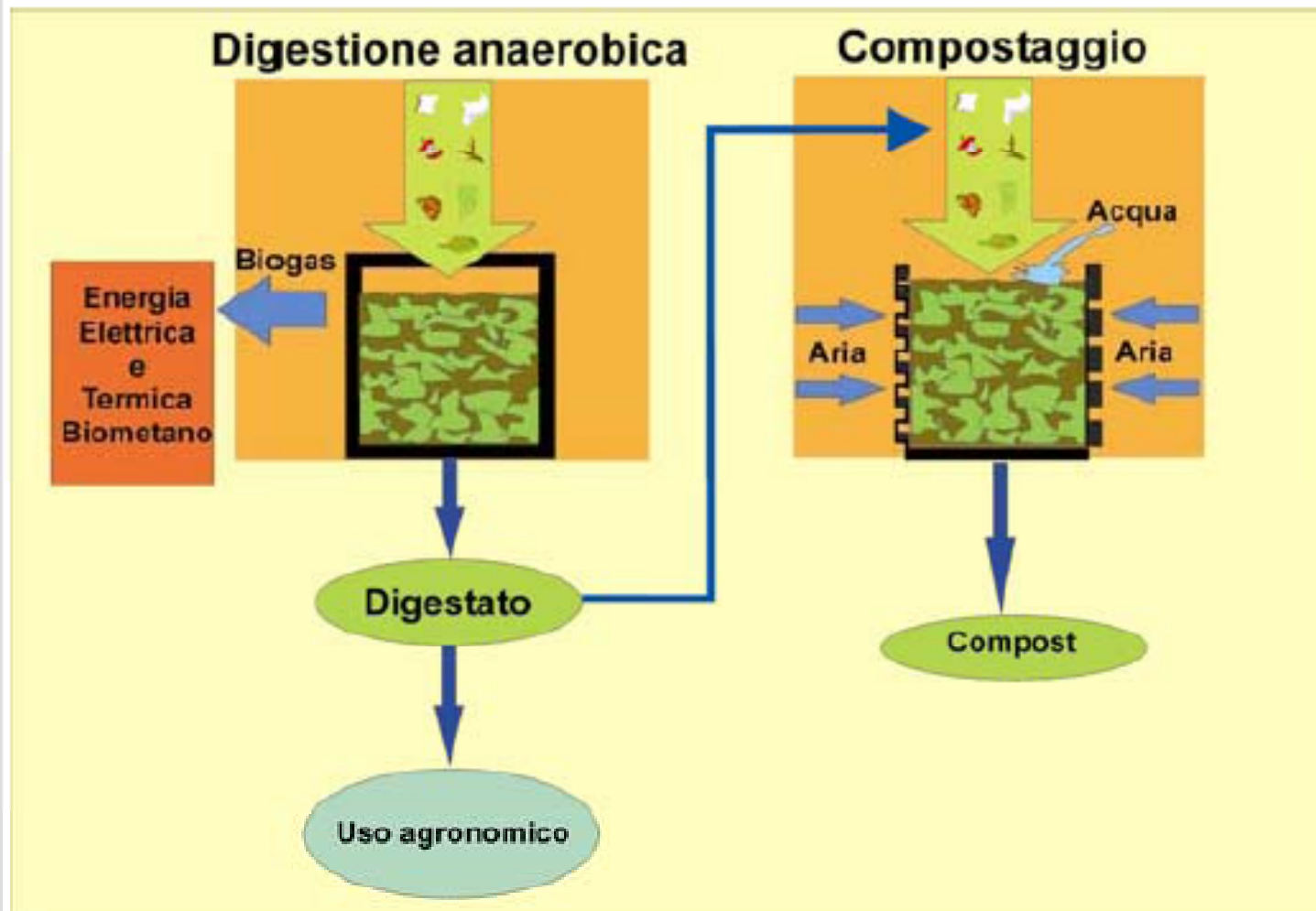
FRAZIONE LIQUIDA
(70-90% vol - SS: 2-8%)

1. USO AGRONOMICO
(come EA o come RIFIUTO)

**2. PRODUZIONE
FERTILIZZANTI**

3. DEPURAZIONE

I processi biologici per valorizzare i rifiuti organici



IL COMPOSTAGGIO È UNA TECNICA CHE
PERMETTE IL TRATTAMENTO
DELLA FRAZIONE ORGANICA
BIODEGRADABILE

PROMOSSO DA GRUPPI DIVERSI DI
MICRORGANISMI IN CONDIZIONI AEROBICHE,
CON CONSEGUENTE RECUPERO DI MATERIALE E
RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE.

VANTAGGI DEL COMPOST

AMMENDANTE

azione chimica: fa da vettore al reintegro degli elementi sottratti dalle coltivazioni;

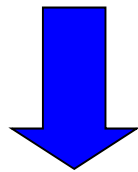
azione fisica: è utilizzato per potenziare la permeabilità dei terreni, per evitarne l'erosione e trattenerne l'umidità dei argillosi suoli favorisce la permeabilità alle acque, mentre ha azione opposta nei suoli sabbiosi

azione biologica: potenzia le colture nella capacità di assimilazione dei componenti naturali dal suolo e migliora la facoltà di assorbimento dell'azoto da parte delle piante, grazie ai microrganismi contenuti in esso.


PROCESSO DI COMPOSTAGGIO



Per compostaggio si intende un processo bio-chimico che, attraverso *bio-ossidazioni termofile*, porta alla trasformazione di materiali organici eterogenei e complessi in composti più stabili di quelli di partenza.

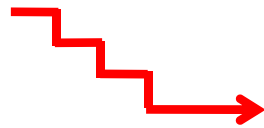


1. BIO-OSSIDAZIONE  *batteri termofili*

2. UMIFICAZIONE  *attinomiceti, funghi, protozoi, nematodi, vermi, formiche*


1. BIO-OSSIDAZIONE  *batteri termofili*

CARBOIDRATI
PROTEINE
GRASSI
CELLULOSA
LIGNINA

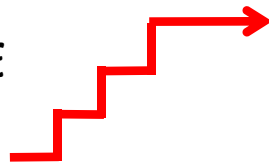


MOLECOLE SEMPLICI
ACQUA
CO₂
+
CALORE

Temperatura 60-70°C

2. UMIFICAZIONE  *attinomiceti, funghi, protozoi, nematodi, vermi, formiche*

MOLECOLE SEMPLICI
MOLECOLE COMPLESSE
NON DEGRADATE



ACIDI UMICI
ACIDI FULVICI
(HUMUS)

Temperatura 35-40°C
4-5 mesi

ACIDI FULVICI di colore rossiccio e derivanti dalla condensazione dei carboidrati e degli acidi uronici con i prodotti intermedi della idrolisi proteica;

ACIDI UMICI rappresentano la forma più evoluta dell'humus e possono essere considerati come derivati dalla condensazione di gruppi fenolici con aminoacidi, peptidi e altri costituenti organici.

Prima fase mesofila 25-37°C

Inizia la biodegradazione aerobica dei composti facilmente biodegradabili
Inizia la crescita delle specie termofile

Fase termofila 60-70°C

Fase di massima degradazione dei composti organici facilmente biodegradabili
Sviluppo delle specie termofile
La fase termina con l'esaurimento dei substrati

Seconda fase mesofila 25-37°C

Inizia la biodegradazione aerobica dei composti lentamente biodegradabili
Sintesi di molecole complesse stabili (humus)
Crescita e sviluppo di funghi, batteri cellulosolitici
Inizia la crescita di organismi superiori

Fase di maturazione 25-37°C

Processo lento
Attività microbica rallentata
Completamento della umificazione e mineralizzazione