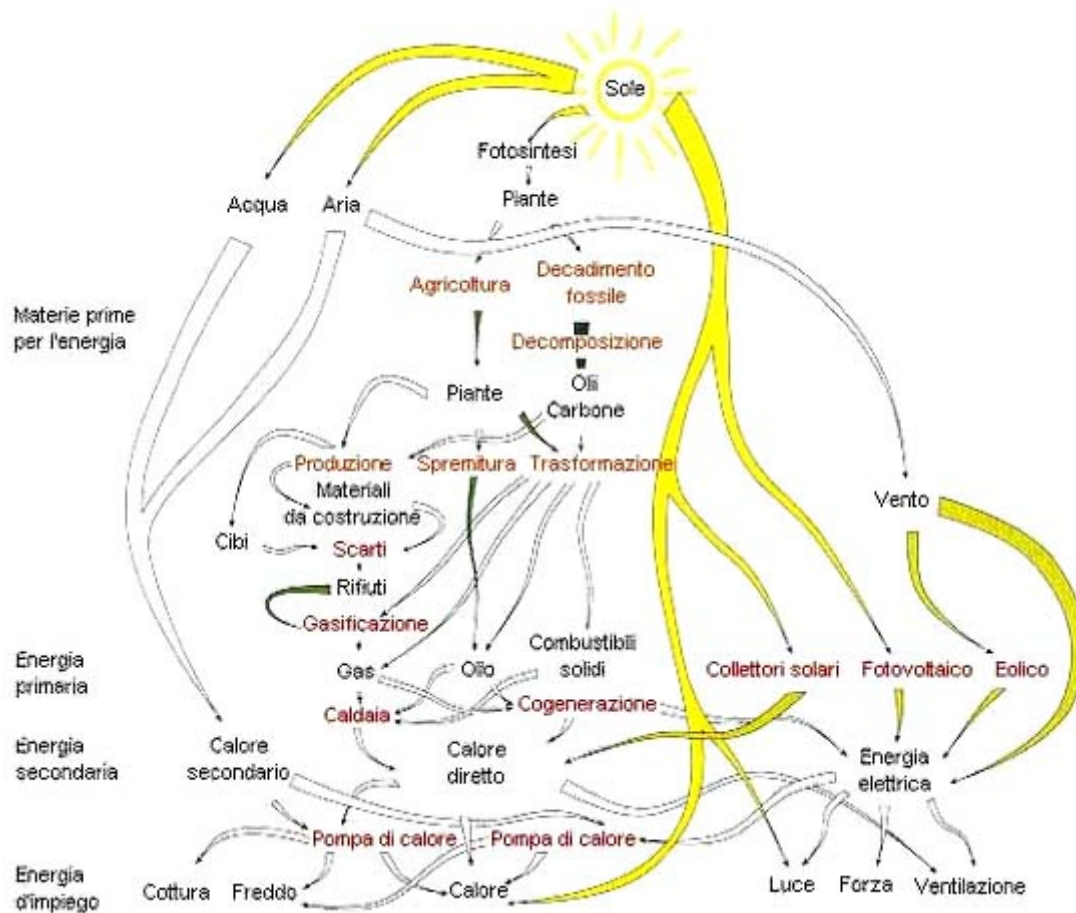


Calore, elettricità e biocombustibili dalle biomasse.



Tecnologia	Tempo di ammortamento [a]	Ore annue di utilizzazione [h/a]	Esercizio e manutenzione [%]	Investimento [fr./kW _e]				Costo di produzione (tasso reale 5%) [cts/kWh _e]				
				anno 1990	anno 2000	anno 2010	anno 2020	anno 1990	anno 2000	anno 2010	anno 2020	
				Fotovoltaico	20	900	1	14'000	11'000	7'500	4'500	150
Geotermia (Hot Dry Rock)	20	5000	3			14'000	7'000			30	17	
Vento	20	1020	3	3'000	2'500	2'300	2'100	40	30	25	21	
Biomassa												
- legna (cogenerazione)	20	4500	5		8'000	7'000	5'500			30	25	21
- legna (solo elettr.)	20	7500	5			4'000	3'000				17	13
- biogas, gas da depuratori, gas da deponia	15	6000			7'000	5'000				16	12	

Tab. 6: Criteri economici rilevanti della produzione di elettricità con nuove fonti rinnovabili
(Fonte: PSI, Energiespiegel, 1999/1 e 2000/2)

1. Definizione e generalità biomasse

Le fonti di energia da biomassa sono costituite dalle sostanze di origine animale e vegetale, non fossili, che possono essere usate come combustibili per la produzione di energia e cioè legna da ardere, gli scarti vegetali che provengono da aziende agrarie e i rifiuti agricoli, zootecnici e urbani.

Fra le sperimentazioni in corso si segnala la coltivazione di alcuni incroci ibridi del Miscanto (*Miscanthus Giganteus*), un'erba graminacea alta fino a quattro metri con una notevolissima redditività potenziale (60 tonnellate di materia secca per ettaro, equivalenti a circa 60 barili di petrolio). Secondo le stime dell'*Environmental Research Institute del Galles*, se il Miscanto venisse piantato sul 10% delle aree coltivabili europee potrebbe fornire fino al 9% dell'energia elettrica consumata dall'intero continente. In Italia le sperimentazioni sul Miscanto vengono condotte dall'*ENEA in Sicilia*.

In alcuni paesi si stanno sperimentando coltivazioni pilotate di vegetali a crescita veloce da utilizzare per produrre energia, ad esempio per alimentare piccole centrali elettriche come già avviene negli USA, in India e in Giappone.

Sono presenti alcune piccole centrali al Nord Italia; presto sorgerà anche nel Mezzogiorno, nell'*area industriale di Dittaino*, a Enna, la prima centrale di questo genere. Essa garantisce energia economica alle imprese e ai civili. (Vikipedia)

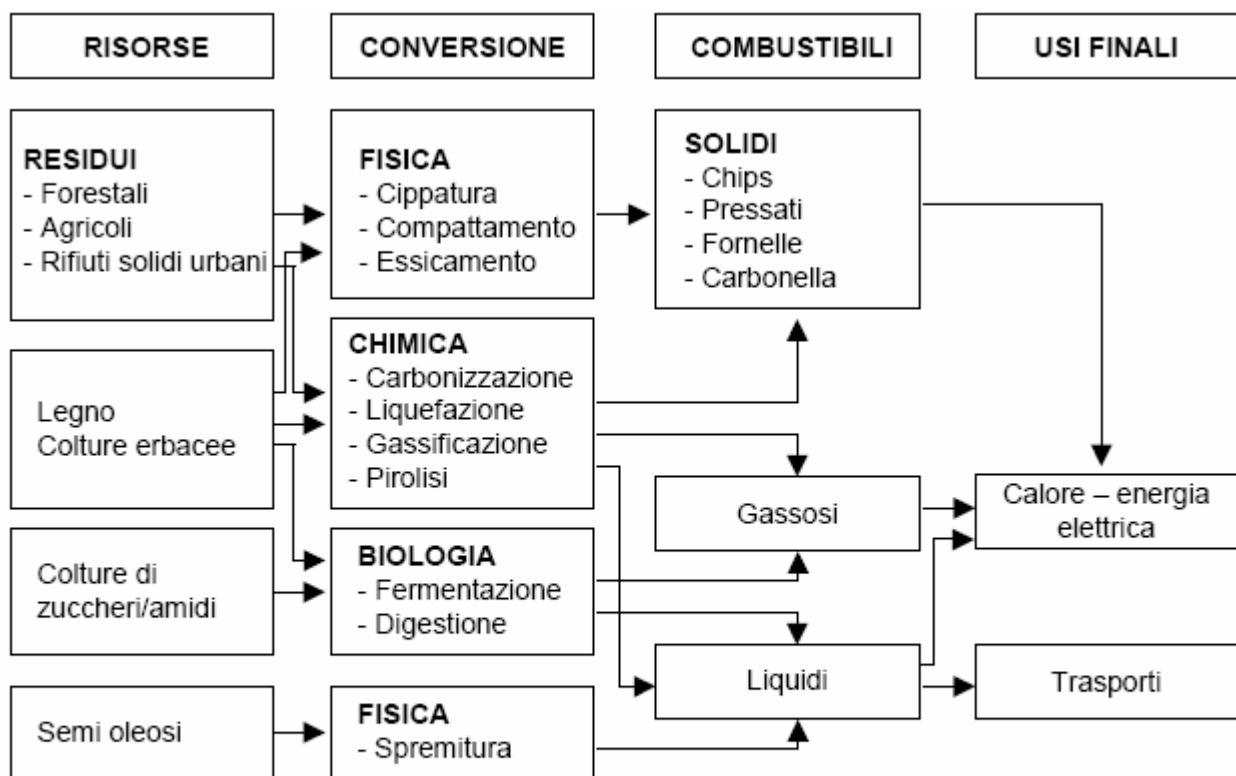


Fig. 5: Vari processi riguardanti l'impiego della biomassa e scopo energetico (disegno: A. Romer)

La biomassa si suddivide in:

1. Materie prime rinnovabili

- sono utilizzate quale combustibile specie vegetali che crescono rapidamente o colture energetiche coltivate appositamente.
- da barbabietole da zucchero, cereali o patate si estrae alcool biologico (etanolo); dalla frutta oleosa si ricavano oli o diesel biologici, vettori energetici liquidi utilizzati quali lubrificanti o carburanti.

2. Residui organici

Sono prodotti dall'agricoltura, dalla silvicoltura e dalla pesca, dall'industria e dalle economie domestiche; i principali materiali per produrre biogas sono:

- rifiuti e cascami legnosi
- paglia, erba e fogliame
- fanghi di depurazione
- rifiuti domestici organici

COMBUSTIBILE	pci [MJ/kg]	parti volatili %	ceneri %	ELEMENTI IN %				
				C	H	O	N	S
Paglia di frumento	17,3	74	6	45	6,0	43	0,6	0,12
Pianta intera di frumento	17,5	76	3,5	45	6,0	43	1,8	0,20
Legna senza corteccia	18,5	85	0,5	47	6,3	46	0,16	0,02
Corteccia	16,2	76	3	47	5,4	40	0,4	0,06
Legno + corteccia	18,1	82	0,8	47	6,0	44	0,3	0,05
Miscanthus	17,4	(80)	3,0	46	6,0	44	0,7	0,1
Olio di colza	35,8	100	0	77	12	11	0,1	0
Etanolo	26,9	100	0	52	13	25	0	0
Metanolo	19,5	100	0	38	12	50	0	0

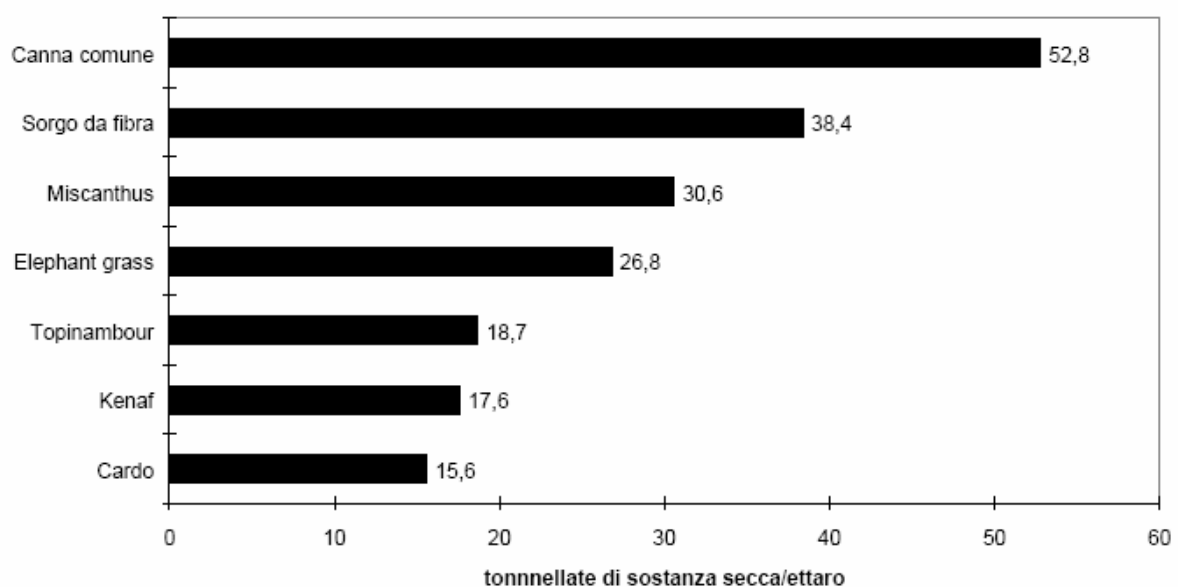


Fig. 4: La produzione annua di alcune culture energetiche

2. Produzione energia termica

Per la produzione di calore ci interessano soprattutto piante lignee a crescita rapida ad a corta rotazione.

Composizione media:

- Cellulosa 40-50%;
- Emicellulosa 10-20%;
- Lignine 30-40%;
- Carboidrati in piccola quantità.

Si può assumere che il potere calorifico inferiore per biomasse vegetale secca sia 4000 kcal/kg.

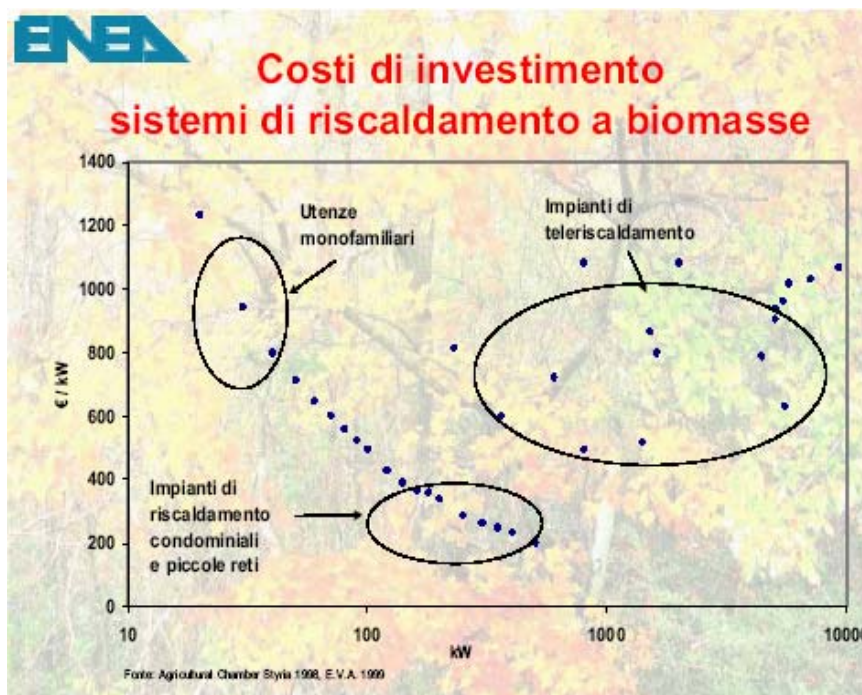
Produttività netta di energia termica: (157-409) GJ/(ha*anno), (370-980)tep/(km² *anno)

Spesa energetica : 20 GJ/ha/anno, 0,48 tep/ha/anno (pratiche colturali, raccolto, fertilizzanti e pesticidi).

COMBUSTIBILE	POTERE CALORICO INFERIORE (MJ/kg)	COSTO (*) (cts/kg)	COSTO (*) (cts/MJ)
Gasolio	41,90	110,5	2,64
Gas naturale	34,50	70,5	2,04
Olio combustibile	40,60	51,0	1,26
Legna da ardere	17,79	21,3	1,20
Sorgo da fibra	16,95	21,3	1,25
Miscanthus	17,16	14,5	0,84
Canna comune	17,37	12,6	0,73
Paglia	17,26	6,8	0,39

(*) = anno 1996

Tab. 3: Confronto di costo tra alcuni combustibili (Tabella A. Romer)



3. Produzione energia elettrica

Bruciatore modificato per materiali solidi rappresentati da biomasse lignee.

Caldaia per potere calorifico 4000 kcal/kg più basso delle normali caldaie ad olio combustibile che ha un potere calorifico di 10000 kcal/kg.

Oltre la caldaia non ci sono grandi cambiamenti da fare a valle quindi il rendimento 30-35%.

Costo produzione elettrica 0,101 euro/kWh più alto del valore convenzionale di 0,066 euro/kWh.

Sistemi Small-modular

I piccoli sistemi modulari alimentati con le più svariate tipologie di biomassa possono potenzialmente soddisfare il fabbisogno energetico di oltre 2,5 miliardi di persone attualmente sprovviste di energia elettrica. Ciò per il fatto che queste popolazioni vivono in aree con abbondante disponibilità di biomassa destinabile all'ottenimento di combustibili bioenergetici, piccoli sistemi modulari da 5 kW a 5 MW potrebbero rappresentare soluzioni ottimali per le piccole comunità o interi villaggi.

Non di meno questi sistemi possono avere un potenziale mercato anche nei paesi industrializzati in quanto hanno costi di produzione e di gestione molto interessanti e competitivi anche grazie alla loro modularità e taglia che permettono di avere una fonte di energia elettrica e calore in prossimità dei luoghi di utilizzo.

A fianco un gassificatore in grado di produrre wood-gas per l'alimentazione di un generatore elettrico da 9 kW .

Tali sistemi di generazione hanno attualmente costi nell'ordine di 1300 € al kW per impianti di 100 kW e 2000 € kW per impianti minimi.

Possono essere alimentati con le più diverse tipologie di residui da biomassa. La produzione di elettricità ha un'efficienza del 20-25%, e possono essere integrati in cogenerazione.

Attualmente si utilizzano motori a scoppio quali generatori, esistono però delle alternative quali le microturbine a partire da taglie superiori ai 30 kW o motori stirling per taglie minori.

I piccoli sistemi modulari che utilizzano biomassa per l'alimentazione sono alle prime esperienze commerciali e hanno quindi un largo margine di miglioramento economico e tecnologico, anche considerando che già ora sono interessanti anche per l'aspetto economico.

4. Produzione di bioidrocarburi

Ci sono varie possibilità di conversione chimica della materia vegetale al fine di ricavare combustibili liquidi e gassosi.

4.1 Conversione biochimica

- *Idrolisi acida e/o enzimatica*: Stadio preparatorio alla fermentazione principalmente usato per trattare materia vegetale lignea.
- *Fermentazione aerobica e distillazione*: Riguarda piante amilacee e saccarifere i cui amidi e zuccheri vengono trattati chimicamente in abbondanza di ossigeno ricavandone principalmente **etanolo**.
- *Fermentazione anaerobica e distillazione*: Analogo al precedente ma con carenza o assenza di ossigeno ed i prodotti finali sono rispettivamente **metanolo** e **biogas**.

- *Riduzione in polpe*: Da biomasse in tuberi si ottiene una polpa che potrà poi essere sottoposta all'idrolisi e successivamente a fermentazione ricavando **etanolo**, **acetone** e **butanolo**.

4.2 Conversione termochimica

- *Pirolisi*: Piante ligneo-cellulosiche, frazionamento delle molecole tramite fornitura di energia termica con calore controllato in assenza di ossigeno. Prodotti: **gas legnoso**, **bioli** e **carbone vegetale**.
- *Liquefazione*: Poco sperimentato. Alta pressione, temperatura controllata, presenza di sostanze catalizzatrici. Prodotti: **bioli**.
- *Gassificazione*: Combustione parziale di biomasse secca. Prodotti: **gas povero** (1000-1500 kcal/m³).
- *Esterificazione*: Piante oleaginose. Frazionamento dei gliceridi contenuti negli oli vegetali in molecole più semplici. Prodotti: **esteri**, **etanolo** e **metanolo**.

5. Digestione anaerobica

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.

Affinché il processo abbia luogo è necessaria l'azione di diversi gruppi di microrganismi, in grado di trasformare la sostanza organica in composti intermedi, principalmente acido acetico, anidride carbonica ed idrogeno, utilizzabili dai microrganismi metanigeni che concludono il processo producendo il metano. I microrganismi anaerobi presentano basse velocità di crescita e basse velocità di reazione e quindi occorre mantenere ottimali, per quanto possibile, le condizioni dell'ambiente di reazione. Nonostante questi accorgimenti, i tempi di processo sono relativamente lunghi se confrontati con quelli di altri processi biologici; tuttavia il vantaggio del processo è che la materia organica complessa viene convertita in metano e anidride carbonica e quindi porta alla produzione finale di una fonte rinnovabile di energia, sotto forma di un gas combustibile ad elevato potere calorifico. L'ambiente di reazione, definito solitamente digestore (o reattore anaerobico), per permettere la crescita contemporanea di tutti i microrganismi coinvolti, dovrà risultare da un compromesso tra le esigenze dei singoli gruppi microbici. Il pH ottimale, ad esempio, è intorno a 7/7.5. La temperatura ottimale di processo è intorno ai 35°C, se si opera con batteri mesofili, o intorno a 55°C, se si utilizzano batteri termofili.

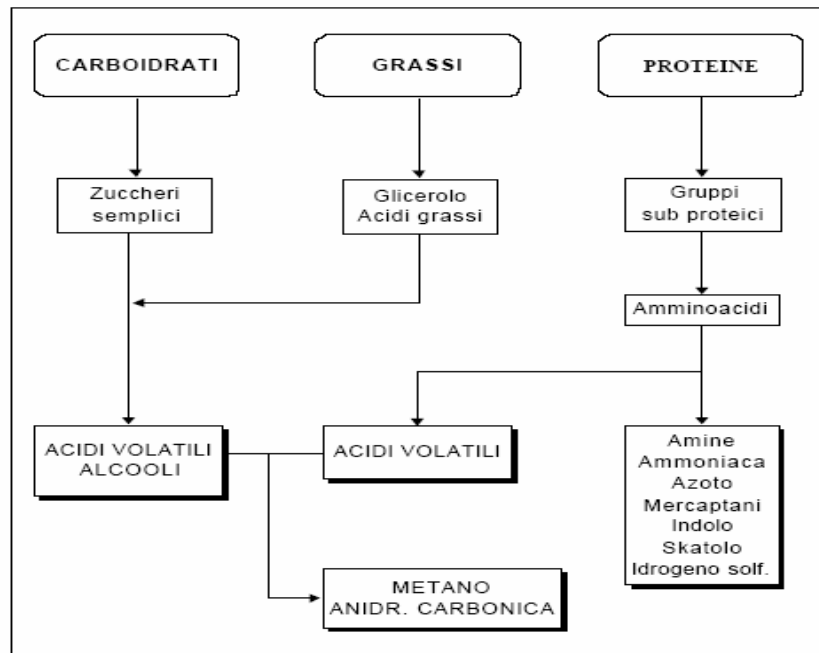
Partecipano al processo i seguenti gruppi di batteri:

- batteri idrolitici, che spezzano le macromolecole biodegradabili in sostanze più semplici;
- batteri acidogeni, che utilizzano come substrato i composti organici semplici liberati dai batteri idrolitici e producono acidi organici a catena corta, che a loro volta rappresentano il substrato per i gruppi batterici successivi;
- batteri acetogeni, produttori obbligati di idrogeno (OPHA: Obligate Hydrogen Producing Acetogens), che utilizzano come substrato i prodotti dei batteri acidogeni dando luogo ad acetato, idrogeno ed anidride carbonica;
- batteri omoacetogeni che sintetizzano acetato partendo da anidride carbonica e idrogeno;

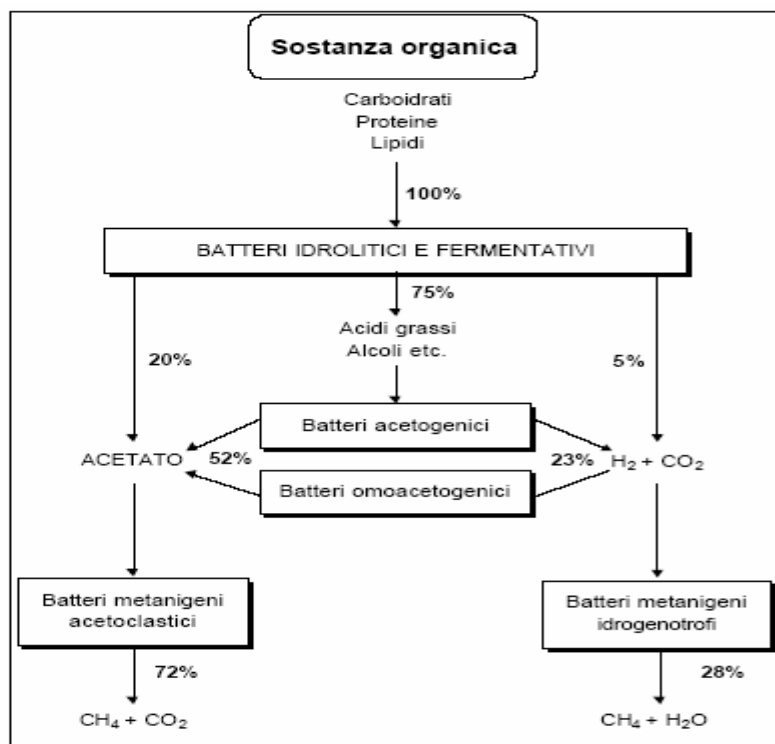
- batteri metanigeni, distinti in due gruppi:
 - a) quelli che producono metano ed anidride carbonica da acido acetico, detti acetoclastici;
 - b) quelli che producono metano partendo da anidride carbonica e idrogeno, detti idrogenotrofi.

Mentre il metano viene liberato quasi completamente in fase di gas vista la sua scarsa solubilità in acqua, l'anidride carbonica partecipa all'equilibrio dei carbonati presenti nella biomassa in reazione. Le interazioni tra le diverse specie batteriche sono molto strette ed i prodotti del metabolismo di alcune specie possono essere utilizzati da altre specie come substrato o come fattori di crescita.

Schema riassuntivo di decomposizione anaerobica delle sostanze organiche durante la digestione.



Schema del processo biologico di digestione anaerobica



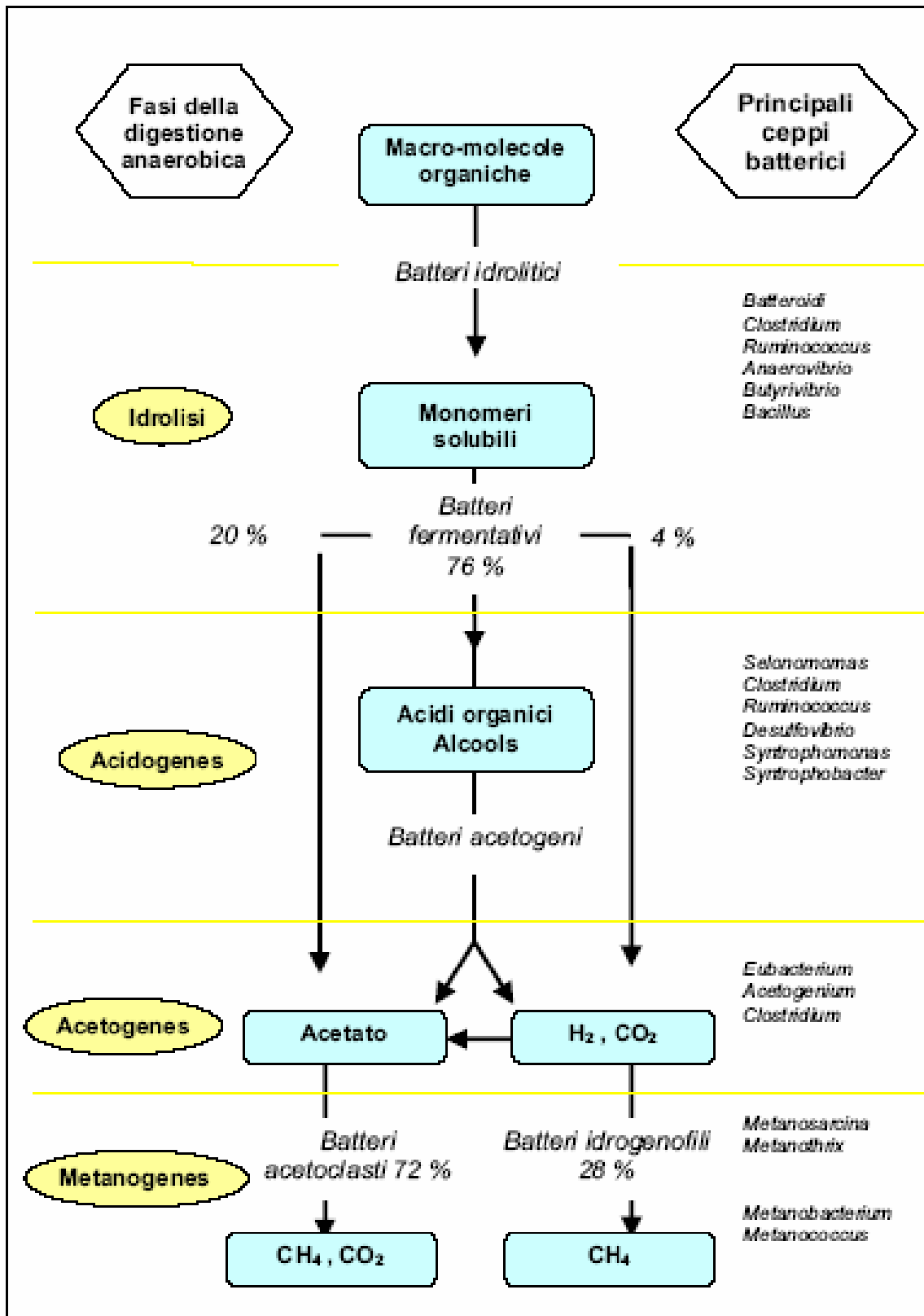


Figura 1.1. Schema generale del processo di digestione anaerobica.

6. Idrogeno da biomassa

Non esistono ancora metodi che consentono la produzione economica di idrogeno direttamente da biomassa. I vari metodi sui quali si concentra la ricerca si trovano in differenti stadi di sviluppo. Alcuni metodi prevedono l'uso di biomassa solida, per esempio sotto forma di pellets, mentre altri si basano sulla fermentazione di liquami e altre materie biologiche. I metodi più promettenti sono la gassificazione e la fermentazione di biomassa dai quali si ricava biogas.

6.1 Gassificazione di biomasse

Con la gassificazione a vapore acqueo si ottiene una miscela gassosa composta all'incirca da:

20 % di idrogeno

20 % di monossido di carbonio

10 % di biossido di carbonio

circa 5 % di metano

45 % di azoto

Utilizzando ossigeno puro o solo vapore acqueo, la frazione di azoto non si forma. Prima della gassificazione di biomassa, questa deve essere trasformata, in un processo termico, in coke, condensato e gas di vario tipo. Questo processo è detto scissione termica o pirolisi. La presenza di ossigeno nel reattore porta, invece che al reforming, all'ossidazione parziale dei prodotti intermedi. Nella seconda fase della reazione "shift" il monossido di carbonio viene trasformato con acqua in idrogeno e biossido di carbonio. In seguito, in un impianto di assorbimento a pressione variabile, dalla miscela gassosa vengono separati l'idrogeno puro e i gas residui.

6.2 Fermentazione di biomassa

Da biomassa molto umida e da liquame, il biogas può essere prodotto tramite una fermentazione anaerobica. Nonostante che il biogas contenga elevate frazioni di monossido di carbonio e di metano e poco idrogeno, può essere utilizzato ugualmente in celle a combustibile ad alta temperatura (MCFC). In questo caso, agevolato dall'alta temperatura (circa 650 °C), il reforming del metano avviene direttamente a contatto con l'elettrodo. Prima dell'uso in celle a combustibile PEM, il gas deve essere trasformato in idrogeno in un processo di reforming.

6.3 Idrogeno da etanolo

Alcuni scienziati statunitensi dell'Università del Minnesota hanno ultimamente presentato, nella rivista "Science" (febbraio 2004), un reattore portatile che trasforma alcol in idrogeno. L'apparecchio ecologico potrebbe rivoluzionare il trasporto di energia. Il reattore usa etanolo, un alcol ottenuto da biomassa (patate, grano e mais) e facilmente trasportabile. Nella trasformazione di etanolo in idrogeno si forma anche biossido di carbonio, ma la quantità di CO₂ è la stessa che le piante hanno assorbito dall'atmosfera durante la loro crescita. Come spiega il suo inventore Gregg Deluga, il nuovo reattore è piccolo, portatile e contiene già l'energia necessaria. In una prima fase, una parte dell'etanolo viene bruciata per ottenere la temperatura necessaria alla reazione. Abbinato ad una cella a combustibile, l'apparecchio sviluppa una potenza di un chilowatt. La struttura dell'apparecchio è semplice: tramite una valvola viene iniettata una miscela di acqua ed etanolo nella camera preriscaldata dove il liquido evapora e si mescola con l'aria. Un catalizzatore di rodio e di cerio trasforma poi la miscela in idrogeno e biossido di carbonio. Secondo i ricercatori, oltre il 95 % dell'etanolo viene trasformato in idrogeno. La durata del contatto con il catalizzatore ammonta solo ad un centesimo di secondo e questo consente la produzione di grandi quantità di idrogeno. Nella reazione si forma però anche monossido di carbonio non sopportato dalle celle a combustibile previste per applicazioni mobili, per esempio in automobili.

6.4 Idrogeno direttamente da biomassa

Produrre idrogeno direttamente da biomassa e senza il processo di elettrolisi ha un grande fascino, perché consentirebbe l'uso di una fonte energetica rigenerabile, l'ottenimento di un alto rendimento e un bilancio energetico molto equilibrato. Ci sono vari processi biologici in cui l'idrogeno viene liberato o risulta come prodotto intermedio. I due principali processi sono: la fotosintesi, che richiede luce, e la fermentazione che avviene anche al buio. Nel secondo processo sono alghe e microrganismi a produrre idrogeno. Ambedue questi metodi sono ancora in fase sperimentale, ma rappresentano delle opzioni per il futuro dell'economia energetica basata sull'idrogeno.