

**FASCE TAMPONE BOScate  
NEL RETICOLO IDRICO SECONDARIO:  
UNA FILIERA “ECO-ENERGETICA”**

**4° Tavolo Tecnico  
Rovato, 13 novembre 2013**

**ASPETTI ENERGETICI**

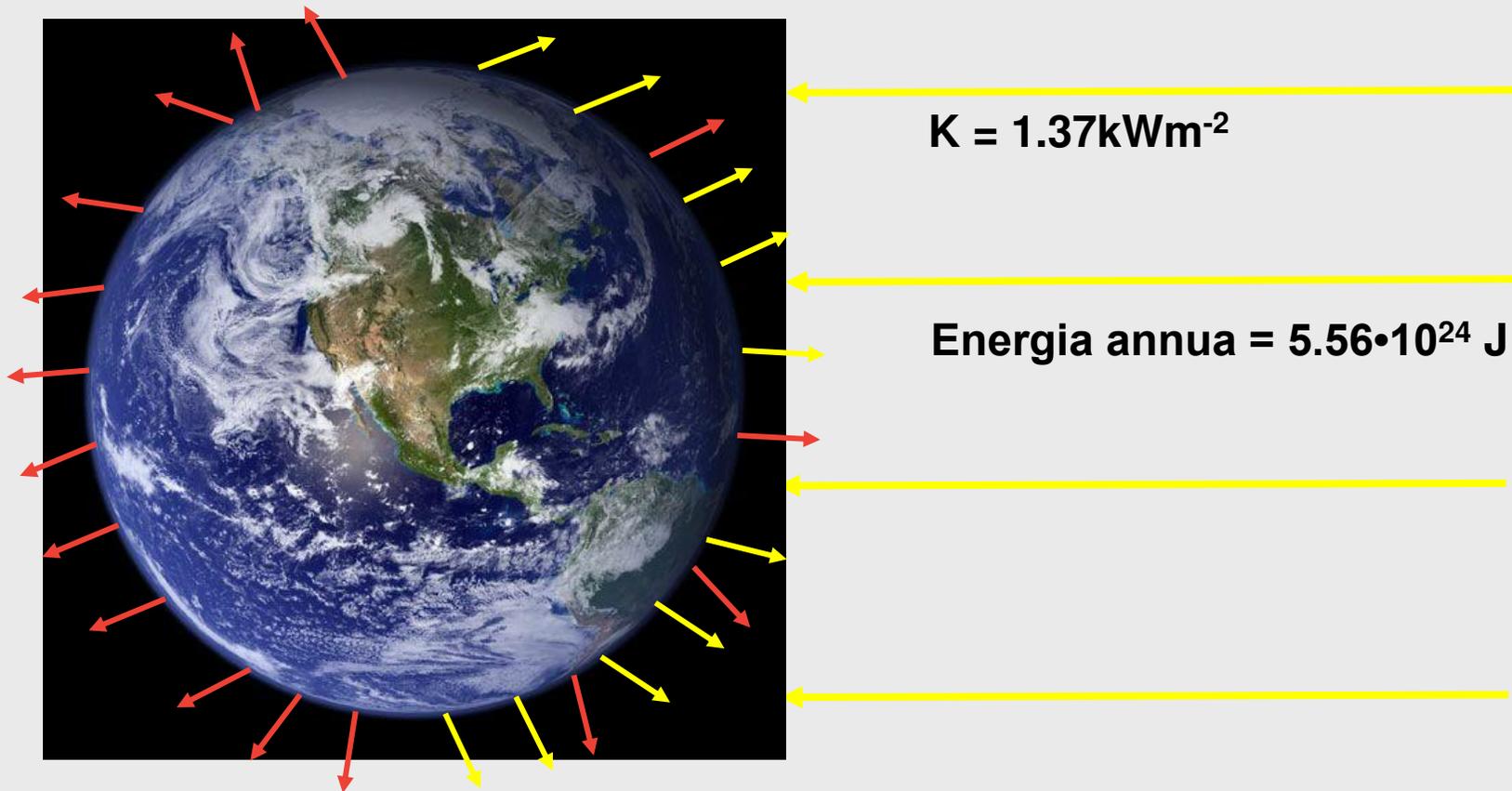
**Prof. Francesco Giusiano**

# L'umanità sta veramente **modificando**

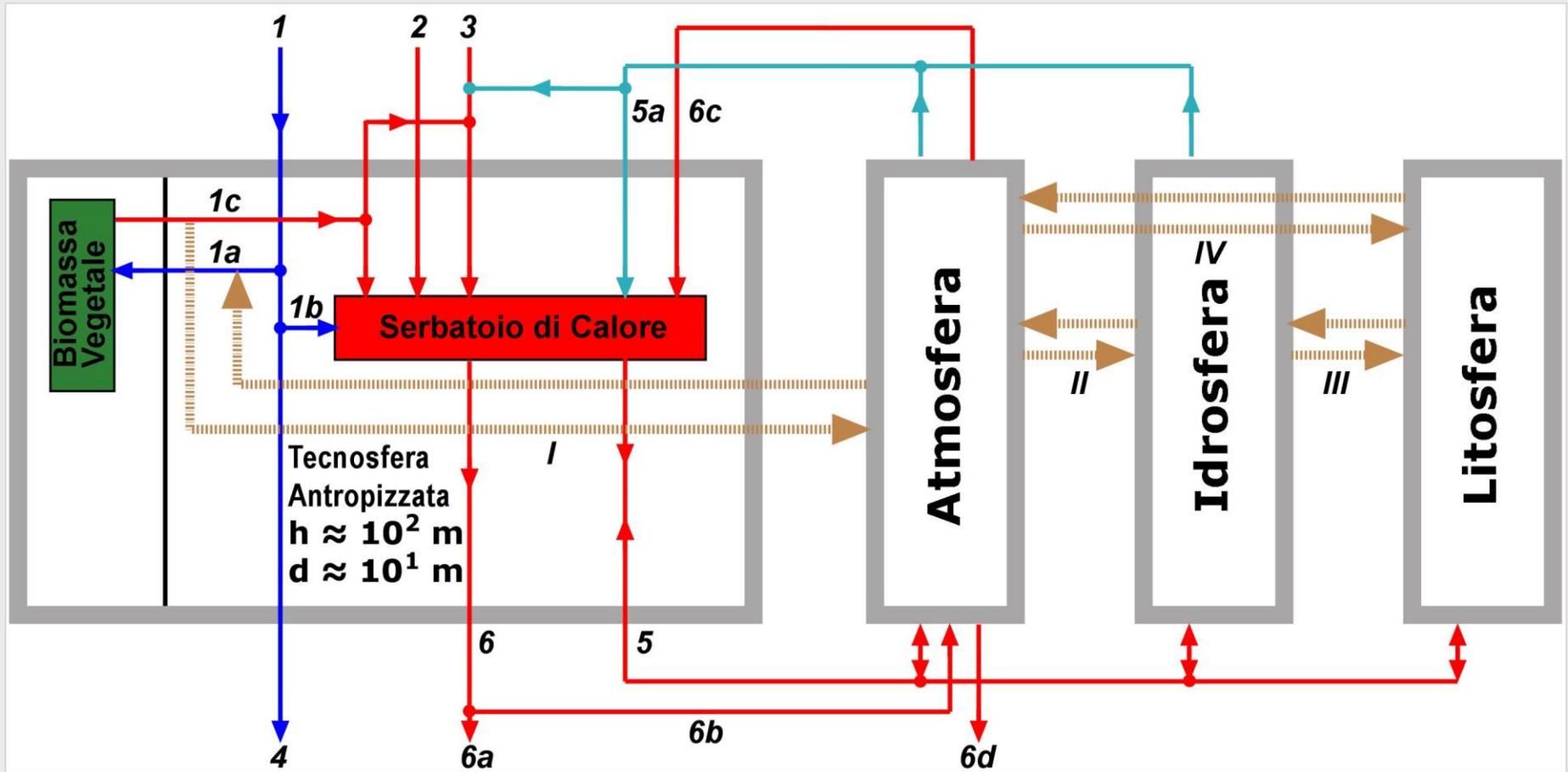
## il bilancio energetico del pianeta?

- La risposta è affermativa
- Le conseguenze di queste modificazioni sono molto difficili da quantificare
- Le modificazioni si possono ridurre, e almeno in linea di principio eliminare, muovendosi verso una situazione di sostenibilità energetica

# L'equilibrio del nostro Pianeta



# Ante Era Industriale



# ***Legenda: Schema 1***

1 - Energia solare entrante  $E_{SE} \approx 3 \cdot 10^{24} \text{ J}$

1<sub>a</sub> - Fissata nella biomassa  $E_{SB} \approx 10^{-5} E_{SE}$

1<sub>b</sub> - Trasformata in calore  $E_{SC} \approx 0.9 E_{SE}$

1<sub>c</sub> - Energia restituita come calore

2 - Energia geotermica  $E_{GT} \approx 10^{21} \text{ J}$

3 - Energia da attività antropica

4 - Energia solare uscente  $E_{SU} \approx 0.1 E_{SE}$

5 - Energia termica per “macchina del clima”

5<sub>a</sub> - Energia meccanica restituita

6 - Energia emessa come radiazione I.R.  $E_{IR}$

6<sub>a</sub> - Frazione trasmessa  $E_{IRt}$  (uscente)

6<sub>b</sub> - Frazione assorbita  $E_{IRa}$

6<sub>c</sub> - Frazione riemessa  $E_{IRau}$  (uscente)

6<sub>d</sub> - Frazione riemessa  $E_{IRae}$  (entrante)

I - Scambi gas serra biomassa  $\leftrightarrow$  atmosfera

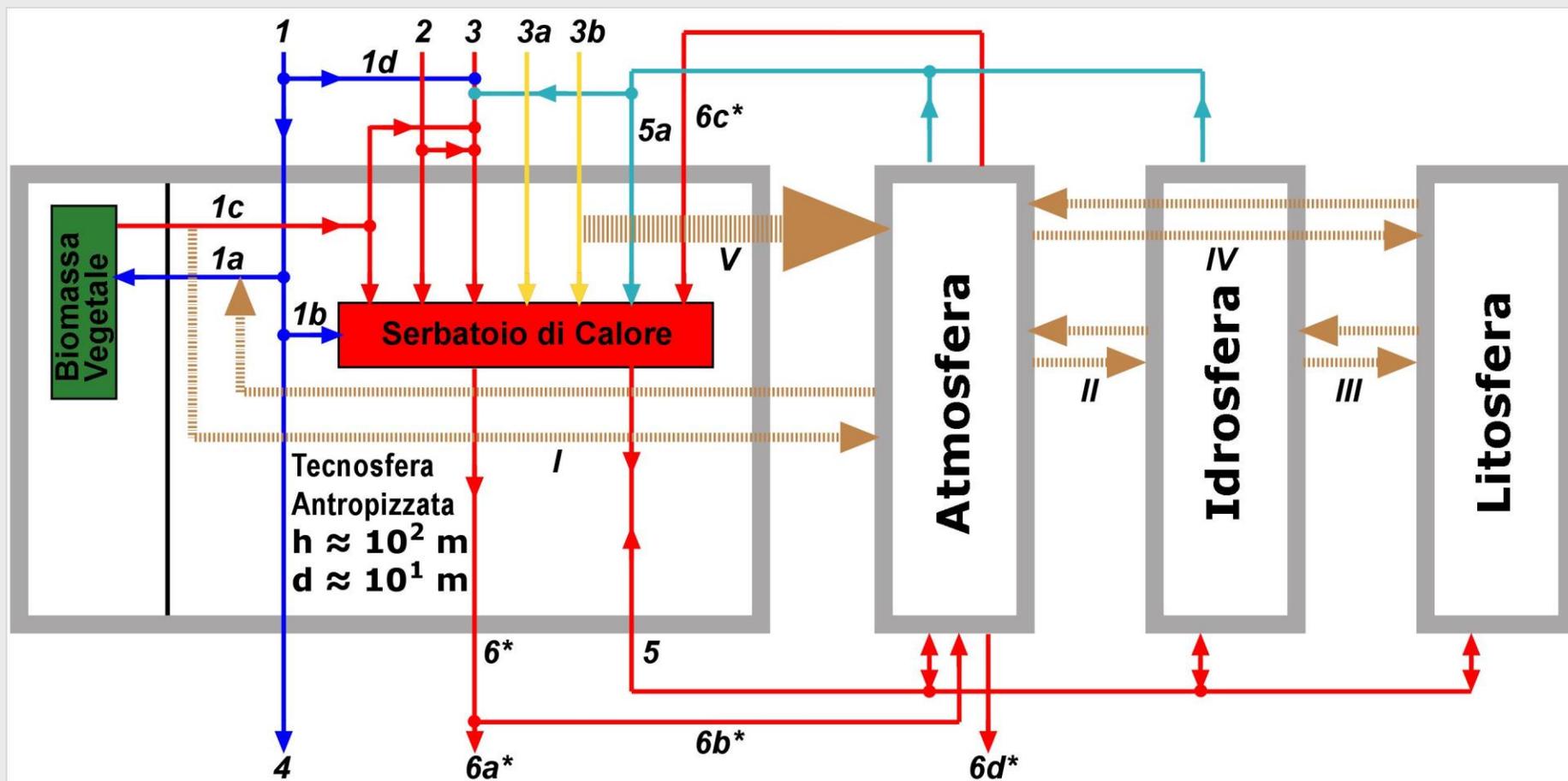
II - Scambi gas serra atmosfera  $\leftrightarrow$  idrosfera

III - Scambi gas serra idrosfera  $\leftrightarrow$  litosfera

IV - Scambi gas serra atmosfera  $\leftrightarrow$  litosfera

Concentrazione  $\text{CO}_2 \approx 280 \text{ ppm}$

# ATTUALMENTE



## ***Legenda: Schema 2***

Dati anno 2009-Consumo totale mondiale	$E_{AT} \approx 5.14 \cdot 10^{20} \text{ J}$
3 - Da fonti rinnovabili	$E_{AR} \approx 0.63 \cdot 10^{20} \text{ J} \quad (12\%)$
3 <sub>a</sub> - Da “combustibile” nucleare	$E_{AN} \approx 0.30 \cdot 10^{20} \text{ J} \quad (6\%)$
3 <sub>b</sub> - Da combustibili fossili	$E_{AF} \approx 4.21 \cdot 10^{20} \text{ J} \quad (82\%)$

Fonte: IEA key world energy statistics 2011 [www.iea.org/publications](http://www.iea.org/publications)

V- Immissione in atmosfera di gas serra da combustione di combustibili fossili :

≈ 30 Gton CO<sub>2</sub> Fonte: International Energy Agency [www.iea.org](http://www.iea.org)

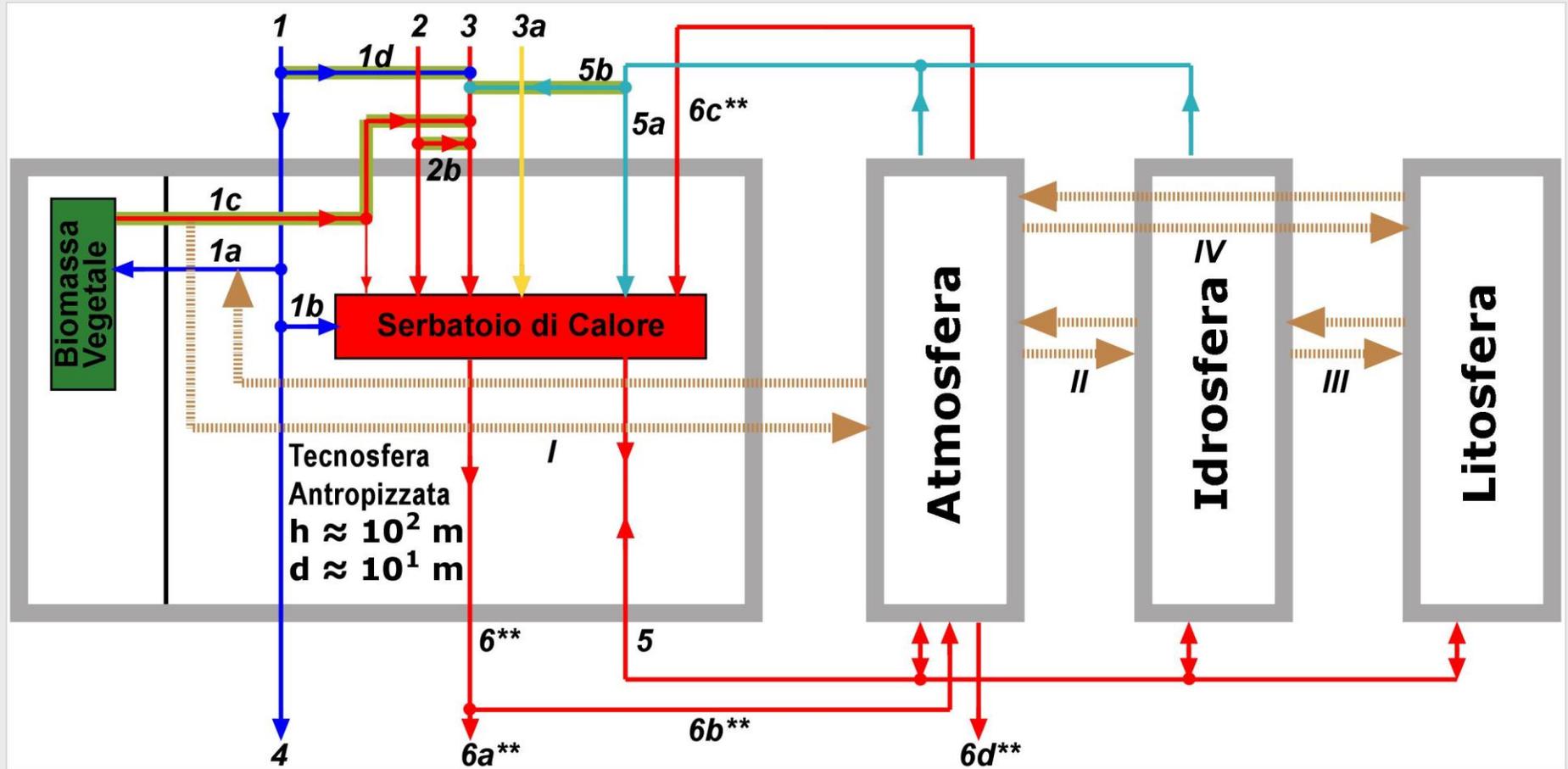
Concentrazione CO<sub>2</sub> ( Mauna Loa media anno 2011) : 391.57 ppm [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)

Flussi di radiazione IR modificati !

[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) [www.grida.no](http://www.grida.no) [www.carboncyclescience.gov](http://www.carboncyclescience.gov) <http://cdiac.ornl.gov>

[www.climatechangescience.ornl.gov](http://www.climatechangescience.ornl.gov)

# In Futuro



## ***Legenda: Schema 3***

**1<sub>d</sub> - Energia rinnovabile “solare primaria”**

**2<sub>b</sub> - Energia rinnovabile geotermica**

**1<sub>c</sub> e 5<sub>b</sub> - Energia rinnovabile “solare secondaria”**

**Immissione di gas serra da combustibili fossili praticamente azzerata.**

**Concentrazione di CO<sub>2</sub> ? 450-550 ppm ?**

**Flussi di radiazione IR sicuramente diversi da situazione attuale.**

# Accordi internazionali

## Direttive europee

- Protocollo di Kyoto (United Nations Framework Convention on Climate Change):

<http://unfccc.int>

[www.un.org](http://www.un.org)

- Direttiva europea 20-20-20:

<http://ec.europa.eu>

<http://cordis.europa.eu>

(cordis = community research and development information service)

# Cosa si può fare in Italia?

- Consumi energetici totali nel 2009:180 Mtep pari a  $7.5 \cdot 10^{18}$  J (-5.8% rispetto a consumi 2008).
- Consumi di energia elettrica nel 2009:320 TWh (-5.7% rispetto a consumi 2008), di cui 66 TWh da fonti rinnovabili.

Fonte : ENEA Rapporto energia e ambiente 2009

[www.enea.it](http://www.enea.it)

- Nel 2010: 326 TWh (+1.8%) ;Fonte: Terna.

[www.terna.it](http://www.terna.it)

# **Risorse energetiche rinnovabili disponibili in Italia**

I -Solari secondarie:

a)Biomassa vegetale e legnosa.

b)Biomassa da deiezioni animali e da scarti e rifiuti.

c)Acqua corrente.

d)Vento.

II -Solare primaria:

Radiazione solare.

III -Geotermica.

# Da queste risorse si possono ottenere:

- Potenza termica da sola.
- Potenza elettrica da sola.
- Potenza elettrica e termica insieme (cogenerazione) ed eventualmente anche potenza frigorifera (trigenerazione).
- Combustibili per autotrazione.

# Biomassa legnosa: filiera del “chippato”

**Materia prima:**

- prodotto della gestione del bosco
- scarto da coltivazioni arboree
- Coltivazioni energetiche (SRF: short rotation forestry)

**Disponibilità:** resa per unità di superficie variabile:  $\approx 1$  ton/ha anno da gestione del bosco; fino a  $\approx 20$  ton/ha anno da SRF

**Raccolta:** può risultare difficile per caratteristiche del territorio (la quasi totalità dei boschi italiani è in montagna o collina); comunque macchine operatrici e mezzi di trasporto affidabili disponibili commercialmente

**Combustione :** Possibile alimentazione automatica

# **Biomassa legnosa: filiera del “pellet”**

## **Materia prima:**

Scarto di lavorazione del legno (può anche essere bruciato “tal quale”).

## **Disponibilità:**

Dipende dall'attività degli impianti (difficoltà di previsione).

Facilmente trasportato a distanza e fornito a terzi.

## **Combustione:**

Possibile alimentazione automatica.

# **Biomassa legnosa: filiera del “tronchetto”**

## **Materia prima:**

gestione del bosco (solo materiale selezionato).

## **Disponibilità:**

Minore che per il “chippato”.

## **Approvvigionamento:**

Più difficoltose lavorazione e trasporto.

## **Combustione:**

Impossibile alimentazione automatica.

# Tecnologia per biomasse: generazione di sola potenza termica

Caldaie individuali:  $P_t \approx 10^1$  kW

Buon rendimento energetico:  $R > 0.8$

Ridotte emissioni inquinanti: CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> polveri sottili, diossina

Alimentabili con prodotti di qualunque filiera (con diversi gradi di automazione)

Caldaie condominiali:  $P_t \approx 10^2 - 10^3$  kW

Solo alimentazione automatica (no tronchetti)

Caldaie per impianti di T.R. :  $P_t \approx 10^3 - 10^4$  kW

Solo alimentazione automatica

# Tecnologia per biomasse: generazione di sola potenza termica

- Qualche numero:

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s} = 860 \text{ kcal/h}$$

$$\text{PCI legno} \approx 3000 \text{ kcal/kg} \approx 12500 \text{ kJ/kg}$$

Libro utile: “Elementi di Xiloenergetica” di Bernardo Hellrigl

editrice AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali)

[www.aiel.cia.it](http://www.aiel.cia.it)

Per avere

$$P_t = 10 \text{ kW}, \text{ con } R=0.8 \text{ serve } P_c = 10/0.8 = 12.5 \text{ kW}$$

- Quindi la portata di legna di alimentazione vale

$$p = (12.5 \text{ kJ/s}) / (12500 \text{ kJ/kg}) = 0.001 \text{ Kg/s} = 3.6 \text{ kg/h}$$

# Tecnologia per biomasse: impianti convenzionali di cogenerazione a ciclo Rankine

**Cogenerazione “leggera”:** Privilegia generazione elettrica.

Necessaria taglia tale che  $P_e > 10$  MW , per cui  $P_t > 40$  MW, per avere resa elettrica accettabile ( $R \geq 0.25$ ).

Problemi di:

- Approvvigionamento.
  - Disponibilità locale.
  - Trasporto.

Impatto ambientale complessivo elevato.

# Tecnologia per biomasse: impianti convenzionali di cogenerazione

## Cogenerazione “pesante”:

Valorizza anche potenza termica.

Accettabili anche piccole taglie ( $P_t < 10$  MW).

Esempi di valorizzazione della potenza termica:

*Periodo freddo:* Teleriscaldamento di ambienti a uso civile e/o produttivo (serre), refrigerazione con macchine ad assorbimento.

*Altri periodi:* Essiccatoi per prodotti agricoli e del sottobosco, refrigerazione con macchine ad assorbimento, altre lavorazioni stagionali.

# **Tecnologia per biomasse:impianti avanzati di cogenerazione anche di piccola taglia**

- Effettuano la gassificazione della biomassa prima della combustione.
- Il combustibile ottenuto (syngas, miscela soprattutto di CO e H<sub>2</sub>) può essere usato in microturbine o in motori alternativi con resa elettrica più elevata degli impianti convenzionali.
- La tecnologia non è ancora ben affermata, almeno nel nostro paese.

# Impianti avanzati di cogenerazione anche di piccola taglia

- Bruciano la biomassa in camera a combustione particolarmente sofisticata
- Il gas di combustione scambia calore con l'aria ambiente aspirata e compressa
- Quest'aria calda aziona una microturbina
- Un impianto in commercio da  $\approx 100\text{kW}_e$  ha efficienza  $\approx 0.25$ , eroga potenza termica di  $\approx 200\text{kW}_t$  e consuma  $\approx 800$  tonni di biomassa per 8000 ore annue

# Tecnologia per biomasse:impianti avanzati di cogenerazione

- Producono energia elettrica non con un ciclo Rankine a vapore convenzionale ma con un ORC (Organic Rankine Cycle), in cui il fluido di lavoro non è acqua ma un liquido organico “basso-bollente”
- Per esempio si ottiene rendimento elettrico compreso fra 15% e 20% per potenza elettrica intorno a 1 MW, mentre con un ciclo convenzionale il rendimento sarebbe poco più di 10% (dati relativi alla centrale di Tirano, in provincia di Sondrio)

# Norme e regolamenti

Fare riferimento a :

- [www.aiel.cia.it](http://www.aiel.cia.it) (associazione italiana energia dal legno-confederazione italiana dell'agricoltura)
- [www.gse.it](http://www.gse.it) (gestore dei servizi energetici)
- [www.itabia.it](http://www.itabia.it)

# Integrazione a biomassa legnosa

- Ovviamente per un'utenza cittadina la biomassa legnosa non è una risorsa locale, ma può essere comunque “a filiera corta”, con costi ridotti (sia economici che ambientali) per l'approvvigionamento e il trasporto.
- Stufe a tronchetti: necessari caricamento manuale e raccolta ceneri.
- Stufe a pellets: possibile caricamento automatico per utenze collettive (caldaie condominiali); per utenze singole necessario caricamento manuale.
- Caldaie a chippato: praticamente utilizzabili solo per impianti grandi e molto grandi ( teleriscaldamento).

# Integrazione a biomassa: stato dell'arte

- Il costo del combustibile si prospetta più favorevole rispetto a quello del metano fossile solo a lungo termine, però bisogna tener conto che quest'ultimo è una risorsa importata, con tutte le conseguenze che ciò comporta.
- I costi di stufe e caldaie sono ancora superiori a quelli degli apparati a metano di pari potenza, anche se il divario si sta riducendo rapidamente.
- Sono affidabili sia come funzionamento che come emissione di prodotti di combustione.
- Con l'ingresso sul mercato anche di molti produttori italiani non ci sono più seri problemi di installazione ed assistenza tecnica.
- Comunque è sempre necessario che siano ben chiare le condizioni di fornitura.