

## **Allegato 3**

### **Cambiamenti climatici, energie rinnovabili e sostenibilità**

Roma, martedì 17 aprile 2012  
martedì 08 maggio 2012  
martedì 15 maggio 2012

Filliera Energia da Biomasse

**Cambiamenti climatici,  
energie rinnovabili e  
sostenibilità**

FONDAZIONE PER IL CLIMA E LA SOSTENIBILITA'

Department of Plant, Soil and Environmental Science  
**DIPSA**

UNIVERSITA' DI FIRENZE

**Marco Mancini**

**Simone Orlandini**

**Il problema energetico nasce da un problema climatico**

COAGRIENERGY  
Confagricoltura

**Come e quando?**

<b>WMO</b> (Organizzazione Meteorologica Mondiale)	ORGANISMO ISTITUZIONALE
<b>IPCC</b> (Intergovernmental Panel on Climate Change)	ORGANISMO SCIENTIFICO (1988)
<b>COP</b> (Conferenza delle Parti)	ORGANISMO DECISIONALE (1994)

COAGRIENERGY  
Confagricoltura

**Cos'è l'IPCC?**

Un gruppo di esperti intergovernativo che revisiona gli articoli scientifici, raccogliendo e valutando le informazioni di carattere tecnico, scientifico e socio-economico e sintetizzandole in Report.

TRE GRUPPI DI LAVORO (WG) ED UNA UNITA' OPERATIVA

**WGI** : sistema fisico (climatologia e meteorologia)

**WGII**: interazioni con gli ecosistemi e con i sistemi socio-economici

**WGIII**: effetto antropico

COAGRIENERGY  
Confagricoltura

**I report dell'IPCC**

1990: "...esiste un cambiamento climatico"

1995: "...le attività umane sono **tra le cause** del fenomeno"

2001: "...le attività umane sono **all'origine** del fenomeno"

2007: "...il cambiamento climatico **può essere contrastato**"

**STRATEGIE D' AZIONE**

**Adattamento**  
agire sugli effetti, modificando azioni e comportamenti per limitare i danni.

**Mitigazione**  
agire sulle cause, diminuendo le fonti di emissione di GHG per ridurre il fenomeno.

COAGRIENERGY  
Confagricoltura

**Il problema climatico è diventato un problema energetico**

**Emissioni mondiali di gas effetto serra per fonte, distinte per il settore energetico e non energetico, anno 2000.**  
(Fonte: "Stern review of the economics of climate", 2006)

Sector	Percentage
Power	24%
Industry	14%
Transport	14%
Buildings	8%
Other energy related	5%
Land use	18%
Agriculture	14%
Waste	3%

Total emissions in 2000: 42 GtCO<sub>2</sub>e.

COAGRIENERGY  
Confagricoltura

## Cos'è il COP?

**1994** Entrata in vigore la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change).

Viene istituito il suo organo gestionale: la Conferenza delle Parti.

Funzioni:

Riesame degli accordi stipulati dalla Convenzione,  
Negoziazione di Protocolli atti a stabilire azioni legalmente vincolanti  
Designazione degli strumenti necessari all'attuazione degli obiettivi.

**1997** COP3. Sottoscritto il protocollo di Kyoto per la riduzione delle GHG globali di almeno il 5,2% rispetto al 1990 entro il 2008-2012 (ratificato nel 2005).

**2007** COP13. A Bali l'Australia ratifica il protocollo.



## COP15

**Obiettivo: stabilire un accordo mondiale successivo al periodo 2012.**

**Attualmente: 184 i paesi ratificanti il Protocollo di Kyoto.**

**Gli USA non hanno ratificato;**

**Cina, India ed altri paesi in via di sviluppo sebbene abbiano ratificato sono stati esonerati dalla riduzione delle emissioni perché ritenuti non responsabili delle emissioni durante il periodo di industrializzazione.**



## COP15

### L' ACCORDO DI COPENAGHEN

Lettera d'intenti senza natura vincolante che esprime il favore di 25 Paesi (tra cui USA, Cina, India, Brasile, Sudafrica) ad un futuro accordo per la riduzione delle emissioni oltre il periodo 2012.

- 1- Riconoscimento dell'evidenza scientifica
- 2- Impegno a raggiungere obiettivi di riduzione quantificati nel 2020
- 3- Riconoscere la necessità di stabilire un programma di adattamento internazionale
- 4- Impegno da parte dei Paesi industrializzati a fornire risorse finanziarie ed attuare il passaggio di tecnologie e conoscenze a favore dei PVS



## COP 17

### L' ACCORDO DI DURBAN

**"si è deciso che si deciderà"**

Via libera alla tabella di marcia che porterà all'adozione di un accordo globale salva-clima entro il 2015 per entrare in vigore dal 2020.

Kyoto2 dopo il 2012,  
Giappone, Russia e Canada hanno annunciato il loro non parteciperanno i nuovi impegni di riduzione dovranno essere definiti entro il 1° maggio 2012  
Avranno validità 2013-2017

Nel "pacchetto Durban" via libera all'operatività del Fondo Verde per aiutare i paesi in via di sviluppo a sostenere azioni contro il riscaldamento globale (100 miliardi di dollari al 2020)

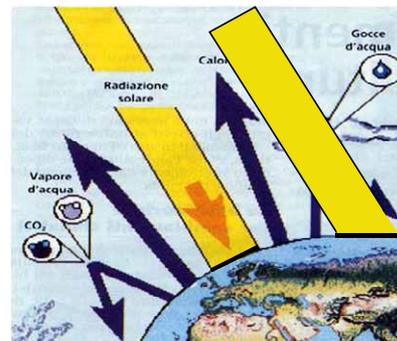


## Il modello climatico



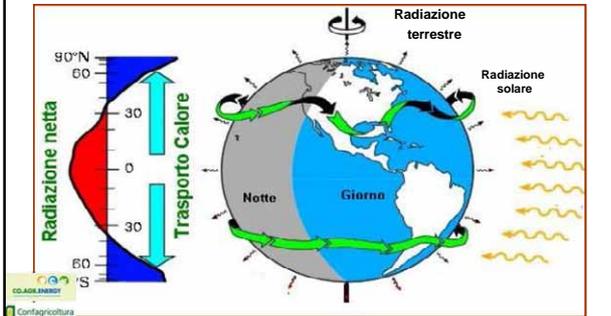
## La radiazione solare: il motore del sistema

La radiazione solare giunge sulla superficie terrestre è dipendente dalla latitudine

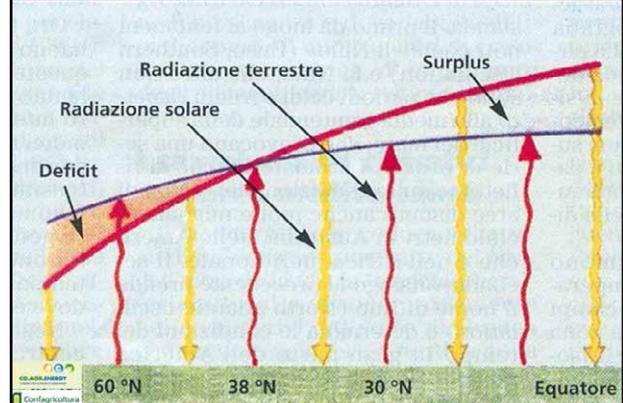


## Il bilancio energetico globale

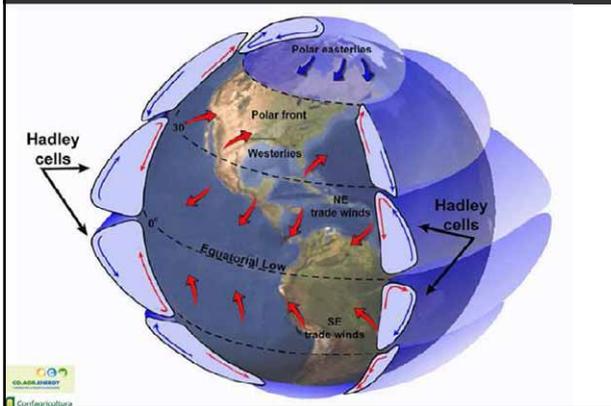
Il bilancio energetico (differenza fra la radiazione in arrivo dal sole e quella emessa dalla terra per irraggiamento) risulta positivo nelle zone intertropicali e negativo ai poli



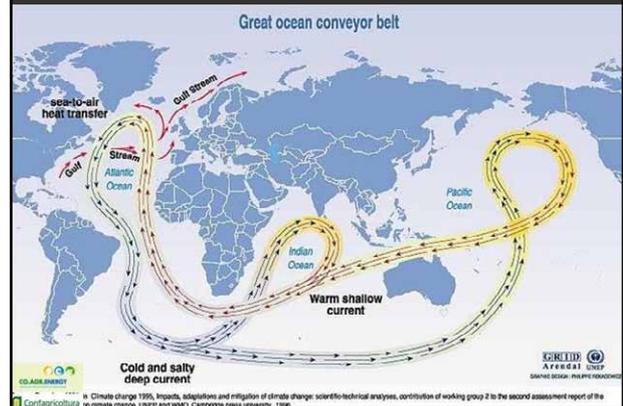
## Il bilancio energetico globale



## La circolazione atmosferica

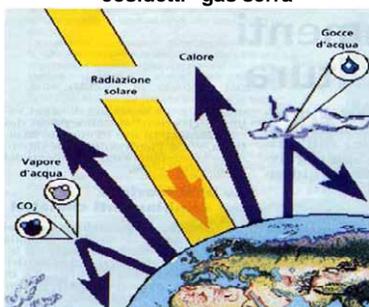


## La circolazione oceanica



## L'effetto serra

La radiazione solare giunge sulla superficie terrestre e viene riemessa sotto forma di radiazione infrarossa. Parte di tale radiazione viene bloccata dal vapor d'acqua e dai cosiddetti "gas serra"



## L'effetto serra: storia

- 1827: Jacques Fourier intuì che il calore della radiazione solare viene riflesso dalla superficie terrestre e dagli oceani e aveva capito che non si disperde ma viene in qualche modo "intrappolato" dall'atmosfera
- 1865: John Tyndall (fisico irlandese) intuì che il fenomeno era determinato dai gas anidride carbonica, metano e ozono, presenti nell'atmosfera
- 1896: Svante Arrhenius (chimico svedese) ipotizzò la capacità del vapore acqueo e dell'anidride carbonica di intrappolare la radiazione infrarossa. "On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground". Extract from a paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11<sup>th</sup> December 1895. Philosophical magazine 41, 237-276 (1896). Per primo sostenne che la combustione di combustibile fossile avrebbe potuto provocare un riscaldamento globale e calcolò che un raddoppio della concentrazione di CO2 avrebbe provocato un incremento della temperatura di 5-6 °C; in particolare calcolò gli effetti della CO2 atmosferica su 5 scenari: 67; 150; 200; 250; 300% dell'epoca e trova variazioni di temperatura di circa: -3; +3; +5; +7; +8° C.
- 1903 Arrhenius vince il Nobel per la chimica per le sue ricerche sulla conduttività elettrica delle soluzioni saline

Gas	Concentrazione pre industriale (1860)	Concentrazione nel 2000	Vita media atmosferica (°)	Tasso di crescita (% all'anno) (°)	Sorgenti antropogeniche globali (GWP) a 100 anni (°)	Potenziale di riscaldamento attuale (Watt/m²)
Vapore acqueo	1 ppc	1 ppc	pochi giorni	0.20%	Tutte quelle citate	sotto 0
Anidride carbonica	288 ppm	370 ppm	50-200 anni	0.45%	Uso dei combustibili fossili (75%), cattiva gestione forestale (11%), deforestazione (24%), produzione di cemento (0.6%), cattiva gestione dei suoli (11%)	1
Metano	848 ppb	1750 ppb	12 anni	0.60%	Estrazione combustibili fossili (20%), dighe/bacini (20%), digestione del bestiame (18%), risaie (17%), discariche (10%), deiezioni animali (7%), emissioni di monossido di carbonio	23 (62 riferito a 20 anni)
Ossido di azoto	285 ppb	312 ppb	120 anni	0.25%	Cattiva gestione dei suoli (70%), trasporti (14%), processi industriali (7%)	296
CFC	0	533 ppt	102 anni	1%	Refrigeranti liquidi, schiume	10600
HCFC	0	142 ppt	12 anni	4.20%	Refrigeranti liquidi	1700
HFC	0	12 ppt	1-264 anni	5.10%	Refrigeranti liquidi, sostituti di CFC e HCFC	12000
Perfluorocarburi	0	79 ppt	3200-50.000 anni	1.40%	Produzione di alluminio (59%), solventi e altro (26%), incisione al plasma (15%)	5700
Esfluoruro di zolfo SF <sub>6</sub>	0	4,7ppt	3200 anni	6.30%	Produzione di magnesio, fluido dielettrico	22200
Trifluorometil-zolfo-pentafluoruro SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub>	0	0.12 ppt	3500 anni	-	non noto	17500
Ozono troposferico	25 ppb	25/26 ppb	settimane	Non identificabile	Indiretto, a partire dagli inquinanti industriali	-

**FONTI:**

Le emissioni di CO<sub>2</sub> sono in gran parte attribuibili a due principali fonti:

- utilizzo di **combustibili fossili**
- cambiamento di **utilizzazione del suolo**.

**L'effetto serra: la CO<sub>2</sub>**

**FONTI:**

Esistono sei fonti diverse di metano atmosferico. In ordine di importanza sono:

- le paludi
- i combustibili fossili
- le discariche
- gli animali ruminanti
- le risaie
- la combustione di biomassa.

**L'effetto serra: il metano**

Si stima che il metano produca circa un terzo di quantità del riscaldamento globale proveniente dall'anidride carbonica

**FONTI:**

a) la maggioranza del rifornimento naturale di protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O) gassoso è liberata dagli oceani.

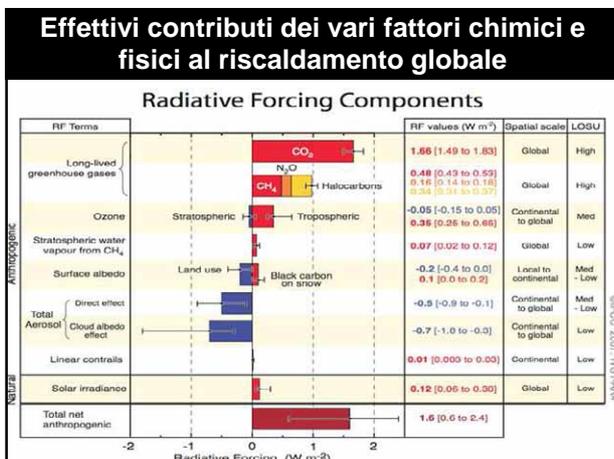
b) i processi che avvengono nel suolo sono responsabili del resto:

- denitrificazione in ambienti anaerobici
- nitrificazione in ambienti aerobici.

**L'effetto serra: l'ossido d'azoto**

Circa un terzo delle emissioni di N<sub>2</sub>O attuali sono antropogeniche:

- dai terreni agricoli
- dal bestiame
- dall'industria chimica.



**Impatto climatico del maggior effetto serra**

Variazione delle **tendenze** di temp. e precipit.

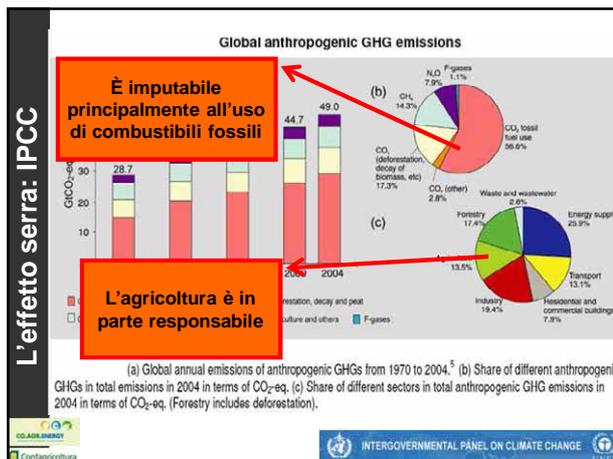
Variazione dell'**intensità** dei fenomeni

Variazione della **persistenza** dei fenomeni

Variazione della **frequenza** dei fenomeni estremi

## Principali fonti di emissione

- uso di combustibili fossili
- uso del suolo;



## L'incentivazione della produzione di energie rinnovabili



## Ma l'agricoltura può contribuire attivamente anche alla mitigazione

- carbon sink dei suoli agricoli
- produzione di energie rinnovabili



## Le energie rinnovabili diventano ATTIVITA' AGRICOLA

Tra le ATTIVITA' CONNESSE o PRODUTTIVE DI REDDITO AGRARIO vi è "la produzione e cessione di energia da fonti rinnovabili agroforestali effettuate dagli imprenditori agricoli"

L'Art. 2135. del codice civile (comma 3° ) Legge Finanziaria 2006 (n. 302 del 29-12-05)



## Il meccanismo dei certificati verdi

L'energia elettrica prodotta con fonti energetiche rinnovabili avrà un riconoscimento economico composto dal valore dell'energia + valore del certificato verde

Il valore del certificato verde è di anno in anno fissato facendo la differenza tra 180 €/MWh<sub>e</sub> e il valore medio di mercato della sola energia nell'anno precedente

Tabella 3.3 - Andamento dei prezzi dei CV del GSE (senza IVA), in seguito alla revisione della modalità di calcolo introdotta dalla Legge Finanziaria 2008

Anno	Valore di riferimento (€/MWh)	Prezzo medio cessione energia anno (€/MWh)	Prezzo di offerta CV del GSE (€/MWh)
2008	180	87,12	112,88
2009		97,34	88,66
2010		87,18	112,82

Tabella 3.2 - Coefficienti moltiplicativi per il calcolo del numero di CV (tabella esposta nella Tabella 2 allegata alla Legge Finanziaria 2008, così come modificata dalla Legge 29/12/2009 n. 99).

Numerosità (L. 29/12/07)	Fonte	Coefficiente
1	Eolica on-shore	1,00
1-bis	Eolica off-shore	1,50
3	Idroelettrica	0,90
4	Molto onshore e mareomotrice	1,80
5	Idraulica	1,00
6	INEL (biogeotermali), biomasse diverse da quelle di cui al punto 6-bis (costruzione)	1,80
6-bis	Biomasse e biogas (derivanti da prodotti agricoli, di allevamento e forestali, ottenuti nell'ambito di filiere di filiera, contratti quadro, o filiere corte)	1,80
7	Geotermica e gas rinnovabili (dal processo di impregnazione e Biogas derivati dai rifiuti del settore alimentare)	0,80

## Il meccanismo delle tariffe omnicomprensive

Impianti < 1MWe

Tabella 3.4 - Tariffe omnicomprensive riconosciute all'energia incentivata E.  
(Tabella 3 allegata alla Legge Finanziaria 2008, così come modificata dalla Legge 99 del 23/7/2009).

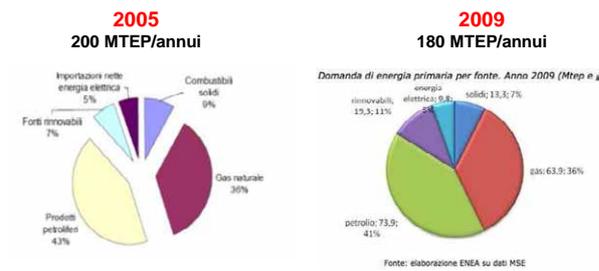
Numerazione L.244/2007	Fonte	Tariffa (€/MWh)
1	Eolica per impianti di taglia inferiore a 200 kW	300
3	Geotermica	200
4	Moto ondoso e maremotrice	340
5	Idrastica diversa da quella del punto precedente	220
6	Biogas e biomasse, esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento (CE) 73/2009 del Consiglio, del 19 gennaio 2009 Gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento (CE) 73/2009 del Consiglio, del 19 gennaio 2009	200
8		180



## La produzione di energie rinnovabili in Italia

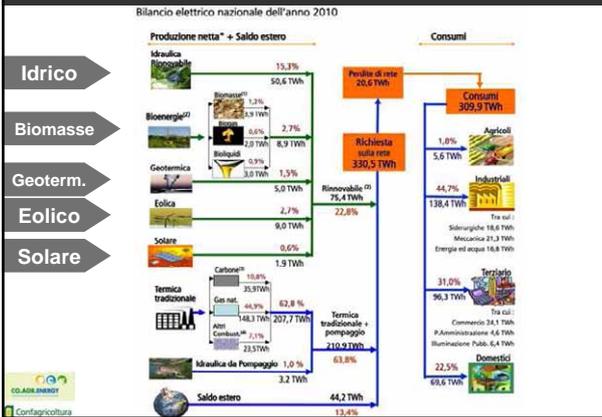


## Consumo lordo di energia in Italia

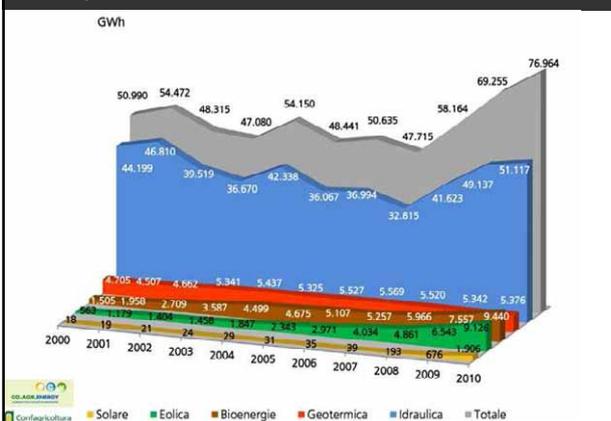


Consumi di energia per fonte, anno 2005 e 2009.  
Fonte: ENEA- Rapporto Energia e Ambiente

## Bilancio elettrico 2010



## La produzione di rinnovabili in Italia dal 2000 al 2010



## Le filiere legate alle biomasse



## Le principali grandezze usate nelle energie rinnovabili

Riferite al comparto termico ed elettrico

Potenza installata →  $Mw_e$ ;  $MW_t$ ;  $Kwe$ ;  $Kw_e$

Energia prodotta →  $MWh_e$ ;  $MWh_t$ ;  $KWh_e$ ;  $KWh_t$

Tonnellata equivalente di petrolio → Mtep

Potere calorifico inferiore →  $MJ/m^3$   $MJ/kg$



## Le fonti di provenienza

Le principali fonti di provenienza sono costituite dall'attività forestale, agricola di coltivazione e allevamento oltre che dall'industria di trasformazione. In particolare possiamo riassumere le principali categorie come di seguito:

### •agricoltura:

- residui delle coltivazioni erbacee (paglie cereali, paglie colza, stocchi girasole, stocchi e tutoli mais, foglie barbabietola da zucchero, steli tabacco, ecc.);
- residui delle coltivazioni arboree (potature di fruttiferi, olivo, fruttiferi a guscio, sarmenti vite, ecc.);
- deiezioni degli allevamenti (letame e liquami di suini, bovini, ovini, caprini, avicoli, cunicoli, ecc.);

### •foreste:

- residui delle utilizzazioni destinate a legna da ardere (ramaglia, cimali, ecc.);
- residui della prima lavorazione del legno da opera (segatura, trucioli, refili, sciaveri, ecc.);

### •agroindustria:

- residui oleifici (sanse, foglie);
- residui cantine (vinacce, raspi);
- residui industria conserviera (semi, buccette, foglie, gusci, noccioli, ecc.);
- residui zuccherifici (melasso, fettecce).



## I biocombustibili

I biocombustibili che si originano a partire dalle biomasse possono essere suddivisi in tre principali categorie in base al loro stato fisico: solido, liquido o gassoso.

**-Biocombustibili solidi:** costituiti principalmente da prodotti a matrice legnosa destinati alla combustione diretta (legna, cippato, ecc.) o previa trasformazione in forme densificate (pellet e bricchetti).

**-Biocombustibili liquidi:** prodotti derivanti per lo più da colture dedicate attraverso processi di estrazione (olio vegetale puro) ed esterificazione (biodiesel) degli oli vegetali o processi di fermentazione e distillazione di materiali zuccherini (bioetanolo). Sono di particolare interesse per la produzione di biocarburanti nel settore dei trasporti.

**-Biocombustibili gassosi:** prodotti derivanti da processi di fermentazione anaerobica di miscele di biomasse umide a componente organica quali reflui zootecnici, civili o agro-industriali spesso addizionate con produzioni agricole facilmente fermentescibili quali mais, barbabietola da zucchero, ecc..

### Il problema del valore energetico



## I processi di conversione

I processi di conversione energetica delle biomasse sono principalmente tre:

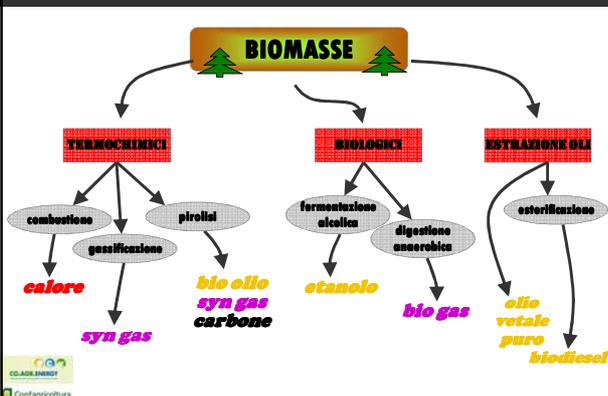
**-conversione biologica :** avviene attraverso reazioni chimiche dovute alla presenza di enzimi, funghi e altri microrganismi che si sviluppano nella biomassa tenuta a particolari condizioni. Si applica generalmente su biomasse con tenore di umidità superiore al 30% e rapporto C/N<30; i principali processi biologici sono la fermentazione alcolica e la digestione anaerobica;

**-conversione termochimica :** avviene attraverso l'azione del calore e la conseguente combustione della biomassa. Si applica generalmente su biomasse con tenore di umidità inferiore al 30% e rapporto C/N>30.

**-estrazione:** può essere un semplice processo fisico di pressione per l'estrazione di oli vegetali puri da semi oleosi ottenuti da colture dedicate; un successivo processo di esterificazione viene impiegato per la produzione di biodiesel.



## TRASFORMAZIONI ENERGETICHE DELLE BIOMASSE



## Processi termochimici

### La combustione del legno

La combustione della sostanza organica avviene essenzialmente attraverso il passaggio successivo di tre stadi che sono:

- essiccazione, stadio l'acqua contenuta nel legno subisce il processo di evaporazione che ha un costo energetico che grava sulla resa energetica del processo stesso

- degradazione, ossia i processi di pirolisi (o piroliscione) e gassificazione, ossia processi di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuti mediante l'applicazione di calore e in completa assenza di ossigeno

- combustione, l'ossidazione dei gas e delle molecole semplici ridotte, con liberazione di energia. A seconda della composizione chimica della matrice organica, della temperatura raggiunta e della quantità di ossigeno disponibile si possono avere differenti tipi di prodotti residuali quali cenere, carbone (biochar), catrame, oli, syngas, oltre alle emissioni quali CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> polveri, composti organici volatili, ossidi di azoto e di zolfo, ecc.



### Le caldaie termiche a biomassa

Le caldaie termiche alimentate a biomassa lignocellulosica quale legno, cippato, pellet trinciati di residui delle coltivazioni (vite, olivo, paglie, ecc.) producono, per combustione, calore che può riscaldare aria, acqua o entrambe attraverso appositi scambiatori.

### Cogeneratori alimentati a combustibili solidi

La produzione combinata di energia elettrica e calore (cogenerazione) a partire da biocombustibili solidi avviene attraverso due differenti sistemi cogenerativi dove essenzialmente la biomassa viene:

- direttamente combusta in una caldaia con produzione di calore e cessione dello stesso ad un vettore energetico che alimenta il ciclo termodinamico del sistema di produzione di energia elettrica; appartengono a questa categoria i cicli termodinamici utilizzati i seguenti fluidi:
  - vapore d'acqua (turbine a vapore)
  - fluido organico (turbine per cicli Rankine)
  - aria calda (turbine ad aria calda)
  - gas inerti quali elio ed azoto (motori Stirling)
- scomposta chimicamente in molecole volatili in appositi reattori termochimici (pirogassificatori) con produzione di gas a basso potere calorifico (syngas) i quali possono essere direttamente combusta in motori alternativi a combustione interna o turbine a gas previa filtrazione delle particelle incombuste (catrami, polveri, etc).



### Microturbina ad aria di 75 kWe



### Stirling 30 kWe



## Processi biologici

### La digestione anaerobica e produzione di biogas

La digestione anaerobica per la produzione di biogas è un processo chimico-biologico in cui la sostanza organica viene trasformata in biogas ad opera di differenti ceppi di microrganismi tra cui i metanigeni, quando si trovano in ambiente anaerobico. Ciascuna popolazione opera a un livello di degradazione e produce come cataboliti degli intermedi di reazione che fungono da substrato per la popolazione successiva nella catena trofica. I primi ad operare sono i batteri idrolitici che spezzano le macromolecole biodegradabili in sostanze più semplici, seguono i batteri acidogeni, che utilizzano come substrato i composti organici semplici liberati dai batteri idrolitici e producono acidi organici a catena corta. Poi intervengono i batteri acetogeni che producono acido acetico, acido formico, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>; batteri omoacetogeni che sintetizzano acetato partendo da anidride carbonica e idrogeno; batteri metanigeni, distinti in due gruppi: i) quelli che producono metano ed anidride carbonica da acido acetico, detti acetoclastici; ii) quelli che producono metano partendo da anidride carbonica e idrogeno, detti idrogenotrofi.

Il processo di fermentazione anaerobica avviene in ambiente liquido e può essere quindi schematizzato nei seguenti quattro stadi:

- Idrolisi*: degradazione delle macromolecole organiche in molecole semplici (fino a monomeri);
- fermentazione (acidogenesi)*: trasformazione delle molecole semplici in etanolo;
- acetogenesi*: trasformazione degli alcoli e degli acidi grassi volatili in acetati, idrogeno e anidride carbonica;
- metanogenesi*: trasformazione degli acetati, idrogeno e anidride carbonica in metano;
- riduzione dell'anidride carbonica*: secondo la reazione  $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$
- decarbossilazione dell'acido acetico*: secondo la reazione  $CH_3COOH + H_2O \rightarrow CH_4 + H_2CO_3$



Nel processo di produzione del biogas possono essere distinte tre differenti fasi:

-*fase aerobica*: nella quale i batteri utilizzano l'ossigeno disponibile (disciolto o dell'atmosfera interna al digestore) per crescere e moltiplicarsi; in questa fase l'energia liberata dalle intense attività microbiche innalza la temperatura della massa fino a 50-70° C; il pH diviene leggermente acido fino a valori di 6, l'anidride carbonica presente aumenta, la sostanza organica inizia ad essere degradata, il carico organico carbonioso (COD) è elevato;

-*fase anaerobica facoltativa*: quando l'ossigeno è finito i batteri utilizzano l'ossigeno legato alle molecole organiche; in questa fase si produce ulteriore anidride carbonica, una grande quantità di acidi organici e poca energia termica, il pH è compreso fra 5,5 e 6,5;

-*fase anaerobica metanigena*: rappresenta lo stadio finale della degradazione della sostanza organica durante il quale i batteri convertono le molecole organiche in metano e anidride carbonica.

I fattori che intervengono nel processo di digestione anaerobica e che consentono di controllarne l'efficienza sono molteplici: composizione chimica della biomassa, omogeneizzazione della massa, carico, grado di umidità, disponibilità di sostanze nutritive, capacità tampone, grado di umidità, temperatura, tempo di ritenzione, ecc.

### Gli impianti per la produzione di biogas essenzialmente sono costituiti da:

- sistema di alimentazione*: per convogliare la biomassa nel digestore (l'alimentazione può partire un serbatoio di pretrattamento al digestore);
- digestore* (vasca o serbatoio chiusi ermeticamente per far svolgere la fermentazione anaerobica)
- sistema di riscaldamento e miscelatori* per riscaldare ed omogeneizzare la massa all'interno del digestore;
- sistema di trattamento del biogas* per la filtrazione, la deumidificazione, la desolfurazione, e nel caso di biometano sistema per l'eliminazione dell'anidride carbonica "upgrading" (rimozione della CO<sub>2</sub>);
- serbatoio di stoccaggio del digestato*.



## La sostenibilità delle rinnovabili



## rinnovabilità e sostenibilità



Abbiamo iniziato a parlare di energie rinnovabili a 0 emissioni

Abbiamo iniziato a parlare solo di aumentare la produzione

È sorta la necessità di dimostrare la virtuosità del sistema

Quali terreni utilizzare?

Alti o bassi input?

L'agenzia europea per l'ambiente per prima, al COP15 ha iniziato a porre il quesito della sostenibilità ambientale in senso più ampio



## AUSPICI

### incentivazione degli aspetti virtuosi

- riconoscere un ruolo al carbon sink  
(certificati bianchi – pratiche agr. virtuose – rotazioni colturali – reintegro residui erbacee)
- utilizzo del calore nella cogenerazione  
(tariffa base + incentivo per utilizzo del calore)
- utilizzo del digestato
- minimizzazione degli spostamenti
- accorciamento della filiera
- biomasse a basso tenore d'azoto



## Non solo un problema climatico ma anche ambientale ed etico

La combustione di biomassa → polveri sottili

Colture dedicate → competizione con le alimentari

Colture dedicate → lisciviazione dell'azoto

**più in generale sostenibilità ambientale**

- erosione del suolo
- compattazione del suolo
- dispersione di diserbanti, insetticidi e anticrittogamici
- richiesta di acqua
- biodiversità
- ecc.



## Alcune soluzioni proposte

**INCENTIVO ALLA FILIERA CORTA LOCALE DELLE AGRIENERGIE**

Incentivi specifici per la produzione di energia elettrica a partire dall'attività agricola, zootecnica e forestale aziende presenti nell'arco di un raggio di 70 km dall'impianto a biomassa.

0,30 €/kWh per la vendita della quota di energia elettrica in eccesso rispetto al fabbisogno energetico

Finanziaria 2008



## Solare o biomasse nei terreni

**Pannelli solari → 10-14% di radiazione solare intercettata**

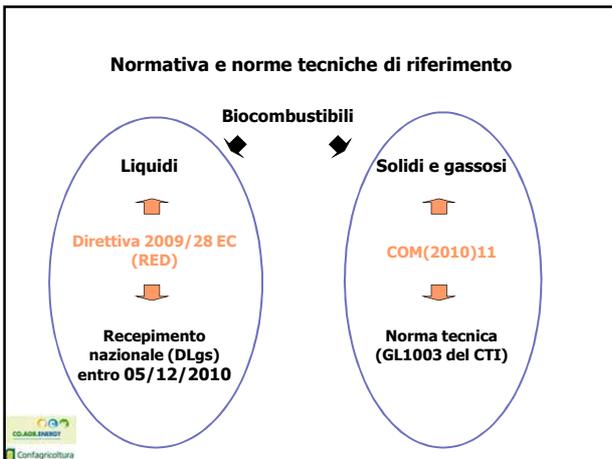
**Piante → 1% di radiazione solare intercettata**



## Cosa si intende per sostenibilità ambientale? IMPATTI E DANNI

<p><b>Sostenibilità locale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erosione del suolo</li> <li>- compattazione del suolo</li> <li>- uso di fertilizzanti (lisciviamento)</li> <li>- dispersione di pesticidi</li> <li>- richiesta di acqua</li> <li>- rischio di incendio</li> <li>- biodiversità</li> <li>- emissioni in atmosfera</li> <li>- rumore</li> <li>- .....</li> </ul> <p><b>EIA</b> Environmental Impact Assessment</p>	<p><b>Sostenibilità globale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- emissioni di GHG (CO<sub>2</sub>eq)</li> <li>- consumo di acqua</li> <li>- consumo di energia primaria</li> <li>- consumo di risorse</li> <li>- .....</li> </ul> <p><b>LCA</b> Life Cycle Assessment</p> <p><b>RED - Renewable Energy Directive e linee guida EU</b></p>
--	---





## La direttiva UE 28/2009

Recepimento nazionale (DLGs) entro 05/12/2010

Introduce il concetto di *carbon footprint*

Fissa il limite di risparmio della CO<sub>2</sub> per l'accesso ai certificati verdi **35% all'entrata in vigore**

**Solidi e gassosi COM(2010)11 Norma tecnica (GL1003 del CTI)**  
**La COM(2010)11 suggerisce una metodica di quantificazione delle riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub>eq del tutto analoga a quella della RED. Unica differenza l'introduzione dell'efficienza dell'impianto di utilizzo energetico.**

## Sostenibilità ambientale dei bioliquidi e biocarburanti

La RED indica 3 modi per calcolare la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>eq di filiere rinnovabili rispetto al tradizione utilizzo di fonti fossili

- valori di default** delle riduzioni di gas serra (no land use)
- valori di default disaggregati** di riduzione per le singole fasi
- utilizzo di formule di calcolo** basate su LCA

Simbolo	Descrizione
$E_{fossil}$	le emissioni derivanti dall'attività di coltivazione delle materie prime
$E_{land}$	le emissioni derivanti dall'attività di modifica degli usi di carbonio a seguito del cambiamento della destinazione del terreno
$E_{crop}$	le emissioni derivanti dalla lavorazione
$E_{fuel}$	le emissioni derivanti dal trasporto e uso distribuzione
$E_{ref}$	le emissioni derivanti dal carbonio di momento dell'uso
$E_{fuel,ref}$	le riduzioni delle emissioni grazie all'assorbimento di carbonio nel ciclo produttivo degli impianti a gestione fittile
$E_{fuel,ref,land}$	le riduzioni di emissioni grazie alla cattura e alla sostituzione del carbonio
$E_{fuel,ref,land,land}$	le riduzioni delle emissioni grazie alla cattura e alla sostituzione del carbonio
$E_{fuel,ref,land,land,land}$	le riduzioni di emissioni grazie all'attività riciclatoria prodotta dalla coltivazione

**35% all'entrata in vigore**  
**50% dal 01/01/2017**  
**60% dal 2018 negli impianti avviati nel 2017**

## Sostenibilità certificata

### carbon foot print può essere etichettato

The image shows a 'Calcolatrice del carbonio' (Carbon Calculator) interface. It displays various categories of emissions and their corresponding carbon footprints in km:

- Greenhouse effect of different diets per capita and year: 281 km (meat), 629 km (vegetarian)
- Diet without meat: 1978 km (meat), 2427 km (vegetarian)
- Options of diet: 4377 km (meat), 4758 km (vegetarian)
- Optional without beef: 4209 km

Below the calculator is a large green footprint icon with 'CO<sub>2</sub>' written inside it.

## QUALE MODELLO DI SOSTENIBILITA'?

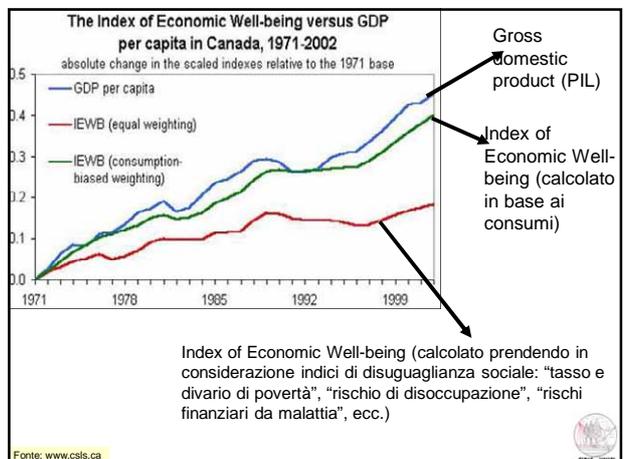
Il modello di sviluppo che stiamo esportando è efficace?

La quantità è anche qualità?

Il livello di sviluppo e la qualità della vita possono essere valutati secondo parametri puramente quantitativi?

Se no...?

Revisione dello stile di vita e del modello di sostenibilità.



## Rapporto Stiglitz

settembre 2009 Nicolas Sarkozy propone un nuovo indice di benessere della popolazione

Sulla base di uno studio commissionato al premio Nobel per l'economia Stiglitz

Riflessioni sulla misura della crescita

Il traffico fa aumentare i consumi di benzina quindi il pil, ma non la qualità della vita

OCCORRE INTEGRARE IL PIL CON INDICATORI DI:

- Attività non commerciali (opere di volontariato, attività sociali,..)
- Condizioni di vita materiale (reddito per categoria sociale)
- Sanità
- Insicurezze
- Ineguaglianze sociali, generazionali, sessuali, culturali
- Questioni ambientali gas serra



## BILANCI AMBIENTALI

Il bilancio energetico

Il bilancio idrico

Il bilancio in gas serra

La LIFE CYCLE ASSESSMENT

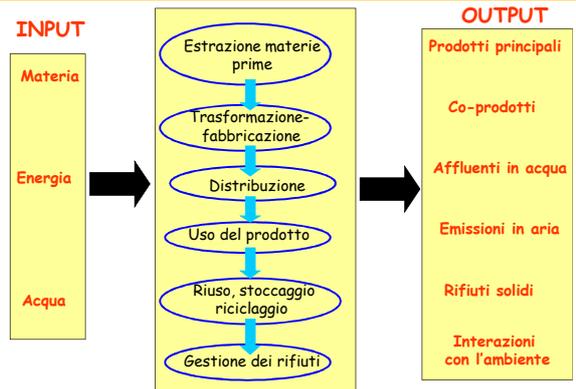
## La sostenibilità ambientale Life Cycle Assessment

### Definizione:

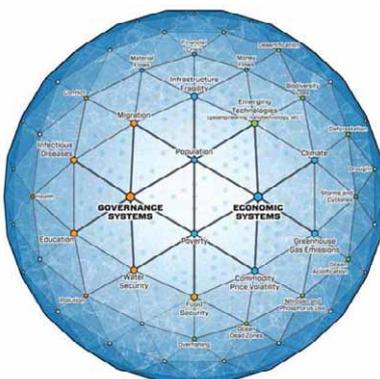
Metodologia sistematica per identificare i carichi ambientali associati ad un processo produttivo, identificando e quantificando energia, materiali utilizzati ed emissioni rilasciate all'ambiente.

La valutazione comprende l'intero ciclo di vita del prodotto, passando per l'estrazione e la trasformazione delle materie prime, la fabbricazione del prodotto, il trasporto e la distribuzione, l'utilizzo, il riuso, lo stoccaggio, il riciclaggio, fino alla dismissione.

## LCA: analisi di flussi e materia



## INTERCONNESSIONI DELLE SFIDE GLOBALI



If we do not solve climate change, we will not solve food security

If we do not solve food security, we will not solve water security

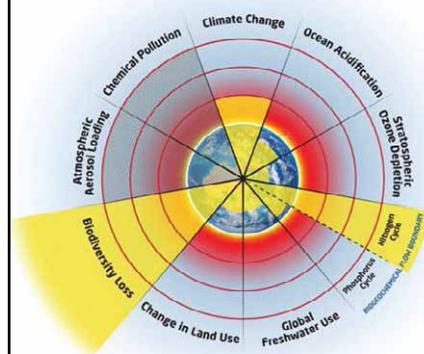
If we do not solve water security, we will not solve poverty

If we do not solve poverty, we will not solve economic disparity and equity

If we do not solve economic disparity and equity, we will not solve climate change

Source: International Geosphere-Biosphere Programme, adapted from World Economic Forum, Global Risks Report (2011)

## PLANETARY BOUNDARIES



Tre dei nove confini sono già stati oltrepassati in relazione al cambiamento climatico, sconvolgimento dei cicli globali e alla perdita di biodiversità

Researchers recently identified nine planetary boundaries, which they argue collectively delineate a safe operating space for humanity.

Source: modified from Rockström et al. (2009)

## ASPETTI FONDAMENTALI

La standardizzazione introdotta dalla norma **ISO 14040** permette di poter eseguire e, in caso, certificare uno studio LCA secondo uno schema prestabilito che consenta, in particolare, di evidenziare le caratteristiche di completezza, affidabilità e riproducibilità dell'analisi

Quanto detto dimostra come l'intento principale sia stato quello di dotare uno studio di LCA di requisiti essenziali che ne permettano un utilizzo come riferimento

Consente di mettere a **confronto** sistemi ed individuare, nell'ambito di un determinato processo produttivo, gli elementi di **criticità**;

## ALCUNI METODI

### ECO-INDICATOR99

Metodologia sviluppata dalla Prè (Product Ecology Consultants) per conto del Ministero dell'Ambiente Olandese.

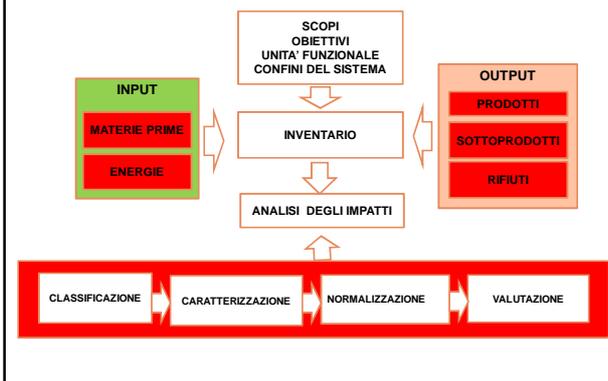
### EPS 2000

Metodologia sviluppata su richiesta della VOLVO, è nata dalla collaborazione tra VOLVO stessa, l'Istituto di Ricerca Ambientale Svedese e la Federazione delle Industrie Svedesi.

### EDIP 96

Metodologia sviluppata nel 1991 dalla collaborazione tra Danish EPA, la Technical University of Denmark, la Confederation of Danish Industries e cinque compagnie di rilievo.

## SCHEMA LOGICO DI BASE



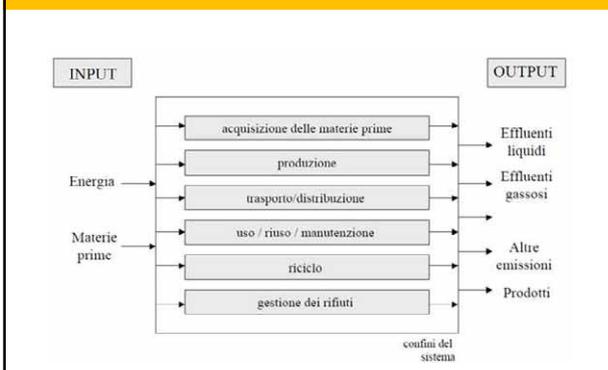
## FASE 1 - OBIETTIVI

**Definizione finalità dello studio**  
(motivazioni, oggetto, destinatari, applicazioni)

**Definizione del campo d'applicazione**

unità di riferimento  
parte del sistema o della filiera analizzata  
confini temporali e spaziali  
origine dati (bibliografia o rilievi)

## Il ciclo di vita per un prodotto viene disaggregato nelle fasi



## FASE 2 - INVENTARIO

Questa fase comprende la **raccolta dei dati** e i **procedimenti di calcolo** che consentono di quantificare i flussi in entrata e in uscita dal sistema

Le categorie secondo le quali vengono organizzati i dati di inventario, possono ad esempio essere:

- consumi di materie prime
- consumi di acqua
- consumi energetici
- emissioni idriche
- emissioni atmosferiche
  - rifiuti
- rischio e sicurezza
- produzione

## FASE 2 - INVENTARIO

Diviene inoltre importante in questa fase avere dati affidabili e per ciascuna assunzione devono essere riportati:

- fonte dei dati (misurata; da letteratura; da stime)
- processo di riferimento (lo stesso o uno simile)
  - tecnologie di riferimento
    - area geografica
    - metodo di misura
  - metodo di calcolo dei valori medi
- varianza ed irregolarità nelle misurazioni

**Il problema degli indici di riferimento**

## FASE 3 – VALUTAZIONE IMPATTI

Il passo successivo riguarda l'analisi degli impatti che ha lo scopo di evidenziare l'entità delle **modificazioni ambientali che si generano** a seguito di rilasci nell'ambiente (emissioni o reflui) e del consumo di risorse provocati dal sistema

## FASE 3 – VALUTAZIONE IMPATTI

Alcuni indicatori di impatto che si possono utilizzare sono:

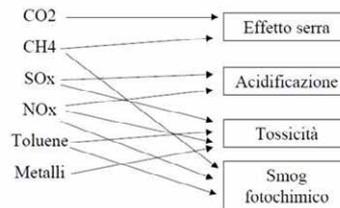
- effetto serra
- eutrofizzazione
- erosione del suolo
- impoverimento di risorse idriche
- danni alla salute umana

Le categorie di impatto differiscono per la scala con la quale manifestano il loro effetto nei confronti dell'ambiente. In particolare possono essere definiti:

- GLOBALI, tutto il pianeta
- REGIONALI, una vasta area in cui si è manifestato l'impatto
- LOCALI, esclusivamente l'area circostante il punto di impatto

## FASE 3– VALUTAZIONE IMPATTI CLASSIFICAZIONE

Ciascun impatto quantificato nella fase di inventario viene "classificato" sulla base dei problemi ambientali a cui può potenzialmente contribuire

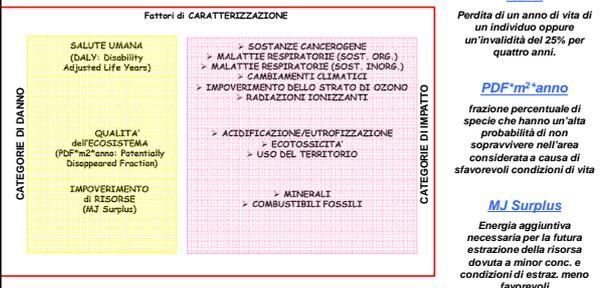


## FASE 3 – VALUTAZIONE IMPATTI CARATTERIZZAZIONE

Più sostanze in maniera differente possono contribuire allo stesso problema ambientale; le quantità di ciascun input ed output vengono quindi moltiplicate per un "fattore equivalente" che misura l'intensità dell'effetto di una sostanza sul problema ambientale considerato



## ECO-INDICATOR 99



## ECO-INDICATOR 99

La metodologia: Valutazione dell'Impatto –Eco Indicator '99

DALY PDF-m<sup>2</sup>-y MJ Surplus

NORMALIZZAZIONE

Eco – Punti (Pt)

(Gli impatti vengono normalizzati e valutati per ricavare un parametro univoco di definizione dell'impatto)

## ESEMPIO VALUTAZIONE FILIERA LEGNO-CIPPATO

## Es. APPLICAZIONE LCA

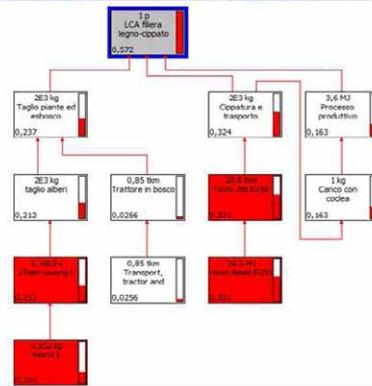
FILIERA CORTA PRODUZIONE CIPPATO ED IMPIEGO IN AZIENDA ZOOTECNICA

UNITA' DI RIFERIMENTO kWh<sub>eq</sub>

FASI

- 1) Taglio albero ed esbosco
- 2) Cippatura
- 3) Trasporto cippato
- 4) Impiego energetico in azienda

## ALBERO FILIERA



## Rilievi aziendali

Individuazione 6 parcelle sperimentali

- **Essenza** (conifere, faggio)
- **Gestione** (diradamento, avviamento alto fusto)
- **Accessibilità** (semplice, critico)

Misure effettuate

- **Diametro altezza uomo**
- **Altezza**
- **Biomassa**

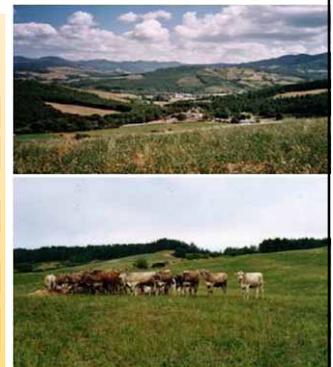
Dati raccolti

- **Mezzi e strumenti**
- **Produttività**
- **Organizzazione**



## Rilievi aziendali

Analisi dei fabbisogni termici ed elettrici:



Incontro presentazione attività di dottorato in Scienza del Suolo e Climatologia-Firenze 19 dicembre 2011

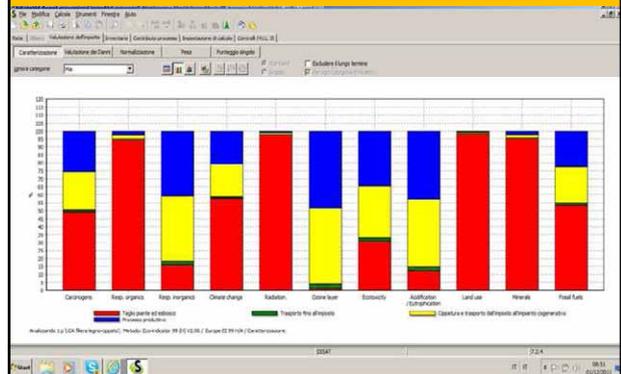
# APPLICAZIONE LCA

Elementi considerati

- 1) Consumi (gasolio, miscela, lubrificante, etc.)
- 2) Tempi di impiego (ore, durata, etc.)
- 3) Distanze (km, tkm)
- 4) Produttività (t/ora)

Incontro presentazione attività di dottorato in Scienza del Suolo e Climatologia-Firenze 19 dicembre 2011

# IMPATTI



# Water Footprints

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

Water Footprint NETWORK

## The water footprint of a product

- VOLUME DI ACQUA DOLCE UTILIZZATA PER L'INTERO PROCESSO PRODUTTIVO
- QUANDO E DOVE È STATA IMPIEGATA

## The water footprint of a product

### Green water footprint

- volume of rainwater evaporated or incorporated into product



### Blue water footprint

- volume of surface or groundwater evaporated, incorporated into product or returned to other catchment or the sea

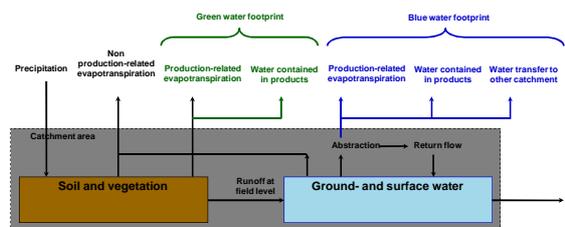


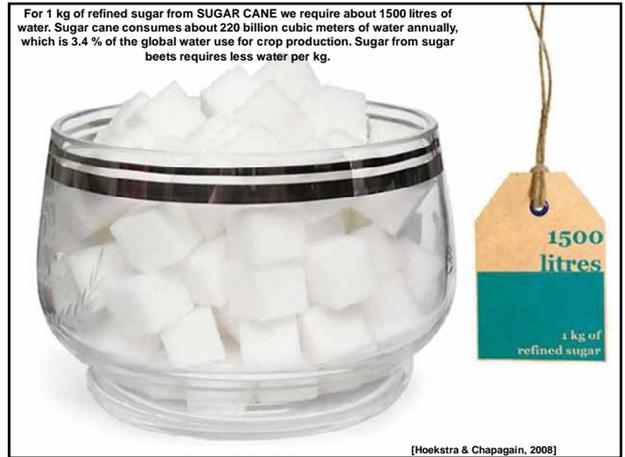
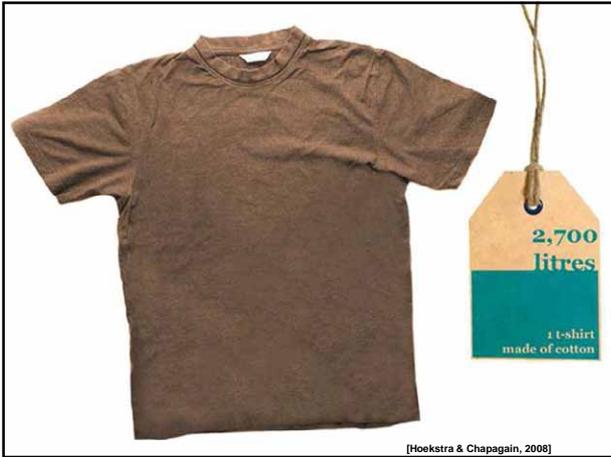
### Grey water footprint

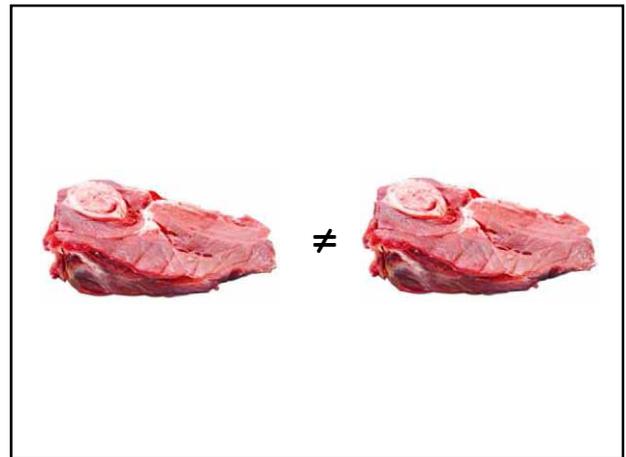
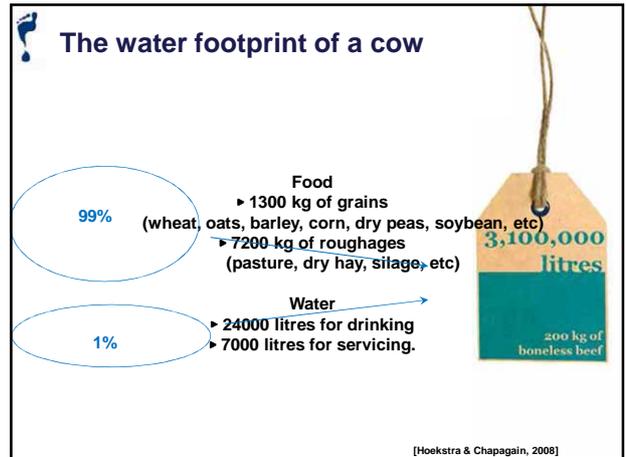
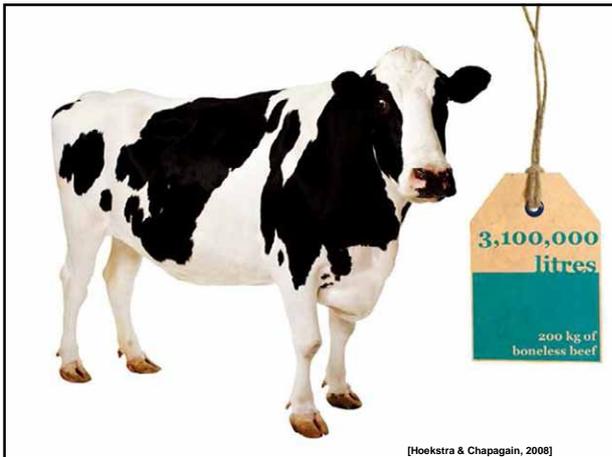
- volume of polluted



## The green and blue water footprint in relation to the water balance of a catchment area







**Grazing systems**

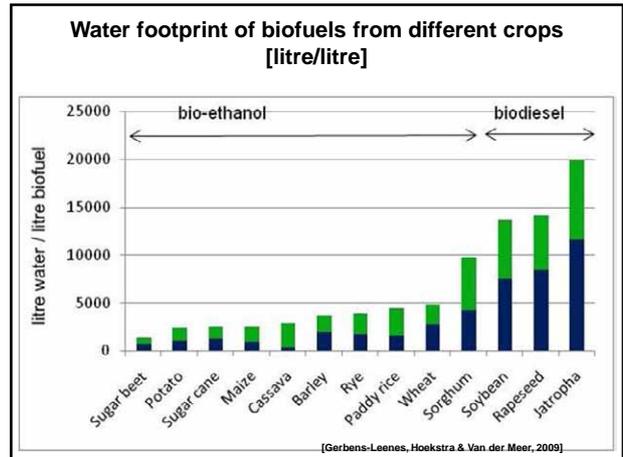
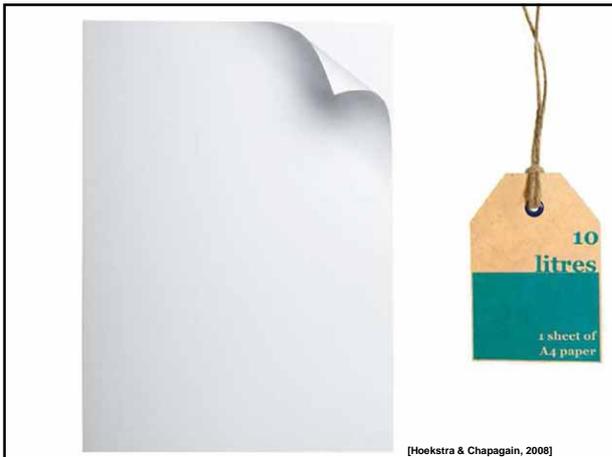
- Water footprint:
  - mostly green
  - local

**Mixed systems**

- Water footprint:
  - green & blue
  - partly imported

**Industrial systems**

- Water footprint:
  - green & blue
  - local



## DALL'ACQUA AL BIOETANOLO: L'IMPATTO DELLA VARIABILITA' CLIMATICA SUL WATER FOOTPRINT

Dalla **Marta A.**, Mancini M., Natali F., Orlando F., Orlandini S.

Dipartimento di  
Scienze delle Produzioni Vegetali, del Suolo e dell'Ambiente Agroforestale  
Università di Firenze

Department of Plant, Soil and Environmental Science  
**DiPSA**

### CASO DI STUDIO

Considerando che il Piano Energetico Regionale (PIER) della Toscana ha come obiettivo per il 2020 una produzione energetica in biocarburanti pari a 108 ktep, (Kyoto Protocol), l'obiettivo dello studio è quello di valutare i rapporti acqua-energia e analizzare come essi si modificano a causa della variabilità climatica.

ktep rappresenta la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo e vale circa 42 GJ

#### Obiettivi specifici

- a) Stimare la produttività del mais irrigato in Toscana e la sua variazione durante gli ultimi 55 anni (1955-2009)
- b) Calcolare il water footprint (WF) del bioetanolo prodotto
- c) Analizzare l'impatto della variabilità climatica sul WF

### MATERIALI E METODI

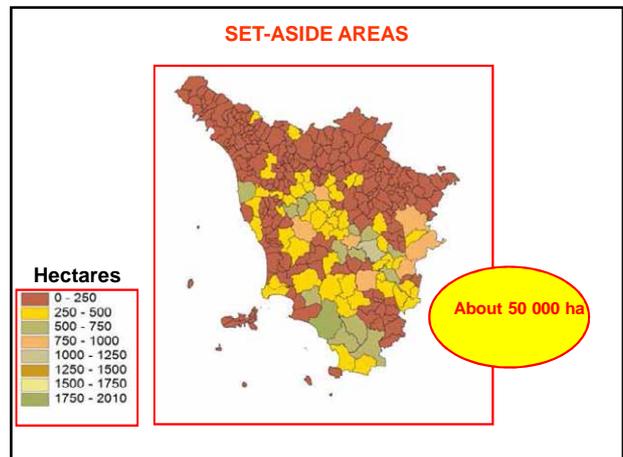
**SOFTWARE**  
DSSAT – Ceres - Maize

**DATI CLIMATICI**  
TEMPERATURA e PIOGGIA da serie storica (1955– 2009) di 10 stazioni meteo  
RADIATIONE SOLARE GLOBALE calcolata con ETo Calculator (FAO)

**DATI SUOLO**  
Profondità 1.50 m con tessitura standard (sabbia 42%, argilla 22%, limo 36%)  
C organico 0.8%  
N totale 0.08%

**IRRIGAZIONE**  
AWC < 35%

**FERTILIZZAZIONE AZOTATA**  
90 kg/ha semina  
90 kg/ha inizio allungamento



### IL WF DEL BIOETANOLO

Il WF del bioetanolo è stato ottenuto considerando:

a) Un coefficiente di resa del 30%

b) Un volume di acqua di 15 m<sup>3</sup>/t (blue water) per la trasformazione

Il WF è stato espresso in litri di acqua per MJ di energia ottenuta allo scopo di evidenziare meglio i rapporti acqua-energia

### CROPSYST STARTING CONDITIONS

► Soil parameters:

- texture: regional database
- depth: standard depth of 2.10 m
- organic matter: standard content of 0.8%

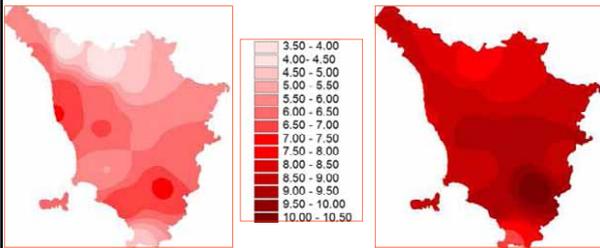
► Meteorological data:

- homogenized historical series of daily mean maximum and minimum temperature and precipitation
- solar radiation calculated from temperature data

► Crop management:

	MAIZE	SUNFLOWER
Sowing date	15 April	15 April
Fertilization (kg/ha)		
standard	180	100
low	90	50
Irrigation	AWC<35%	NONE

### PRODUCTIVITY OF MAIZE (Tons/ha)

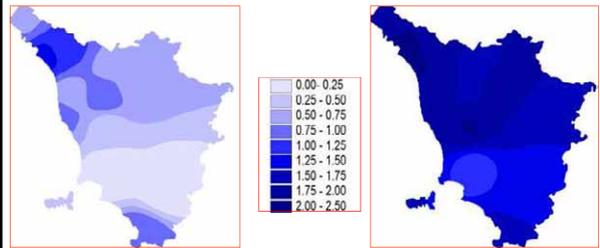


10° percentile

90° percentile

BIOETHANOL PRODUCTION RANGES FROM 2.03 TO 2.72 TONS/HA

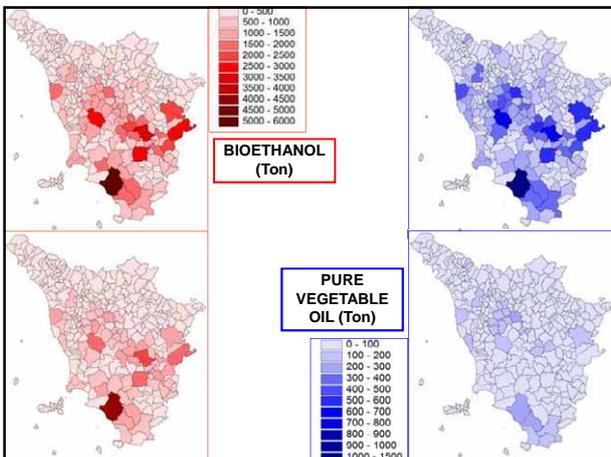
### PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER (Tons/ha)



10° percentile

90° percentile

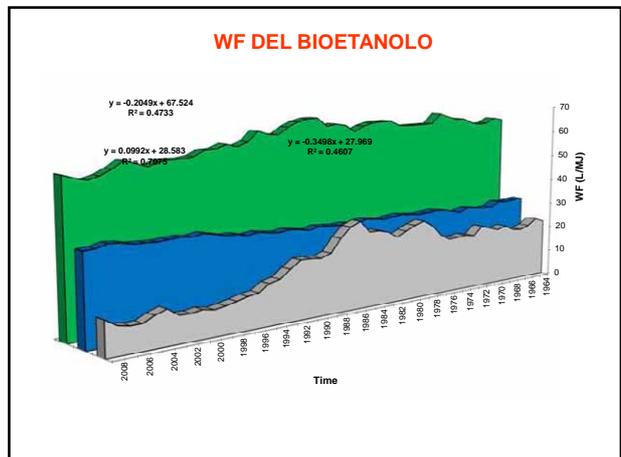
PURE VEGETABLE OIL PRODUCTION RANGES FROM 0.31 TO 0.60 TONS/HA

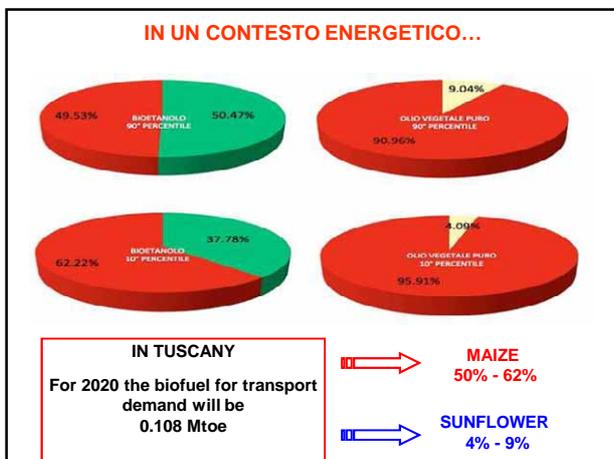
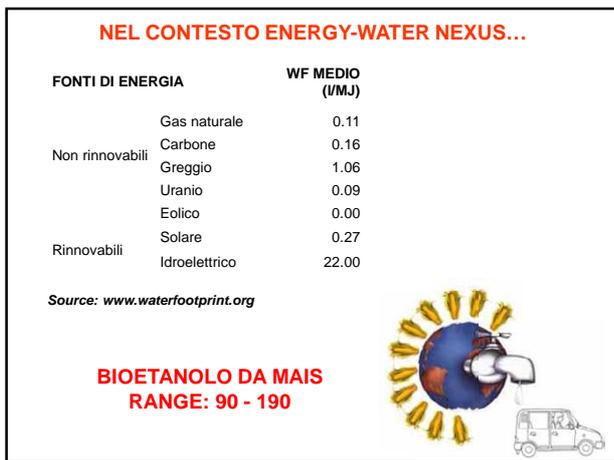
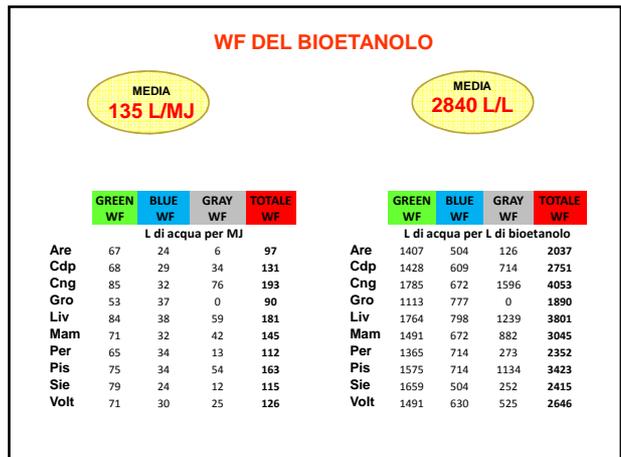
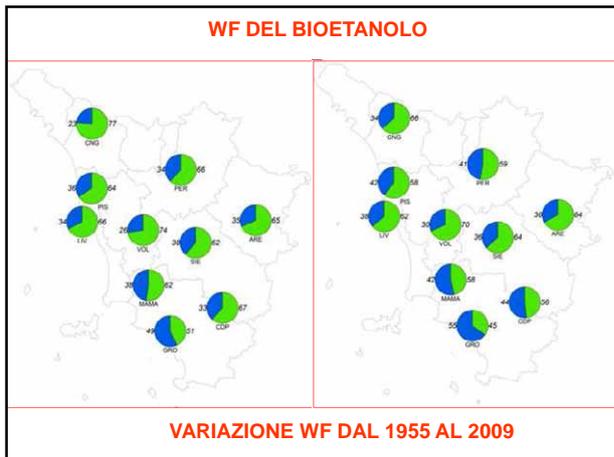


BIOETHANOL (Ton)

PURE VEGETABLE OIL (Ton)

### WF DEL BIOETANOLO





### ENERGY BALANCES

MAIZE ENERGY BALANCE (GJ/ha)				SUNFLOWER ENERGY BALANCE (GJ/ha)			
		10th PERC	90th PERC			10th PERC	90th PERC
CULTIVATION	PLOUGHING	2.80	2.80	PLOUGHING	2.80	2.80	
	HARROWING	0.75	0.75	HARROWING	0.75	0.75	
	SOWING	0.43	0.43	SOWING	0.43	0.43	
	WEED CONTROL	0.16	0.16	WEED CONTROL	0.16	0.16	
	HOEING	0.38	0.38	HOEING	0.38	0.38	
	FERTILIZATION	0.11	0.11	FERTILIZATION	0.11	0.11	
	TREATMENTS	0.11	0.11	TREATMENTS	0.11	0.11	
IRRIGATION	SYSTEM 1	6.23	6.49	SYSTEM 1	0.00	0.00	
	SYSTEM 2	7.53	7.84	SYSTEM 2	0.00	0.00	
FEEDSTOCKS	SEEDS	1.57	1.57	SEEDS	0.33	0.33	
	HERBICIDE	0.63	0.63	HERBICIDE	0.63	0.63	
	N FERTILIZER	13.20	13.20	N FERTILIZER	7.00	7.00	
	P FERTILIZER	0.31	0.31	P FERTILIZER	0.16	0.16	
	PESTICIDE	0.70	0.70	PESTICIDE	0.00	0.00	
PROCESSING	TRANSF/TRANSP	31.00	44.00	TRANSF/TRANSP	4.25	8.16	
	REQUIRED ENERGY	60.77	74.03	REQUIRED ENERGY	18.96	22.87	
TOTAL INPUTS	REQUIRED ENERGY	57.97	71.23	REQUIRED ENERGY	18.96	22.87	
TOTAL OUTPUTS	USABLE ENERGY	54.93	73.40	USABLE ENERGY	10.95	20.99	
INPUT/OUTPUT	BALANCE SYSTEM 1	-5.84	-0.63	BALANCE SYSTEM 1	-8.01	-1.88	
	BALANCE SYSTEM 2	-3.04	2.17	BALANCE SYSTEM 2	-8.01	-1.88	

### WATER BALANCES (m<sup>3</sup>/ha)

		10th PERC	90th PERC
IRRIGATION	SYSTEM 1	2528.13	2632.67
	SYSTEM 2	3054.82	3181.14
PROCESSING	TRANSFORMATION	101.73	135.93
<b>TOTAL</b>		<b>3156.55</b>	<b>3317.06</b>

METHOD DIFFERENCE 160.51

IN TUSCANY

The agriculture need of water is

150 million of m<sup>3</sup>

The water stored in farm ponds is

59 million of m<sup>3</sup>

IN SET-ASIDE LANDS (50 000 HA) THE WATER NEED IS ABOUT

160 million of m<sup>3</sup>

FOR A BIOETHANOL PRODUCTION OF

12 800 ton

# IL PROGETTO LUCAGNANO



# IL PROGETTO ENAMA

PARTE I  
BIOMASSE ED ENERGIA

CAPITOLO 1  
CARATTERISTICHE TECNICHE  
DELLE BIOMASSE E  
DEI BIOCOMBUSTIBILI

PARTE I - BIOMASSE ED ENERGIA - CAPITOLO 1 - CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE BIOMASSE E DEI BIOCOMBUSTIBILI

**Sommario**

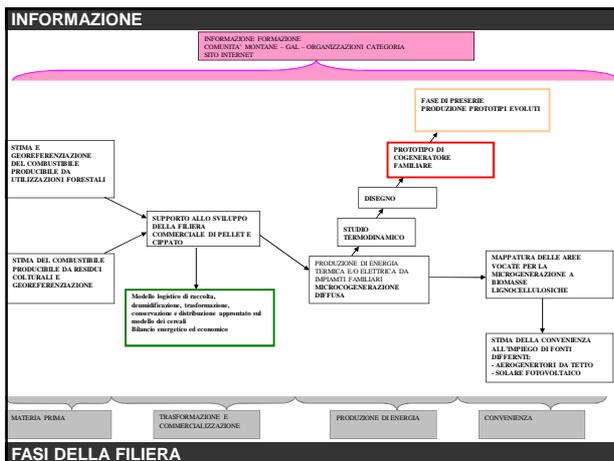
- 1.1 Introduzione..... 3
- 1.2 Settori di provenienza delle biomasse..... 3
- 1.3 Biomasse vegetali..... 3
- 1.3.1 Agricoltura..... 8
- 1.3.1.1 Fagioli (Biomass) (arso/pasta, vegetali)..... 12
- 1.3.1.2 Fagioli di olio..... 14
- 1.3.1.3 Cereali e residui di mola..... 16
- 1.3.1.4 Summi di olio..... 18
- 1.3.1.5 Patate di olio..... 20
- 1.3.1.6 Patate di biomassa..... 22
- 1.3.2 Residui forestali..... 27
- 1.3.3 Biomasse differenziate (colture)..... 33
- 1.3.3.1 Soia..... 34
- 1.3.3.2 Mais..... 36
- 1.3.3.3 BUIAH..... 41
- 1.3.3.4 Miscelati altri..... 44
- 1.3.4 Industria del legno (residui della prima e seconda lavorazione)..... 49
- 1.4 Biomasse di colture industriali..... 51
- 1.4.1 Colture ligno-cellulosiche..... 51
- 1.4.1.1 Sorgo..... 52
- 1.4.1.2 Lamiaria..... 58
- 1.4.1.3 Erba medica..... 60
- 1.4.1.4 Canna comune (pseudo-canna)..... 68
- 1.4.1.5 Miscelati..... 70
- 1.4.2 Canna comune (pseudo-canna)..... 74
- 1.4.2.1 Colture zaccarine..... 77
- 1.4.2.2 Sorgo zaccarino..... 79
- 1.4.2.3 Topinambur..... 81
- 1.4.2.4 Mais ad uso energetico..... 83
- 1.4.2.5 Rapa..... 85
- 1.4.3 Colture oleaginose..... 87
- 1.4.3.1 Girasole..... 87
- 1.4.3.2 Soia..... 95
- 1.5 Biocombustibili..... 99
- 1.5.1 Biocombustibili solidi..... 99
- 1.5.1.1 Legna da ardere..... 100
- 1.5.1.2 Legna..... 104
- 1.5.1.3 Bricchi..... 106
- 1.5.1.4 Pellet..... 108
- 1.5.2 Biocombustibili liquidi..... 116
- 1.5.2.1 Biocombustibili generati (prodotti) (cipri)..... 116
- 1.5.2.2 Biocombustibili generati (prodotti) (cipri)..... 116
- 1.6 Componenti biodegradabili dei sottoprodotti per le fibre energetiche..... 127
- 1.6.1 Sottoprodotti agricoli..... 128
- 1.6.2 Sottoprodotti forestali..... 137
- 1.7 Combustibili..... 138
- Riferimenti bibliografici e fonti informative..... 138

PARTE I - BIOMASSE ED ENERGIA - CAPITOLO 1 - CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE BIOMASSE E DEI BIOCOMBUSTIBILI

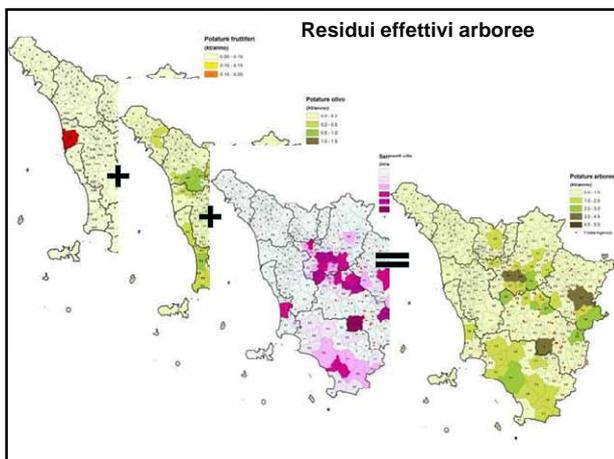
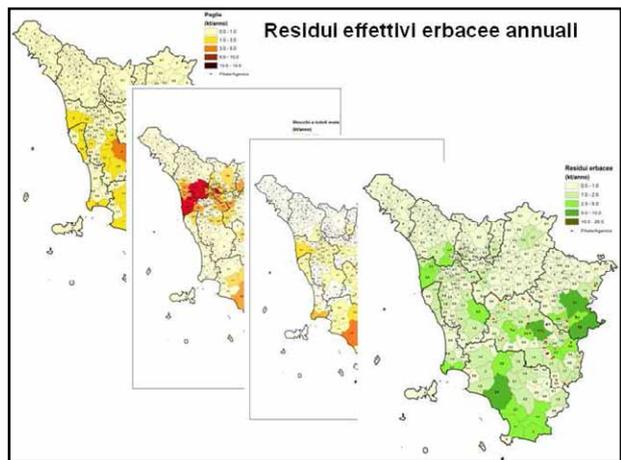
POTATURE DI CULIVO	
Proteine calorifiche inferiori (MJ/kg SS)	12-19
Umidità alla raccolta (FWS) (%)	43-66
COMPOSIZIONE CHIMICA	
Ceneri fagioli (%) SS SS	1,5 - 2,8
Ceneri frasca (%) SS SS	5,0 - 7,8
Salice (prop. fagi)	1,00
Proteine (prop. fagi)	1,000
Amido (variazione tipica) (M, SS SS)	0,00 - 1,000
Zucchero (variazione tipica) (M, SS SS)	0,00 - 5,000
Olio (variazione tipica) (M, SS SS)	0,00 - 0,06
Alcorno (variazione tipica) (M, SS SS)	0,50 - 4,50
PRODOTTORE CUBITAZIONE	
Alcorno (M, SS SS)	1,000
Canna (M, SS SS)	1,37
Soia (M, SS SS)	1,37
SOSTANZE DATTOSI	
Alcorno (M)	11,200
Canna (M)	225,300
Soia (M)	900,000
Italia (M x 1.000)	11,700
BIOMASSE STAMATA	
Biomassa nazionale potenziale (M e SS SS)	1.547
Biomassa nazionale disponibile stimata (M e SS SS)	770
MILANO	n.d.
Prezzo di vendita all'ingresso (M/lt)	n.d.







- ### Obbiettivi
- 1) Stima delle potenzialità in biomasse agrienergetiche e localizzazione
  - 1) Macchine operatrici e logistica per il recupero e la movimentazione delle biomasse residuali
  - 2) Messa a punto di un prototipo per la microcogenerazione alimentato a biomassa lignocellulosica
  - 3) Analisi delle potenzialità solari (fotovoltaiche) ed microeoliche della Toscana

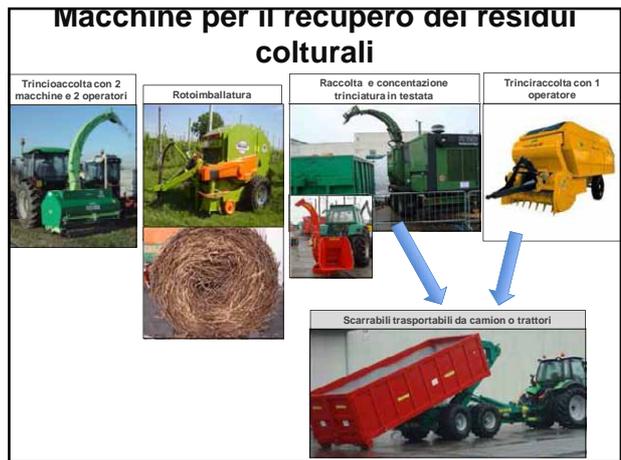
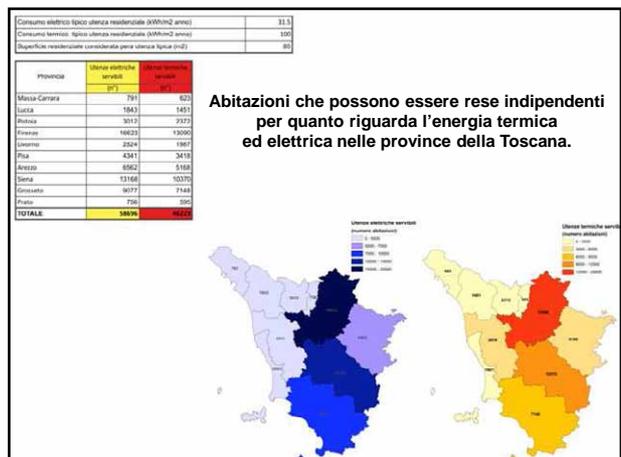
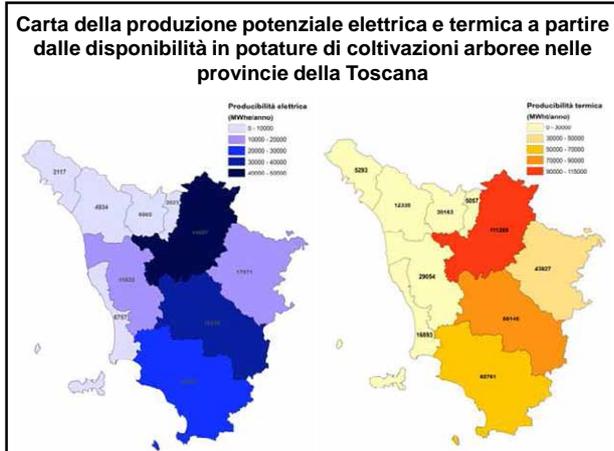


### Produzione potenziale di energia termica ed elettrica ottenibile dalla termovalorizzazione dei residui di potatura di coltivazioni arboree nelle differenti province della Toscana

	Potature frutteti	Potature oliveti	Sarmenti vite
Residuo effettivamente recuperabile	70%	70%	75%
Potere calorifico inferiore medio (MJ/kgss)	10	18.2	18.4
Rendimento elettrico impianto cogenerazione	18%		
Rendimento termico recuperabile	45%		

Provincia	Residuo potenziale pot. frutteti	Residuo potenziale pot. oliveti	Residuo potenziale sarmenti vite	Residuo recuperabile	Produttività annua	
	(t)	(t)	(t)	(t)	elettrica (MWh)	termica (MWh)
Massa-Carrara	109	1216	1855	2318	2117	5293
Luca	357	4920	2303	5421	4934	12335
Pistoia	167	10589	1793	8874	8065	20162
Firenze	1142	37748	28794	48818	44507	111269
Livorno	670	5731	3919	7419	6757	16893
Pisa	1029	10143	6587	12761	11622	29054
Arezzo	1075	15107	10608	19284	17571	43927
Siena	242	25303	27661	38628	35258	86145
Grosseto	734	24433	12096	26889	24304	60761
Prato	16	2548	572	2225	2023	5057
<b>TOTALE</b>					<b>157158</b>	<b>392896</b>



### Stirling

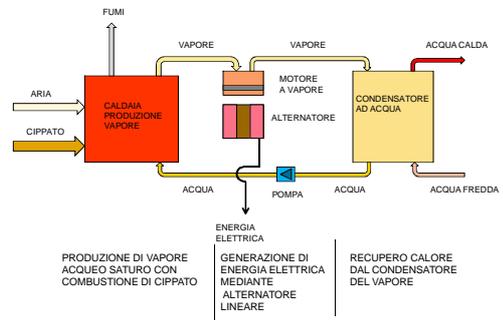
Modello	Cilindri	Potenza (kW)	Rendimento elettrico	Temperatura scambiatore	Gas di processo
WhisperGenPPS16AC	4	0,7-5	10%	650°C	Azoto (N2)
Sunpower/Advantica RE100	1 FPSE	1	25%	600°C	Elio (He)
STC/ENATEC	1 FPSE	1	10%	650°C	?
Sigma PCP 1-130	1	3	25%	700°C	Elio (He)
Kawasaki Model V	1 FPSE	1,2	27%	650°C	Elio (He)
Tamin TESE004	1	1	22%	650°C	Aria
SIG	1 FPSE	1	25%	600°C	Elio (He)
Mitsubishi NS-03M	1	3,8	36%	780°C	Elio (He)
Toshiba NS-03T	2	4,1	34%	820°C	Elio (He)

## Organic Rankine Cycle



Potenza termica di 1-3 kWe  
Possibilità di organizzare il sistema in cluster

## Motori a vapore



## WG 3: prova della caldaia del 28/gen /2011



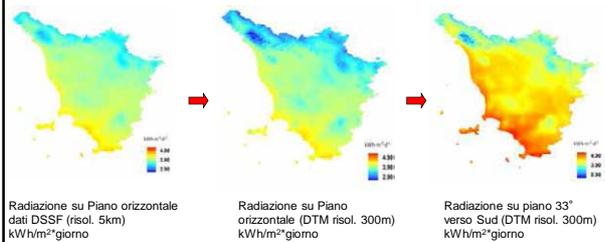
## WG 3: il sistema elettrico



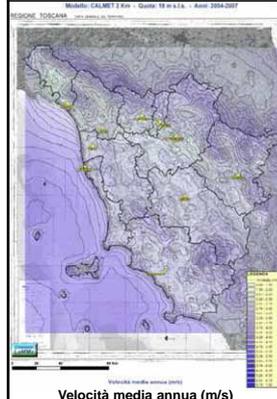
## WG 4: radiazione solare

Stima radiazione solare a partire da dati satellitari degli ultimi 6 anni (valore medio integrale giornaliero mensile ed annuo)

- 1) Archiviazione dati satellitari DSSF (LSA-SAF), periodo: marzo 2005 – febbraio 2011
- 2) Verifica dati satellitari con dati a terra (in corso)
- 3) Post-elaborazione dati satellitari per includere effetto DTM e inclinazione del piano (in corso)
- 4) Producibilità energetica



## Obiettivo operativo 4



Stima velocità del vento a 18 metri e producibilità energetica (valore medio mensile ed annuo)

- 1) Post elaborazione dei dati LaMMA WRF-CALMET (risol. 2 km) (periodo 2004-2007): i dati a 75 m sono stati riportati a 18 m.
- 2) Elaborazione mappa di velocità del vento (valore medio annuo)
- 3) Confronto delle prestazioni di 4 tipologie di turbine in 4 località al fine di individuare una turbina per il calcolo della producibilità
- 4) Mappa di producibilità energetica

→ In corso di elaborazione

Producibilità energetica (MWh/anno)

# Sito WEB

