

The logo for ENEA, featuring the word "ENEA" in a bold, white, sans-serif font against a dark blue background with a stylized sunburst or energy symbol.

AGENZIA NAZIONALE
PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA
E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Life Cycle Assessment di sistemi complessi

Paolo Masoni, Alessandra Zamagni
Laboratorio LCA ed Eco-progettazione - ENEA

**Convegno «CO₂: da problema a risorsa.
L'esperienza italiana»
Roma, 18 Giugno 2012**

ENEA, Rete Alta tecnologia e la Rete Italiana di LCA



- In ENEA presente da 15 anni un gruppo di competenze sulle valutazioni ambientali di prodotto, LCA e Eco-progettazione.

- Laboratorio Regionale Alta Tecnologica LECOP

<http://www.lecop.enea.it/>



- La Rete Italiana di LCA, promossa e presieduta da ENEA, rende disponibili alle organizzazioni ed alle imprese un quadro chiaro ed aggiornato sullo stato dell'arte della metodologia di LCA.
- Dal 6 giugno 2012, la Rete si è costituita in Associazione Scientifica

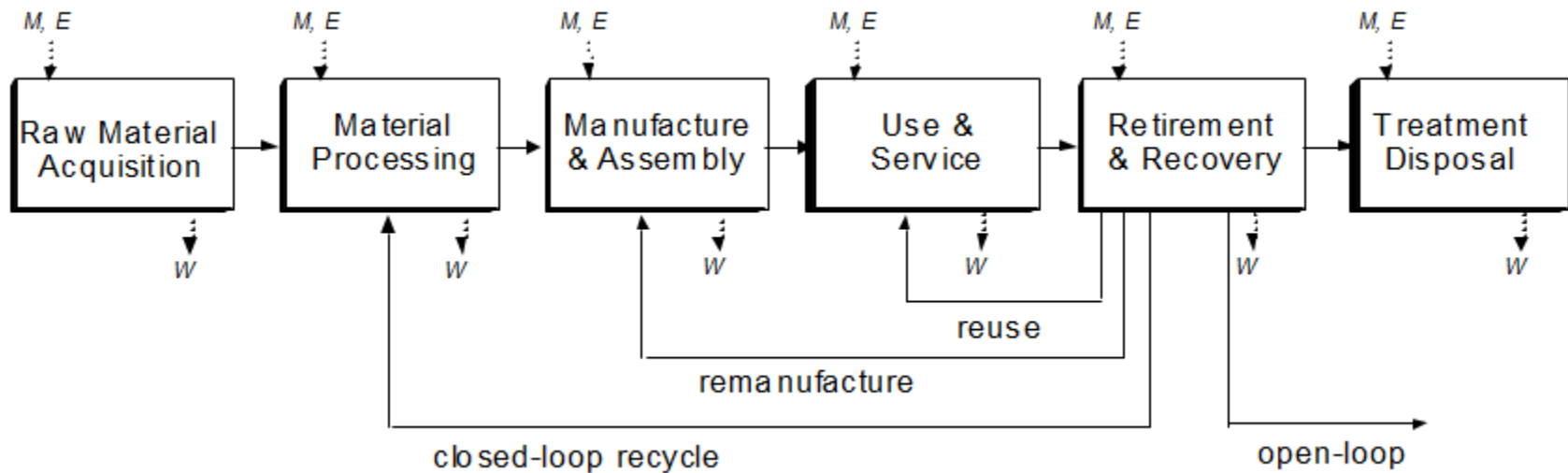


www.reteitalianalca.it

LCA nel contesto Europeo: dal prodotto alle politiche



- LCA è **necessaria** per qualificare le tecnologie ambientali, espressamente richiesta nei programmi di R&S
- E' andata affermandosi anche come strumento a **supporto delle politiche** ambientali, esempio:
 - Comunicazione sulla Politica Integrata relativa ai Prodotti (COM/2003/0302 final)
 - Piano d'Azione Produzione e Consumo Sostenibile (COM(2008) 397/3).
 - Roadmap to a Resource Efficient Europe (COM(2011) 571 final)
- Si assiste ad un allargamento di prospettiva dal prodotto ai sistemi più complessi



Fonte: Lepech (2010), Stanford University,

- **LCA = Life Cycle Assessment**

- Ciclo di vita
- Aspetti ambientali
- Analisi quantitativa
- Prodotti
- ISO standard 14040 e 14044 (2006)
- International Life Cycle Data System (ILCD) Handbook (2010)

- È il solo metodo standardizzato per la quantificazione di un ampio set di categorie d'impatto ambientale prodotti;
- Evita lo slittamento dei problemi da una fase all'altra del ciclo di vita, da una categoria d'impatto ambientale all'altra;
- Consente di effettuare un'analisi comparativa tra diversi prodotti/tecnologie/sistemi che svolgono la stessa funzione;
- Approccio bottom-up di estremo dettaglio (microscopio): consente di misurare il contributo all'impatto ambientale di ogni flusso elementare (emissione o risorsa) di ciascuna unità di processo;
- Consente di ottimizzare il sistema analizzato ogniqualvolta c'è un trade-off

Tecnologie per la cattura e l'uso della CO₂: perché applicare l'LCA?

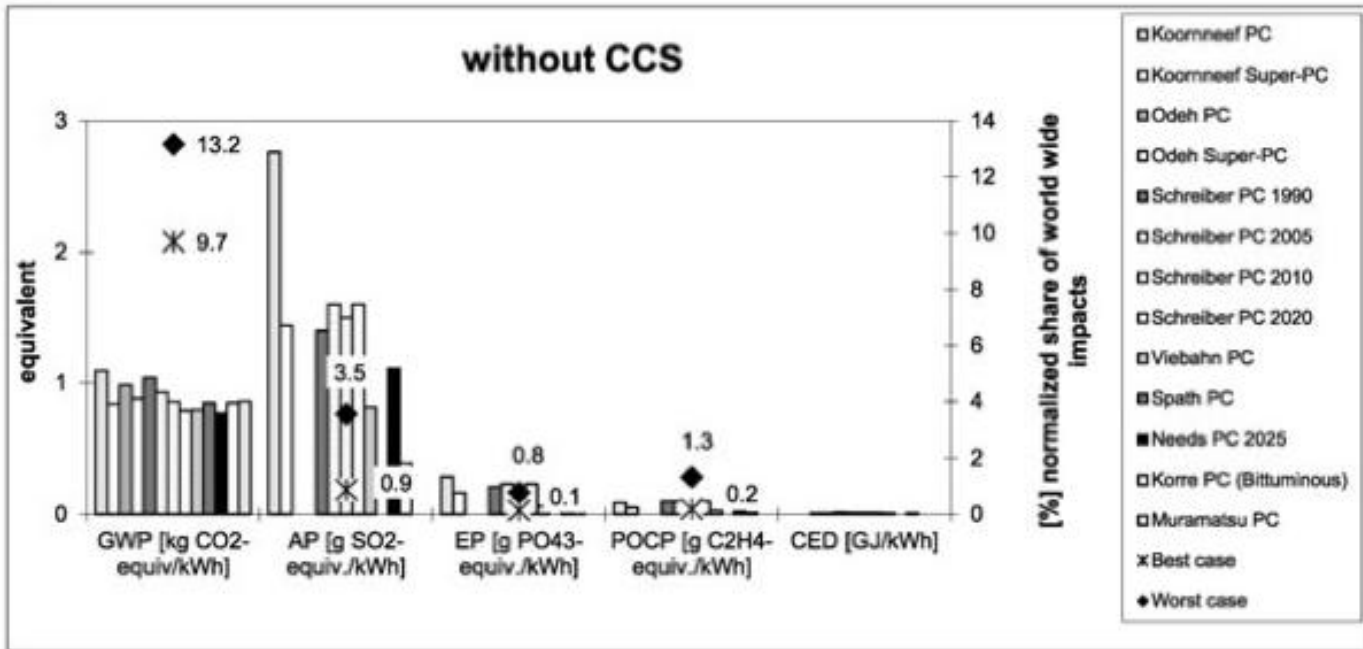


- Non trovate in letteratura applicazioni di LCA a tecnologie per l'uso della CO₂
- Molta letteratura invece disponibile per sistemi/tecnologie di CCS.
- Nel caso di tecnologie CCS, trattandosi di un sistema di trattamento end-of-pipe, ci si aspettano trade-off negli impatti ambientali dovuti ai seguenti fattori:
 - Riduzione delle emissioni di CO₂
 - Domanda aggiuntiva di energia, sostanze chimiche, infrastrutture, ecc.
 - Maggiore produzione di rifiuti
 - Le emissioni aggiuntive legate ai solventi utilizzati in alcune procedure per il sequestro
- E' quindi necessario una valutazione sistematica delle diverse opzioni tecnologiche per CSS, sull'intero ciclo di vita.

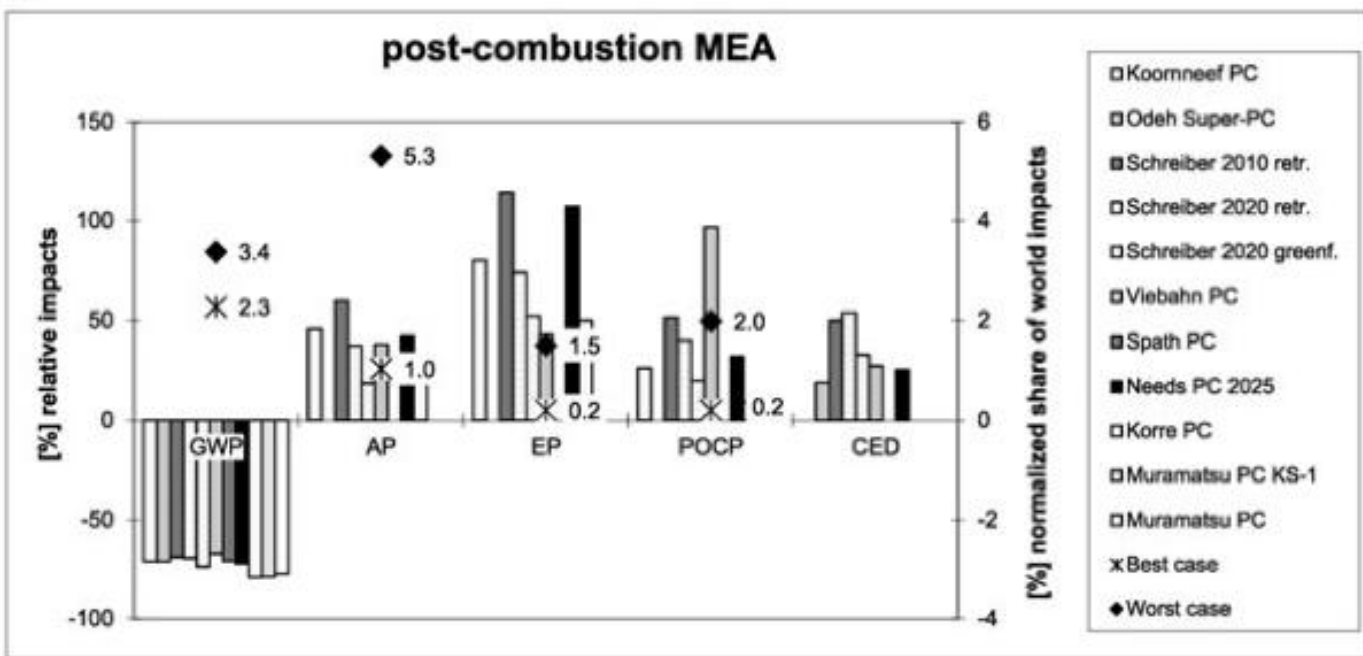
- Le emissioni dirette per unità di elettricità prodotta in impianti dotati di un sistema di CCS dipendono in massima parte dalla specifica tecnologia utilizzata per il sequestro della CO₂;
- Complessivamente, e a seconda della tipologia di tecnologia impiegata per il sequestro della CO₂, ci sono numerosi trade-offs relativamente alle emissioni dei principali inquinanti quali NO_x, NH₃, SO₂ e polveri;
- Ci si aspetta un aumento delle emissioni dirette di NO_x e polveri a causa della «fuel penalty» connessa con le operazioni di CCS, cioè le emissioni sono proporzionali all'ammontare di combustibile aggiuntivo bruciato;
- Le emissioni dirette di SO₂ tendono a diminuire in quanto la loro rimozione è un requisito tecnico di base per il sequestro della CO₂, onde evitare una potenziale reazione con solventi a base di ammine;

- Le emissioni dirette di NH_3 possono aumentare significativamente a causa della (potenziale) degradazione dei solventi a base di ammine utilizzati nelle tecnologie di sequestro post-combustione;
- Le emissioni indirette possono essere molto significative e in molti casi maggiori di quelle dirette per tutti gli inquinanti;
- Le fasi a monte per la produzione e trasporto del combustibile aggiuntivo, in particolare se carbone, contribuiscono significativamente alle emissioni indirette che assommano al 10-12 % del totale.
- La conoscenza di queste sinergie e trade-off tra i diversi inquinanti in aria ed i gas serra è di fondamentale importanza per poter ottenere e comunicare risultati scientificamente attendibili ai decisori pubblici;

A

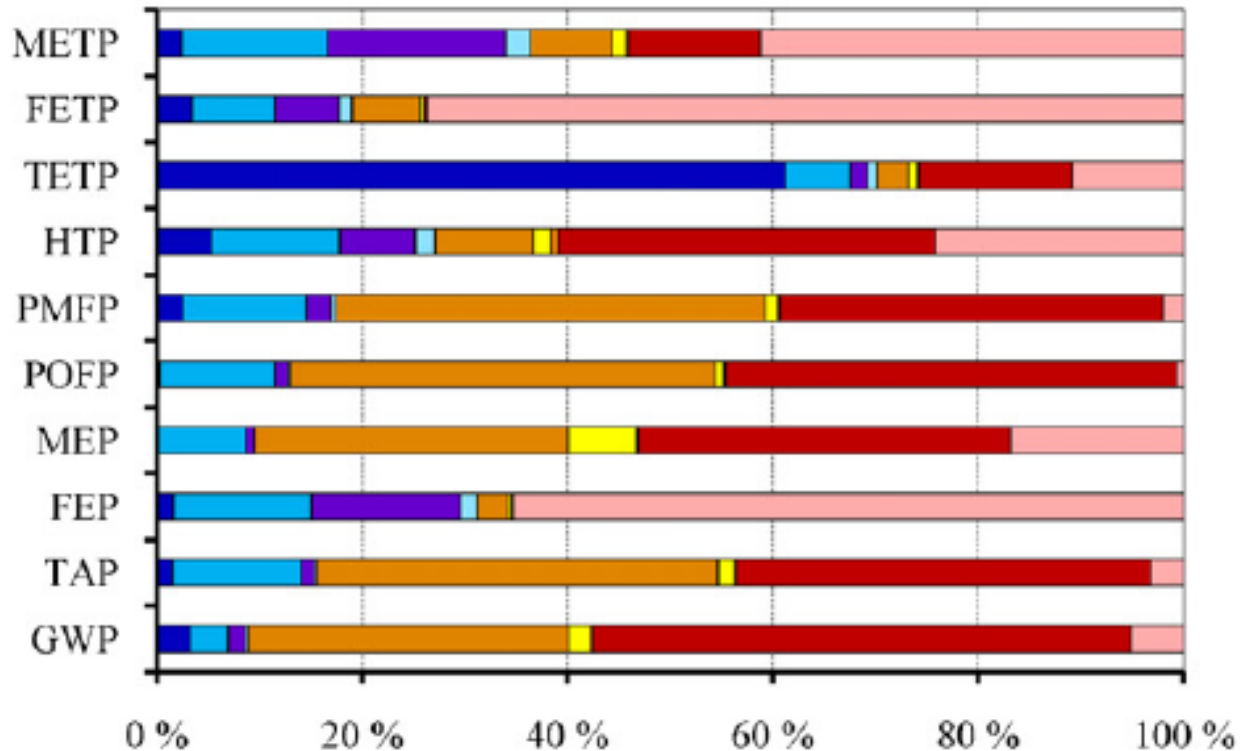


B



CSS: post-combustione

(a) Post-combustion CCS system (coal)



- Power plant infrastructure
- Fuel production infrastructure
- Transport & Storage infrastructure
- Other infrastructure
- Fuel production
- Solvent production
- Other supplies
- Power plant direct emission
- Power plant waste treatment

Fonte: Singh et al. (2011) Int J Greenhouse Gas Control
 5:911-921
 18 giugno 2012

La complessità nella CCS



1. La scala dell'analisi:

Micro/Meso (es. specifica tecnologia di CSS): complessità dei modelli di valutazione dell'impatto ambientale, dei sistemi tecnologici analizzati, delle funzioni da analizzare.

Macro: es. potenziale delle tecnologie CSS, strategie per una implementazione a scala globale e conseguenze sulle politiche climatiche

2. Ambito d'applicazione dell'analisi

Aspetti ambientali/valutazione di sostenibilità

3. Orizzonte temporale

Lungo termine

4. Prospettiva

Presente/futuro

5. Il contesto decisionale

Produttore vs decisore pubblico

L'importanza del contesto decisionale



- Il **contesto decisionale**, assieme alle caratteristiche del sistema analizzato, contribuisce alla definizione della complessità del sistema:
 - Data la centrale termoelettrica di XXX, quale tecnologia di CSS è ambientalmente preferibile?
 - L'implementazione di un sistema CSS su scala mondiale come modalità per contrastare l'impatto sul clima, può essere una soluzione sostenibile? (scala macro)
- Chiedersi quindi se le tecnologie per CCS sono sostenibili è una domanda sbagliata, in quanto occorre definire meglio il sistema analizzato e quello al contorno.
 - Diversi modelli per la valutazione, a seconda della prospettiva adottata: sviluppatore della tecnologia/decisore pubblico

Come valutare i sistemi complessi?



- Analizzare i sistemi nella loro complessità è *il* tema di ricerca
- Relativamente agli aspetti ambientali, l'ILCD Handbook (JRC-IES 2010) ha definito diversi sistemi di modellizzazione a seconda del grado di «complessità» del sistema
- Esistono già (e sono attualmente applicati) metodi e modelli che ci consentono di valutare alcuni degli aspetti rilevanti, in particolare:
 - ***Life Cycle Costing*** e ***Social LCA*** rispettivamente per valutare gli aspetti economici e sociali, nell'ambito di una valutazione di sostenibilità
 - ***Approcci ibridi***: LCA + input-output
 - ***LCA consequenziale***

- Si tratta di una LCA che consente di valutare in maniera esogena gli effetti di mercato.
- Un esempio: *Quale effetto ha sul mercato dell'elettricità e/o sugli impatti ambientali la decisione di implementare nelle centrali termoelettriche nazionali sistemi di CCS?*
- Dal punto di vista **pratico**, si vanno ad analizzare quelle tecnologie che saranno influenzate dal cambiamento della domanda, e non quelle medie in un dato periodo di tempo (meccanismi di mercato, tecnologie marginali, vincoli di carattere tecnologico, economico e regolamentare)

Alcune considerazioni - 1



- **L'evidenza scientifica** deve sempre supportare il dibattito, soprattutto quando relativo a problemi complessi come quelli ambientali.
- **Misurare** consente di supportare la pianificazione e individuare dove focalizzare in modo più efficiente gli **interventi di miglioramento**
- La LCA è uno strumento molto potente e robusto per le valutazioni ambientali. Quando la complessità del sistema da analizzare aumenta, occorre far ricorso a metodi e modelli specifici per prendere in conto **alcuni** effetti non compresi nella LCA tradizionale.
- La complessità del sistema da analizzare è data da diversi fattori, tra i quali il **contesto decisionale** occupa una **posizione di rilievo**.

- Il contesto decisionale definisce la corretta domanda alla base dell'analisi e questo consente di definire quale metodo è più appropriato:
 - *Le tecnologie CSS sono ~~sostenibili~~ per l'ambiente?*
- Occorre quindi prestare molta attenzione al modo in cui si formula la domanda, tenendo in considerazione elementi quali: l'arco temporale analizzato; le opzioni tecnologiche disponibili; la sostituibilità dei sistemi analizzati; la loro espansione.
- Necessità di evidenziare con l'LCA i trade off e le opportunità di miglioramento.

Grazie per l'attenzione



Paolo Masoni

Alessandra Zamagni

Laboratorio LCA ed Eco-progettazione

ENEA - Bologna

Tel. 051 6098-424 o -427

lca@enea.it

www.reteitalianalca.it