



***La metodologia LCA applicata allo sviluppo di
processi chimici: analisi comparativa di due
metodi di dissoluzione della cellulosa***

Serena Righi, Andrea Morfino, Paola Galletti, Chiara Samorì,
Alessandro Tugnoli, Carlo Stramigioli

9-12 Novembre 2011- Rimini Fiera

ECOMONDO

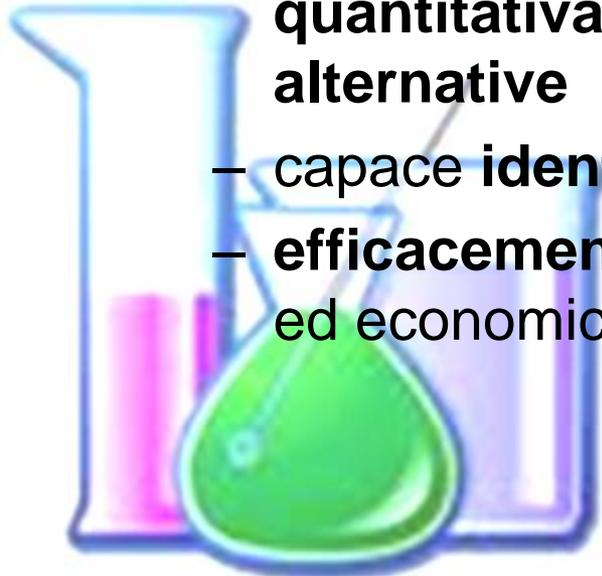


GdL “Prodotti e processi chimici”

- Il gruppo di lavoro “Prodotti e processi chimici” della Rete Italiana LCA ha come obiettivo l’ampliamento delle conoscenze relative alla applicazione della metodologia di **LCA in ambito chimico** e la **diffusione del suo impiego** per il miglioramento delle prestazioni ambientali di questo comparto produttivo.
 - Coordinatore: Serena Righi
 - Iscritti al GdL: ~ 20
 - Università: 82%
 - Società di consulenza e aziende: 12%
 - Enti: 6%

LCA nel settore chimico

- La metodologia LCA è uno strumento di riconosciuta rilevanza per la valutazione della sostenibilità ambientale di prodotti e processi chimici in quanto:
 - **olistica, multidisciplinare, flessibile e standardizzata**
 - in grado di fornire criteri e metrica per **l'analisi quantitativa** degli impatti e per la **gerarchizzazione delle alternative**
 - capace **identificare le fasi più critiche** del ciclo di vita
 - **efficacemente integrabile** con valutazioni di tipo tecnico ed economico



Verso una chimica sostenibile ...

- Esiste una necessità crescente dell'industria chimica di disporre **processi accettabili dal punto di vista ambientale**. La strategia di sviluppo è focalizzata su:
 - **eliminare l'uso** di materie prime, intermedi, solventi e **prodotti tossici e pericolosi**
 - **ridurre** il più possibile la quantità e la pericolosità delle **emissioni** e dei **rifiuti** che fuoriescono dai processi produttivi, anche con il riutilizzo di eventuali sottoprodotti
 - **ridurre** il più possibile il **consumo energetico**
 - **incrementare** l'impiego di **materie prime rinnovabili**





... con l'ottica del ciclo di vita

- Il raggiungimento degli obiettivi della chimica sostenibile è fortemente legato all'uso dell'**approccio di ciclo di vita**:
 - progettare sia processi che prodotti a **basso impatto ambientale**
 - adottare una **prospettiva** allargata all'intero **ciclo di vita** del prodotto (impatto ambientale delle attività dei propri fornitori e clienti)
 - in caso di prodotti durevoli, tenere in considerazione anche la **riciclabilità**
 - in caso di prodotti dissipativi, **tenere in considerazione** le fasi di **distribuzione, uso e dispersione**, al pari della produzione

Principali difficoltà di applicazione

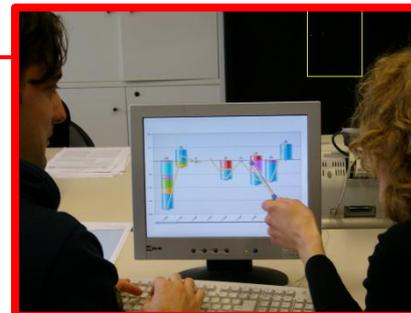
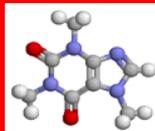
- Principali difficoltà di applicazione della metodologia LCA su prodotti e processi chimici:
 - problema dell'**allocazione** di produzioni multiple
 - limitata disponibilità di **dati sui pericoli potenziali** associati a un gran numero di sostanze chimiche
 - scarsa qualità o completa **mancanza dei dati di inventario**
 - frequente mancanza di adeguate banche dati in modo particolare nell'ambito della chimica fine
 - **difficoltà di valutare processi sperimentali** non ancora implementati a livello industriale





Introduzione al caso studio

CIRSA Sede di RAVENNA
Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali



Progetto ECOIL



DIPARTIMENTO
INGEGNERIA CHIMICA, MINERARIA E DELLE TECNOLOGIE AMBIENTALI

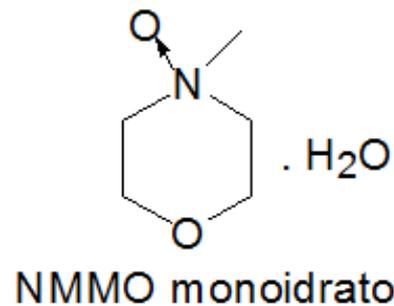
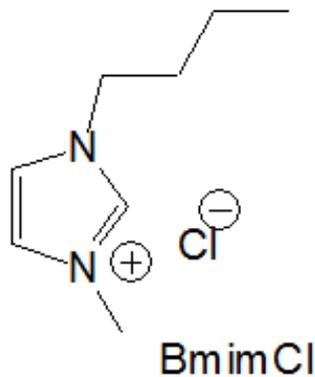
Dissoluzione della pasta di cellulosa

- Attraverso la dissoluzione della pasta di cellulosa è possibile ottenere fibre cellulosiche artificiali.
- Il processo viscosa (o Rayon): macerazione con NaOH, xantazione con CS₂ e filatura e rigenerazione con H₂SO₄ e acqua.
- Il processo Lyocell: dissoluzione diretta con N-metilmorfolina N-ossido (NMMO) e rigenerazione per eliminazione del solvente al momento dell'estrusione.



Il caso studio

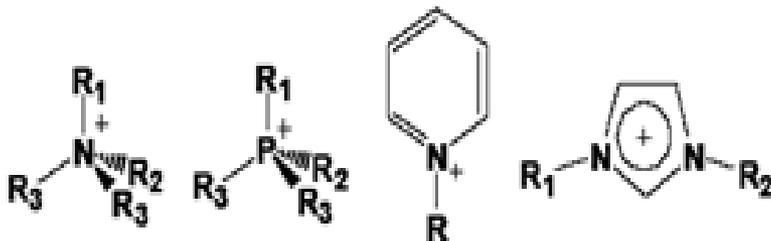
- Applicazione della metodologia LCA al processo di dissoluzione della polpa di cellulosa con il liquido ionico: cloruro di N-butil-N-metil-imidazolio (BmimCl).
- Comparazione delle prestazioni ambientali con il processo Lyocell che impiega N-metilmorfolina N-ossido monoidrato (NMMO)



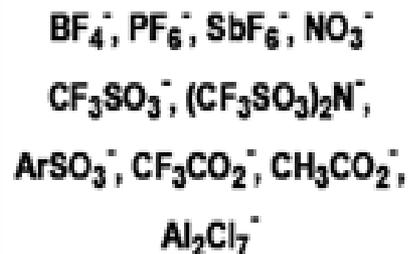
I liquidi ionici

- Sali organici liquidi a temperatura ambiente
- Catione organico e anione poliatomico
- Tensione di vapore trascurabile
- Elevata stabilità chimica
- Elevata stabilità termica
- Bassa infiammabilità
- **Tossicità ed ecotossicità non trascurabili**
- **Bassa biodegradabilità**

CATIONS



ANIONS



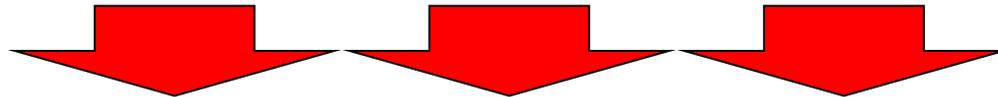


Obiettivo e confini del sistema

- Valutazione comparativa di:
 1. processo con BmimCl
 2. processo Lyocell con NMMO
- L'unità funzionale è rappresentata da **1 kg di polpa solubilizzata** pronta per la filatura.
- L'analisi comprende i processi produttivi di tutti i precursori dei due solventi, la produzione dei solventi, i trasporti e il processo di solubilizzazione della polpa di cellulosa.

Analisi di inventario

- Banche-dati Gabi IV Professional ed Ecolnvent
- Processo Lyocell non presente nelle banche-dati
- Processo con BmimCl non presente nelle banche-dati
- NMMO non presente nelle banche-dati
- BmimCl non presente nelle banche-dati
- Molti precursori di NMMO e BmimCl non presenti nelle banche-dati



- Codice di calcolo AspenPlus® + brevetti industriali + letteratura di settore

Aspen Plus®

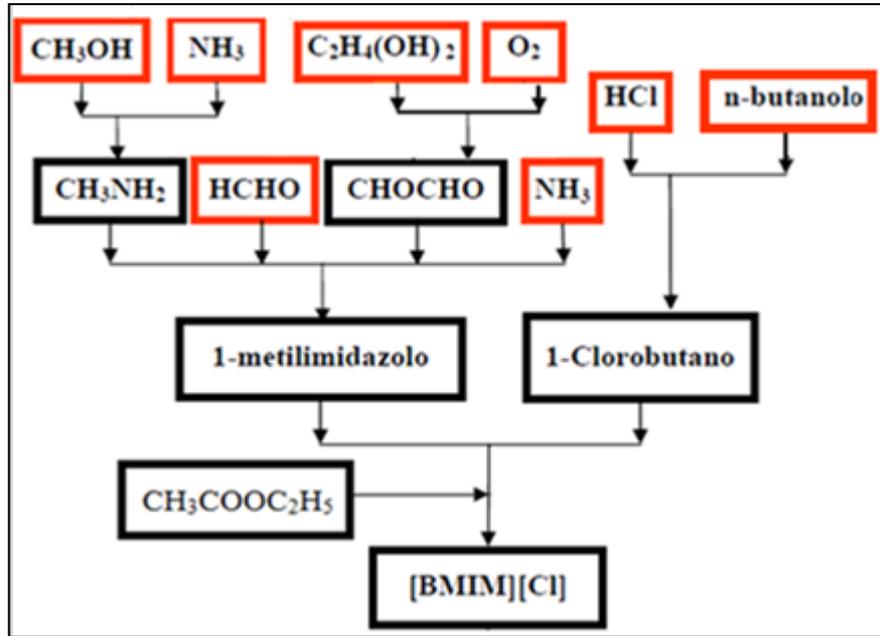
- Consente di **simulare i comportamenti di un impianto chimico su scala industriale, stimandone i consumi di chemicals, elettricità e calore e le emissioni, conoscendo:**
 - schema di processo, bilanci di massa e di energia, flussi di processo e caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze

Block results summary:	Value	Unit
Outlet temperature:	351.793492	K
Outlet pressure:	101325	N/sqm
Vapor fraction:	0.18917801	
Heat duty:	0	Watt
Net duty:	0	Watt
1st liquid / Total liquid:	1	

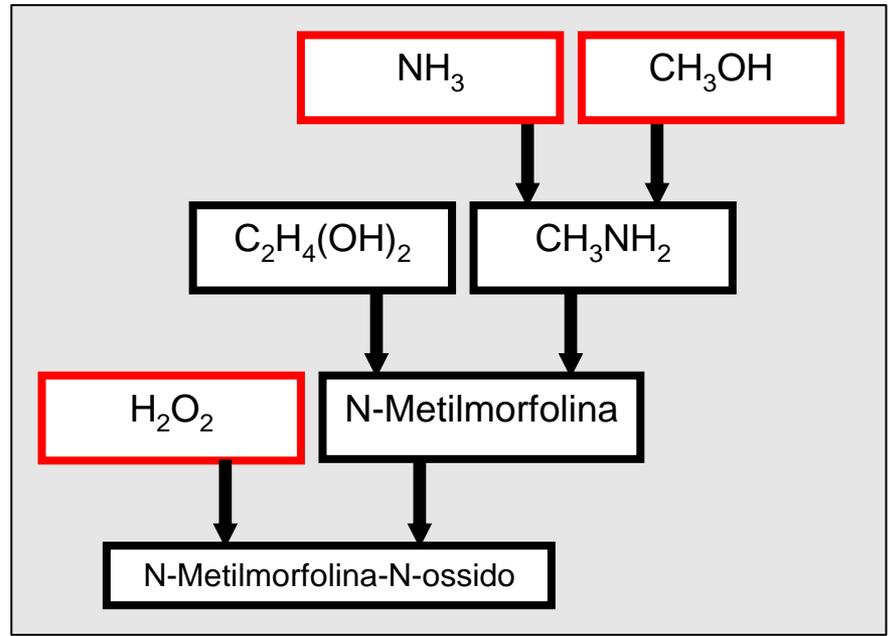


Vie di sintesi di BmimCl e NMMO

Sintesi BmimCl



Sintesi NMMO

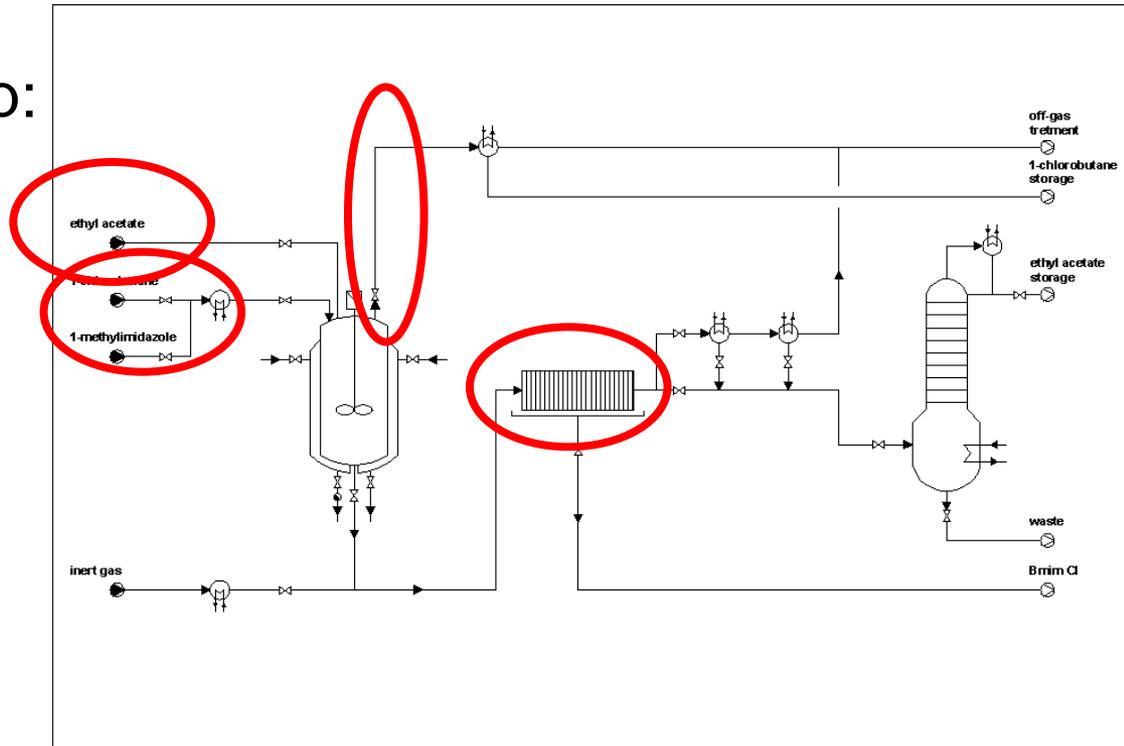


Presenti

Assenti

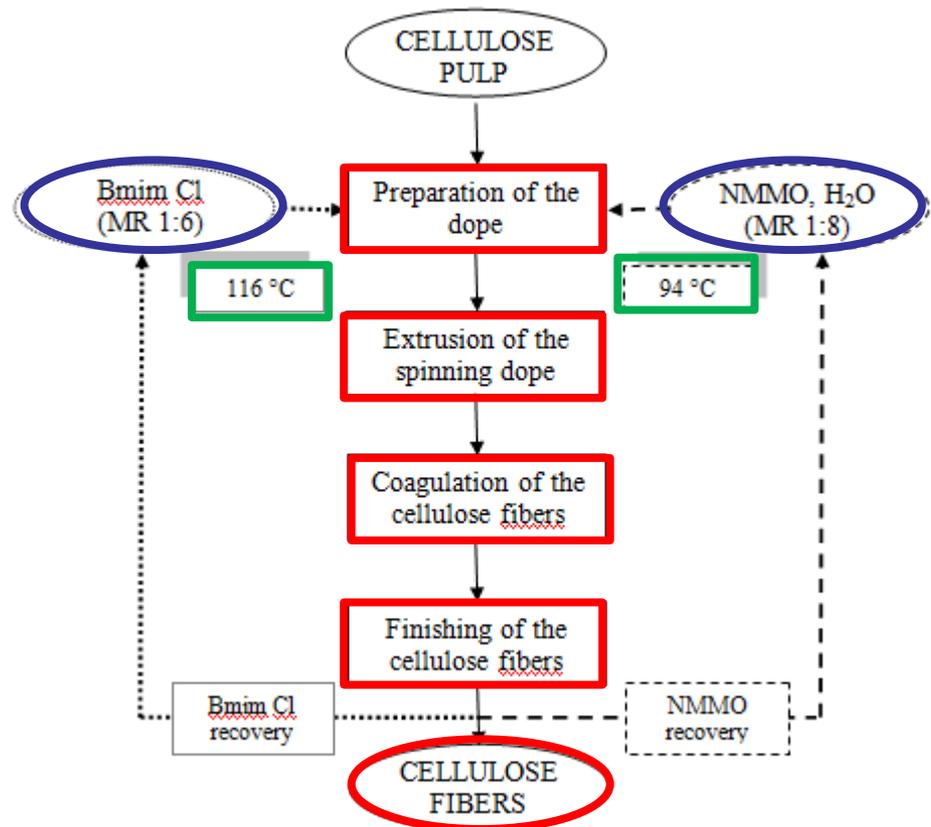
Simulazione del processo di sintesi del BmimCl

- Simulazione del processo industriale con Aspen Plus® in base al metodo di Park and Kazlauskas (2001).
- Il processo è costituito da 3 step:
 1. sintesi del BmimCl
 2. separazione e recupero dell'1-clorobutano
 3. cristallizzazione e purificazione del BmimCl

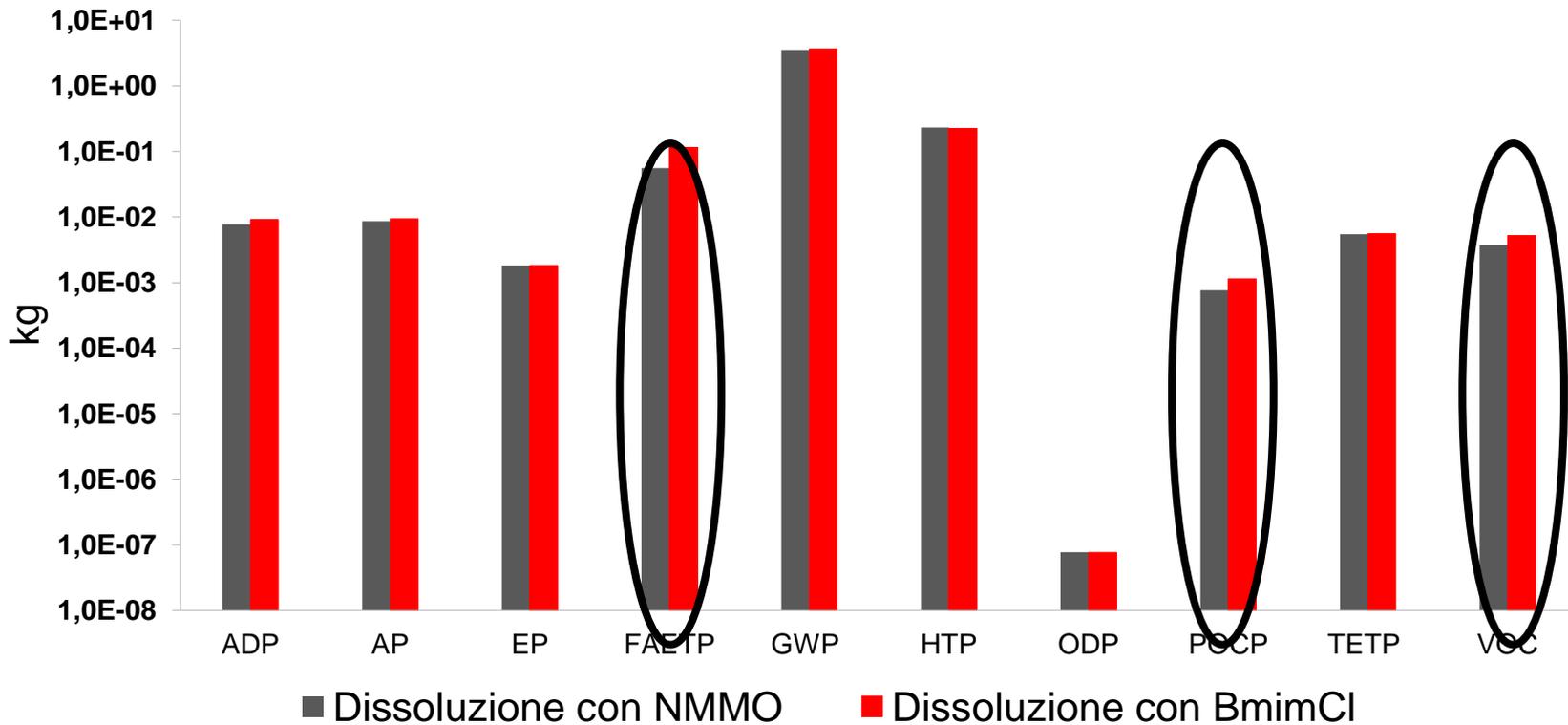


Processo di dissoluzione della cellulosa

- Simulazione del processo industriale con Aspen Plus® in base al brevetto di McCorsley (1981).
- I parametri di processo per la dissoluzione con BmimCl sono stati tratti da Kosan et al. (2008) e sono relativi ad esperimenti di laboratorio.



Risultati della fase di LCIA



- Metodo di caratterizzazione: CML 2001

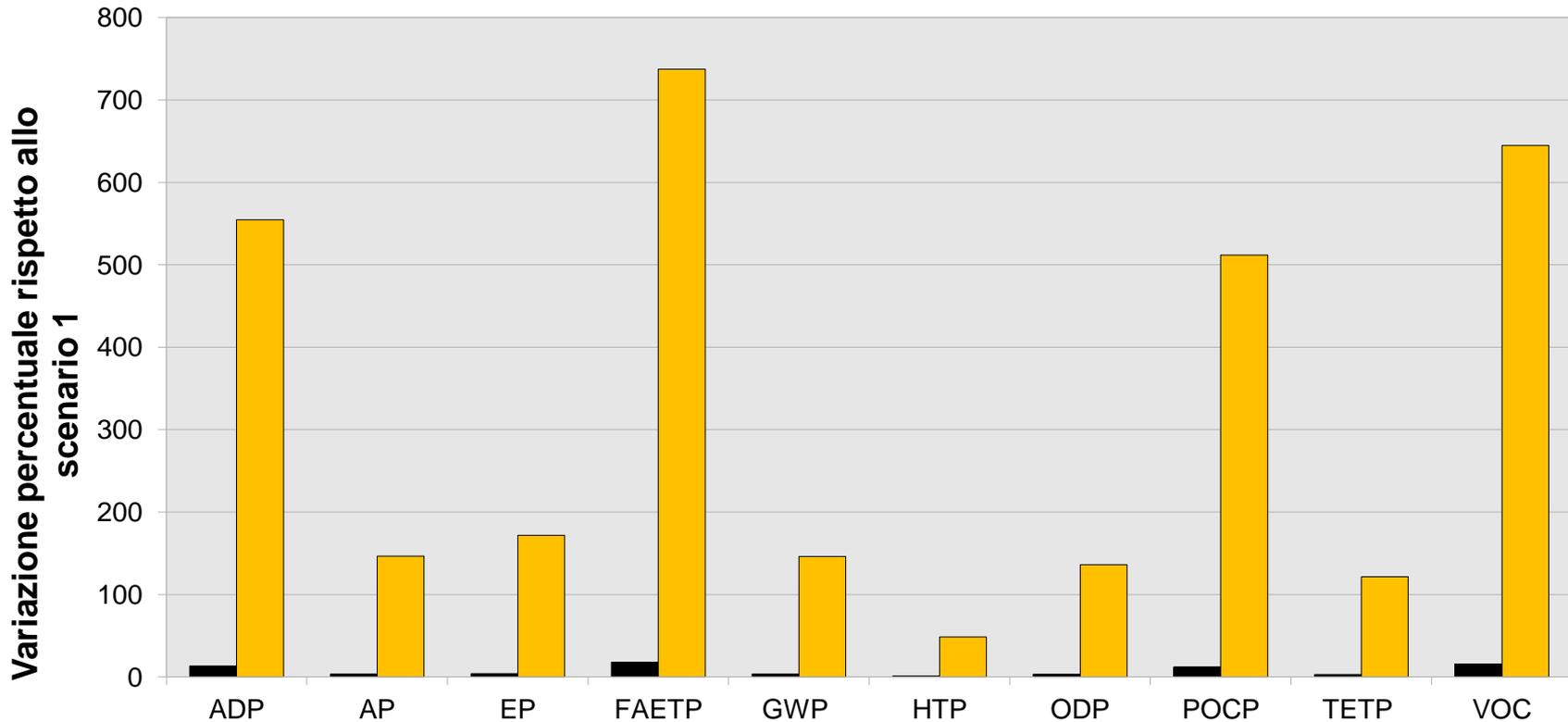


Analisi di sensitività (1/2)

- L'analisi di sensitività effettuata valuta quanto i risultati ottenuti sono influenzati da alcune importanti assunzioni fatte nello scenario di base (o Scenario 1).
- Tali assunzioni riguardano:
 - Scenario 2: efficienza energetica (da 45% a 40%)
 - Scenario 3: fonte energetica (da metano a mix elettrico europeo)
 - Scenario 4: capacità di dissoluzione (-25%)
 - Scenario 5: recupero del solvente (da 99% a 85%)



Analisi di sensitività (2/2)



- Scenario 4: capacità di dissoluzione
- Scenario 5: recupero del solvente

Conclusioni

- LCA come fondamentale strumento per la valutazione degli impatti ambientali di prodotti e processi chimici, anche sperimentali.
- Necessità di metodi e strumenti a supporto della fasi di LCI particolarmente critica per prodotti e processi chimici.
- Grande cautela nella trasposizione delle valutazioni dalla scala di laboratorio a quella industriale.
- Analisi di sensitività anche come strumento di supporto all'implementazione su scala industriale di processi chimici innovativi.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SEDE DI RAVENNA

Serena Righi

Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali

serena.righi2@unibo.it

www.unibo.it