



POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio

“Rifiuti e Life Cycle Thinking”

7^a edizione



Assessment on WASTE
and RESources

**Valutazione della sostenibilità ambientale e sociale
di un processo circolare:
studio LCA e analisi hotspot sociali di un processo di recupero da
ceneri di fanghi di depurazione
ed utilizzo dei prodotti recuperati nella produzione di fertilizzanti**

***Erica Gagliano**^a, Valeria Tacchino^b, Flavia Francese^b, Daniel El Cham^c, Lorenzo Esposito^d,
Roberto Canziani^d, Andrea Turolla^d, Adriana Del Borghi^{a,b}*

^aUniversità di Genova, ^bTetis Institute, ^cTimac Agro, ^dPolitecnico di Milano



Erica Gagliano

RTD-A in Ingegneria Sanitaria-Ambientale
Università di Genova



erica.gagliano@unige.it



**Università
di Genova**



POLITECNICO
MILANO 1863



Timac AGRO
Italia

Introduzione

- Instabilità filiere di approvvigionamento dei fertilizzanti
- Produzione da materie prime vergini: processo industriale, uso risorse naturali (fosforo, potassio, magnesio)
- Principi di economia circolare al fine di migliorare la sostenibilità, ridurre gli impatti e la dipendenza da risorse non rinnovabili

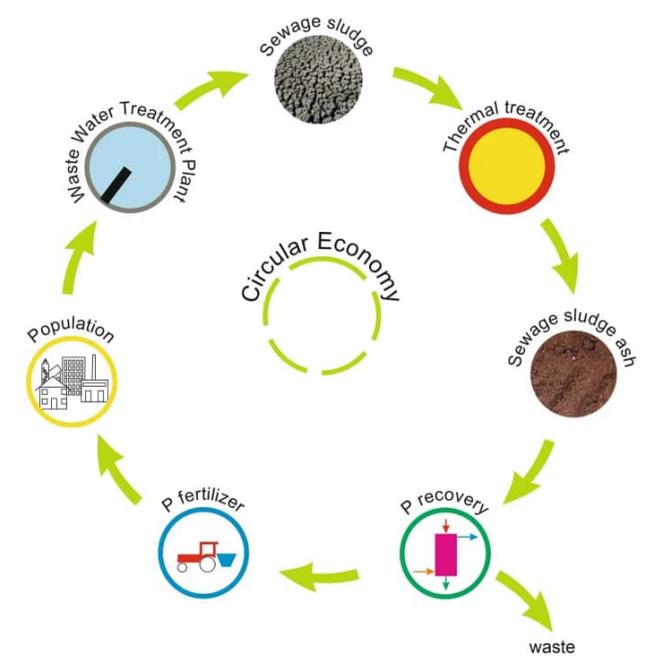
Articles

The Fertilizer Dilemma: Broken Supply Chains and Environmental Impacts



Introduzione

- Disomogenea distribuzione geografica Marocco, Cina e nel Sahara occidentale (75% delle riserve mondiali)
- Tensioni geopolitiche
- Problemi di sicurezza legati all'approvvigionamento
- Il fosforo è materia prima critica per l'Europa
- **Recupero fosforo**



Kwapinski et al. (2021)

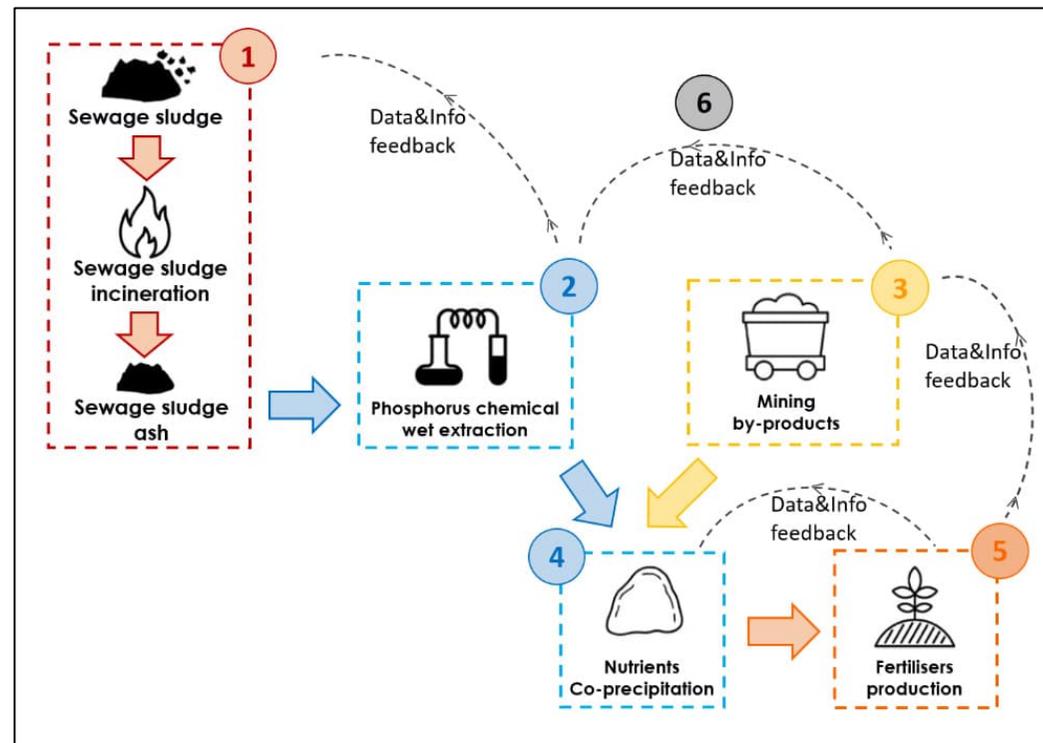
MATERIA PRIMA	TASSO DI RICICLO DA PRODOTTI A FINE VITA	PRODUZIONE IN EUROPA
Roccia fosfatica	0%	<1%
Fosforo	0%	0%

(Fonte: Commissione Europea, Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023)



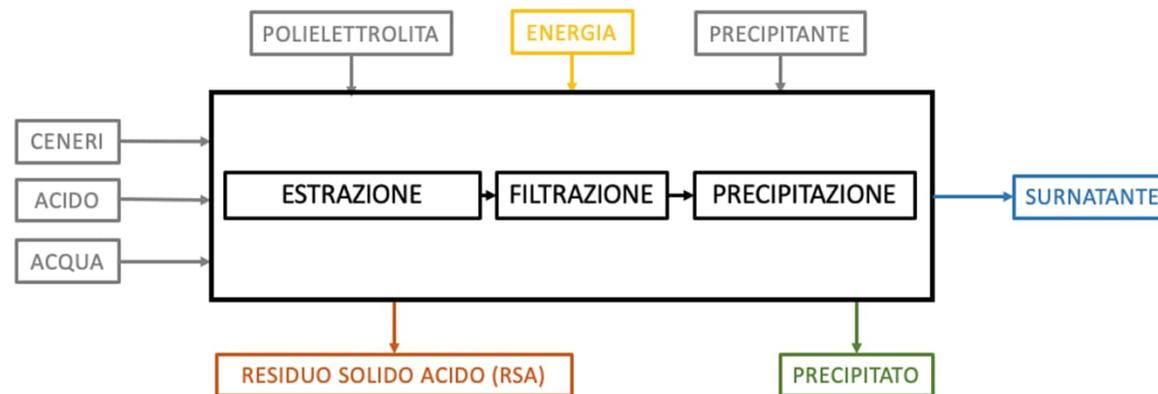
Phosphorus And Magnesium Recovery From Waste Streams For Production Of High-Value Renewable Fertilizers

<https://phoster-project.eu/>



Descrizione processo di recupero

- Processo di estrazione chimica ad umido seguito da un processo di precipitazione
- Processo di estrazione con acido cloridrico (HCl) o acido solforico (H₂SO₄)
- Agente precipitante: PC8 (sottoprodotto ricco di magnesio dell'industria mineraria)
- Fosforo recuperato dalle ceneri in ingresso 50-85%



Schema di flusso del processo di recupero

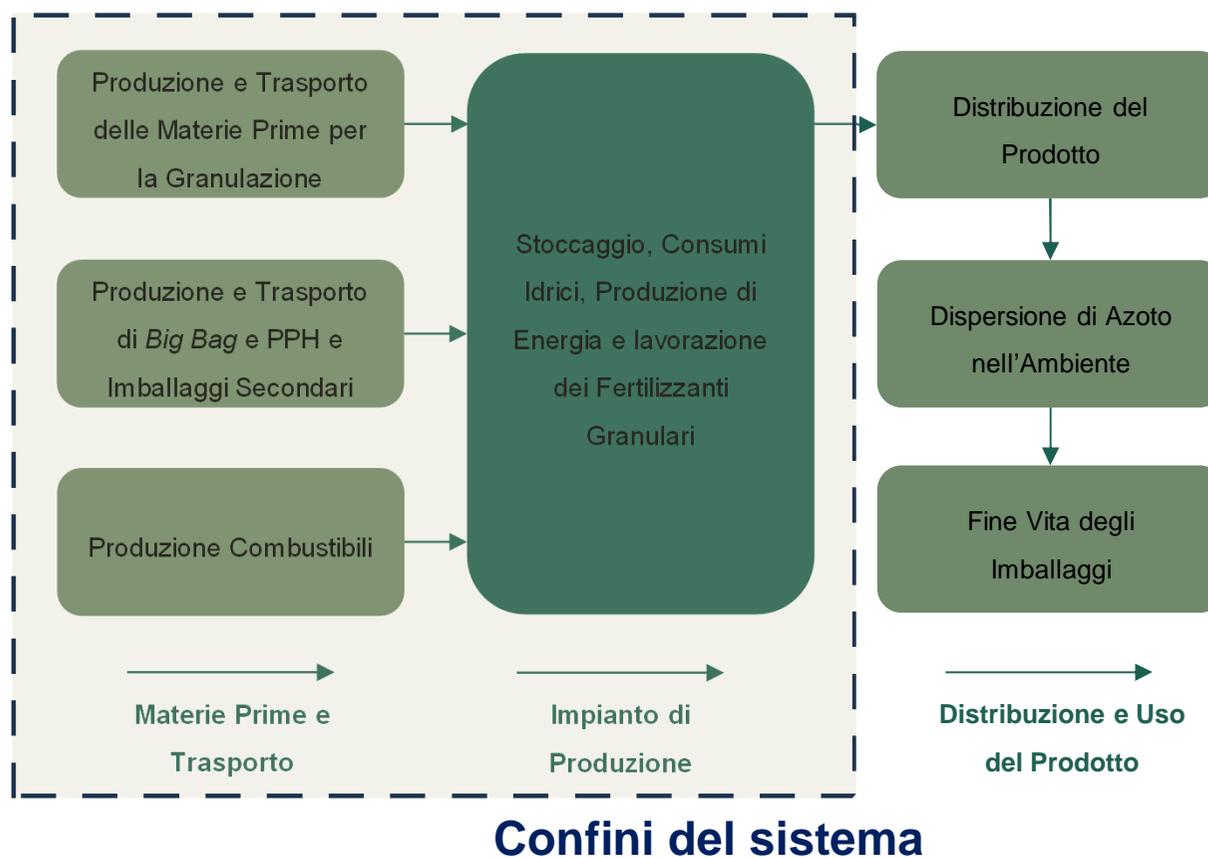
Finalità del presente studio

- Valutazione impatti relativi alla produzione di fertilizzanti minerali granulari mediante il processo di produzione standard “**Scenario Business-As-Usual**” (BAU)
- Valutazione impatti relativi “**Scenario Economia Circolare**” (EC), che utilizza fosforo e magnesio recuperati da sottoprodotti di elevata qualità (minerali secondari e metalli dalle ceneri del processo di incenerimento fanghi di depurazione e dall’industria mineraria)

**Valutazione della sostenibilità ambientale e sociale
mediante E- LCA e S-LCA**

Materiali e metodi: E-LCA

- Norme ISO 14040-44 e PCR 2010:20 Version 2.21 “Mineral or chemical fertilisers”
- F.U. 1 ton di fertilizzante (packaging incluso)
- Approccio “from cradle to gate”



Materiali e metodi: E-LCA

- Metodo EN 15804+A2
- Dati primari: risultati attività sperimentale
- Dati secondari: database specifici (e.g., Ecoinvent v.3.4)
- Software SimaPro v.9.5

Scenario



BAU

Business-as-Usual

Produzione di fertilizzanti a base di fosforo da rocce fosfatiche
FERT A - BAU
FERT B - BAU

Scenario

EC 

Economia Circolare

Produzione di fertilizzanti con sostituzione di una frazione di materia prima con prodotto recuperato
FERT A (HCl/PC8) - EC
FERT B (H₂SO₄/PC8) - EC

Materiali e metodi: S-LCA

- Norma ISO/DIS 14075
- F.U. 1 ton di materia prima (e.g., fosforo, magnesio, zolfo, calcio, cloro)
- Identificazione dei principali paesi produttori delle materie prime, valutazione hotspot sociali mediante database (e.g., USGS, SHDB); Categorie di stakeholders: Lavoratori e comunità locali
- Scenario BAU vs. EC

1	Low
2	Medium
3	High
4	Very High

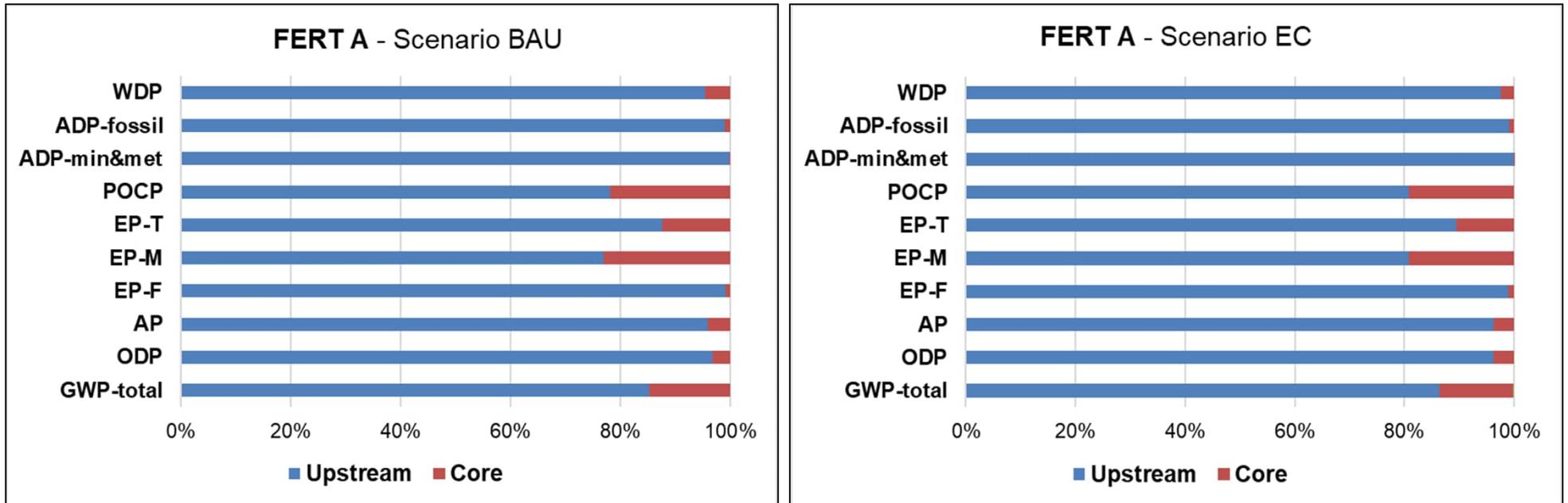
Scala di rischio per
l'identificazione dei Social hotspot

Scale level	Description
+2	Ideal performance. Best in class
+1	Beyond compliance
0	Compliance with local and international laws and/or basic societal expectations
-1	Slightly below compliance level
-2	Starkly below compliance level

Scala di valutazione per la performance sociale delle fasi del ciclo di vita (adattata da UNEP 2020)

Risultati E-LCA

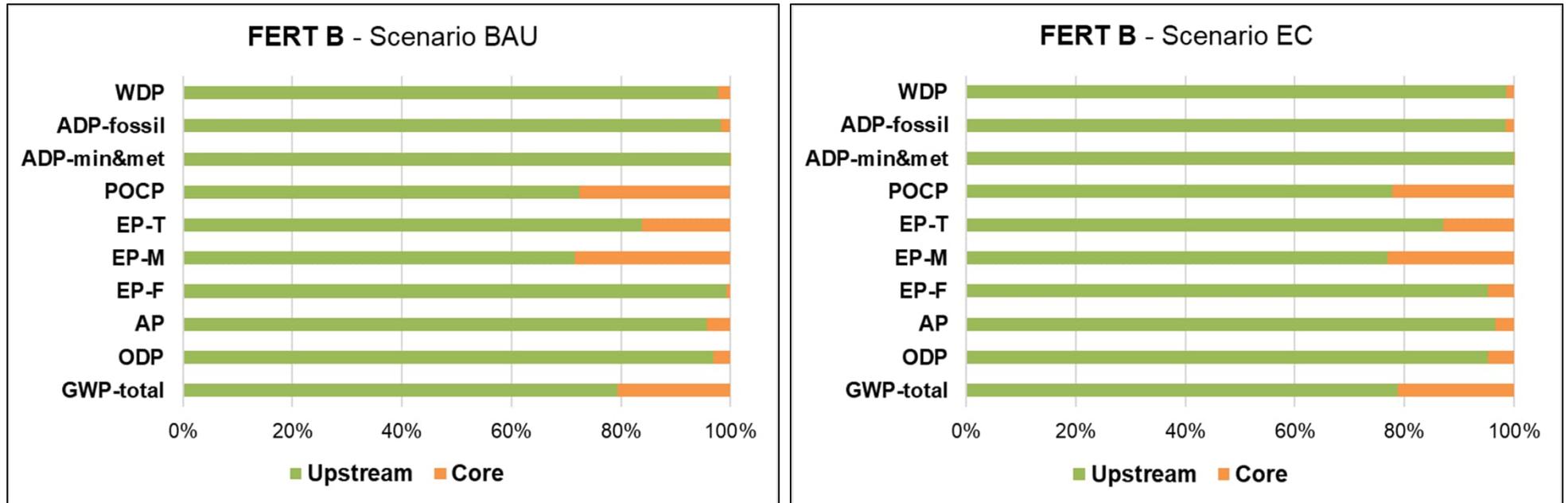
Contributi delle fasi di *Upstream* e *Core* per **fertilizzante A**: confronto tra Scenario BAU e Scenario EC



GWP-total = Global Warming Potential total; ODP = Depletion potential of the stratospheric ozone layer; AP = Acidification potential, Accumulated Exceedance; EP-F = Eutrophication potential, freshwater; EP-M = Eutrophication potential, marine; EP-T = Eutrophication potential, terrestrial; POCP = Formation potential of tropospheric ozone; ADP-min&met = Abiotic depletion potential for non-fossil resources; ADP-fossil = Abiotic depletion for fossil resources potential; WDP = Water deprivation potential

Risultati E-LCA

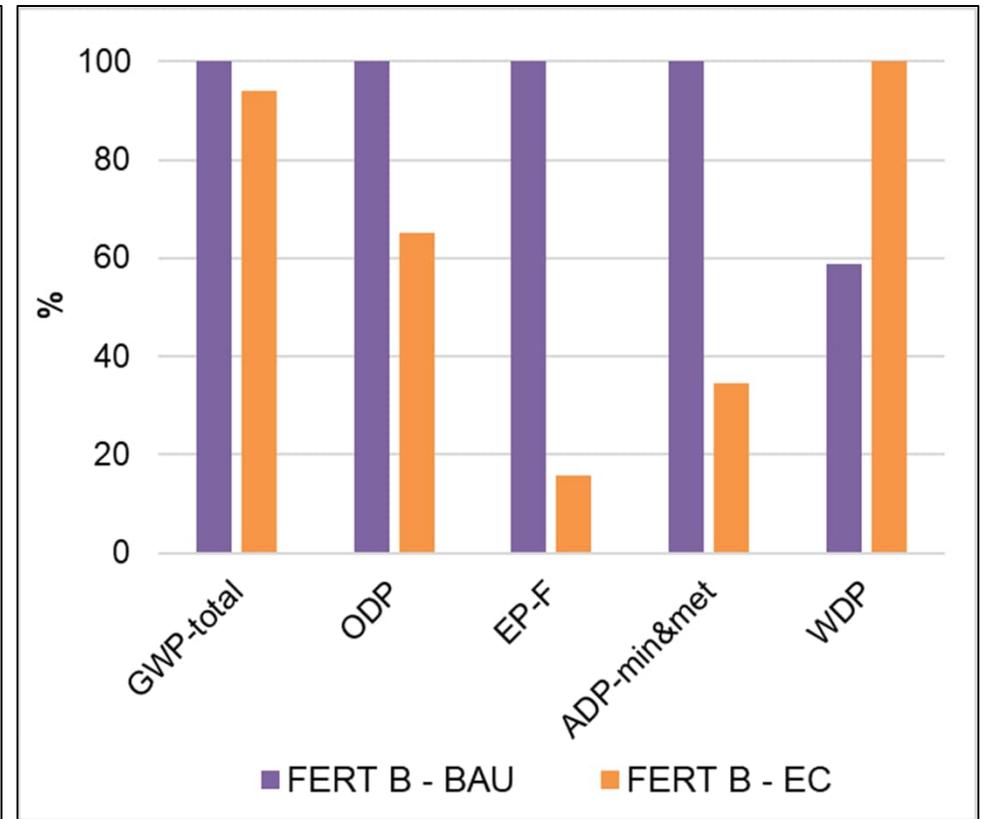
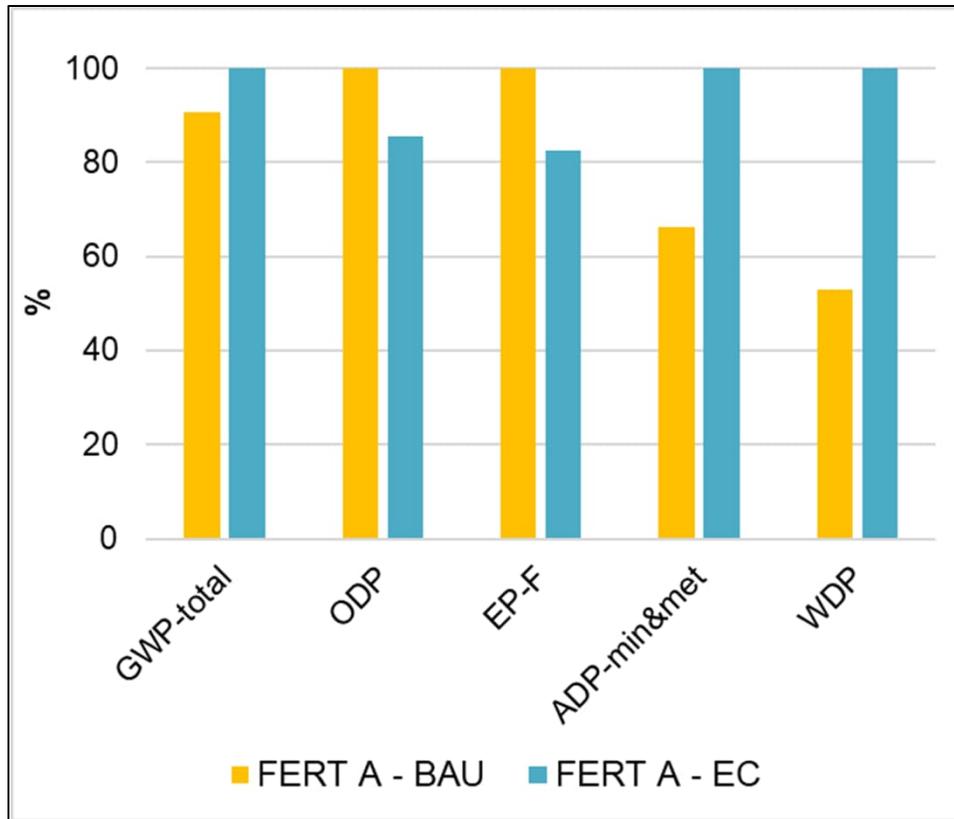
Contributi delle fasi di *Upstream* e *Core* per **fertilizzante B**: confronto tra Scenario BAU e Scenario EC



GWP-total = Global Warming Potential total; ODP = Depletion potential of the stratospheric ozone layer; AP = Acidification potential, Accumulated Exceedance; EP-F = Eutrophication potential, freshwater; EP-M = Eutrophication potential, marine; EP-T = Eutrophication potential, terrestrial; POCP = Formation potential of tropospheric ozone; ADP-min&met = Abiotic depletion potential for non-fossil resources; ADP-fossil = Abiotic depletion for fossil resources potential; WDP = Water deprivation potential

Risultati E-LCA

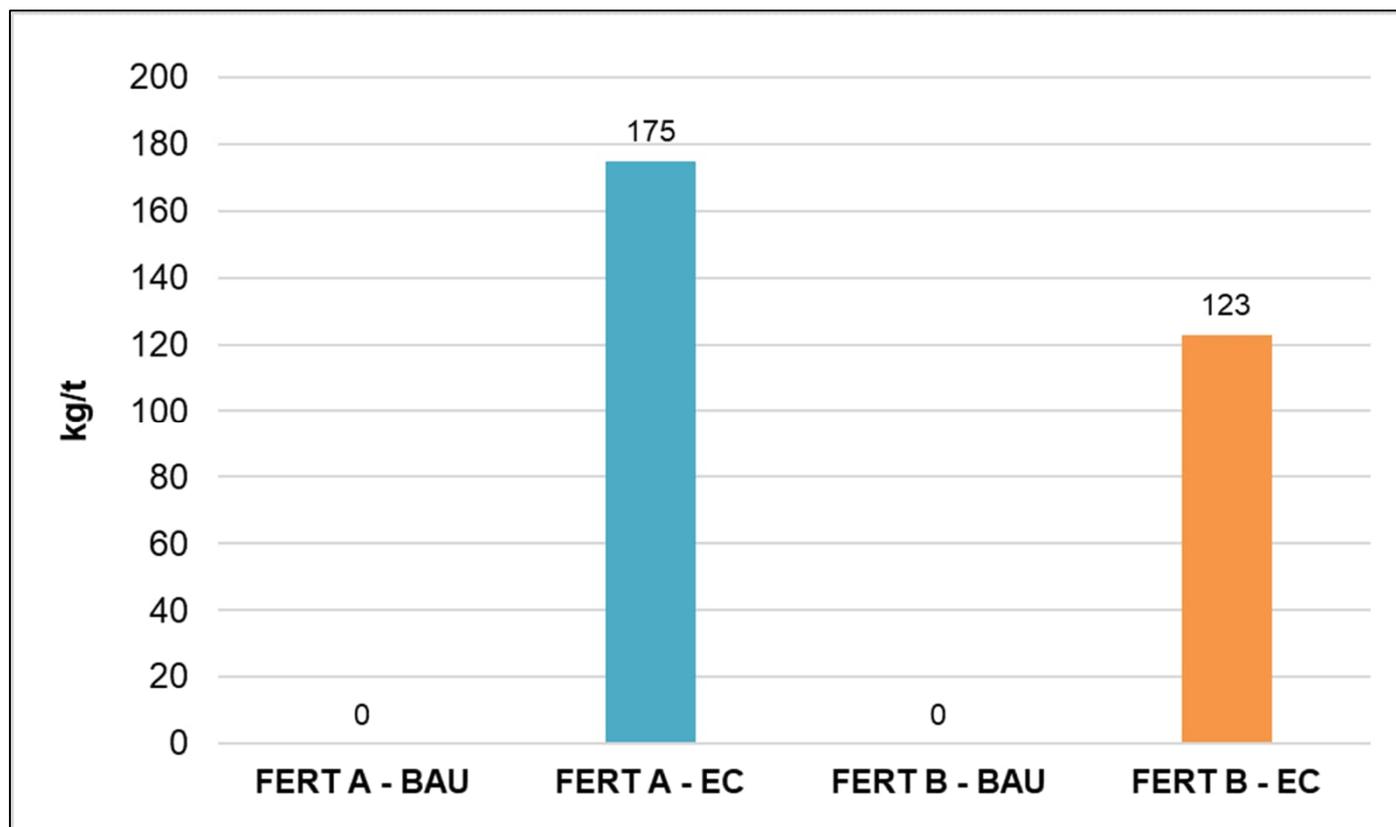
Indicatori ambientali relativi ai fertilizzanti analizzati:
confronto tra Scenario BAU e Scenario EC



GWP-total = Global Warming Potential total; ODP = Depletion potential of the stratospheric ozone layer; EP-F = Eutrophication potential, freshwater; ADP-min&met = Abiotic depletion potential for non-fossil resources; WDP = Water deprivation potential

Risultati E-LCA

Consumo di materie secondarie utilizzate per la produzione
(espressa in kg per ton di fertilizzante)



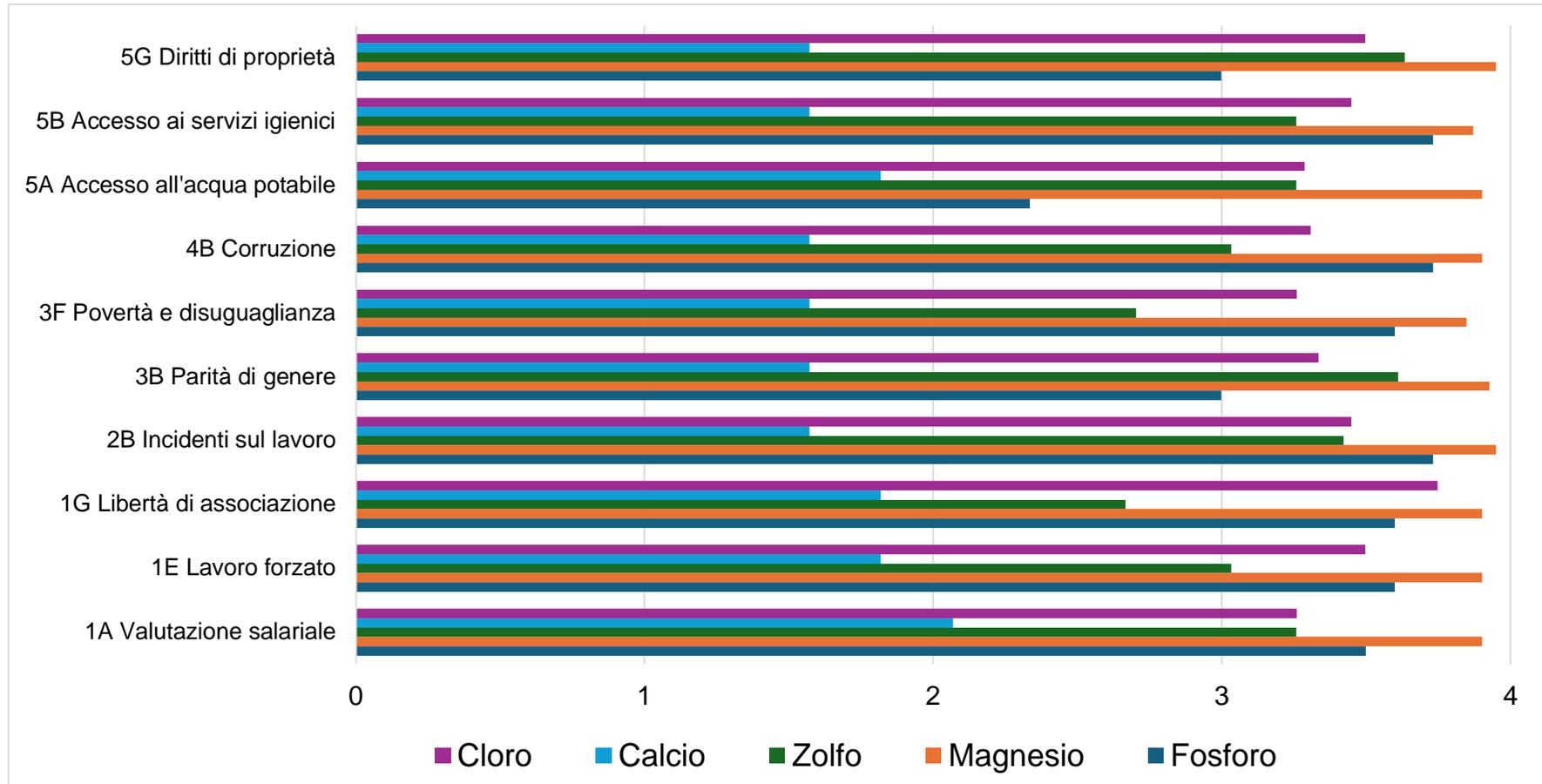
Risultati S-LCA

Lista di paesi interessati nell'estrazione e nella lavorazione delle materie prime in esame (Fosforo, Magnesio, Zolfo, Calcio e Cloro) (fonte: USGS)

	Fosforo	Magnesio	Zolfo	Calcio	Cloro
Brasile		X			
Canada					X
Cina	X	X	X		
Egitto	X				
Francia					X
Germania				X	
Israele		X			
Kazakistan		X			
Malesia				X	
Marocco	X				
Russia			X		
Arabia Saudita			X		
Thailandia					X
Regno Unito				X	
Stati Uniti d'America	X		X		X
Zambia				X	

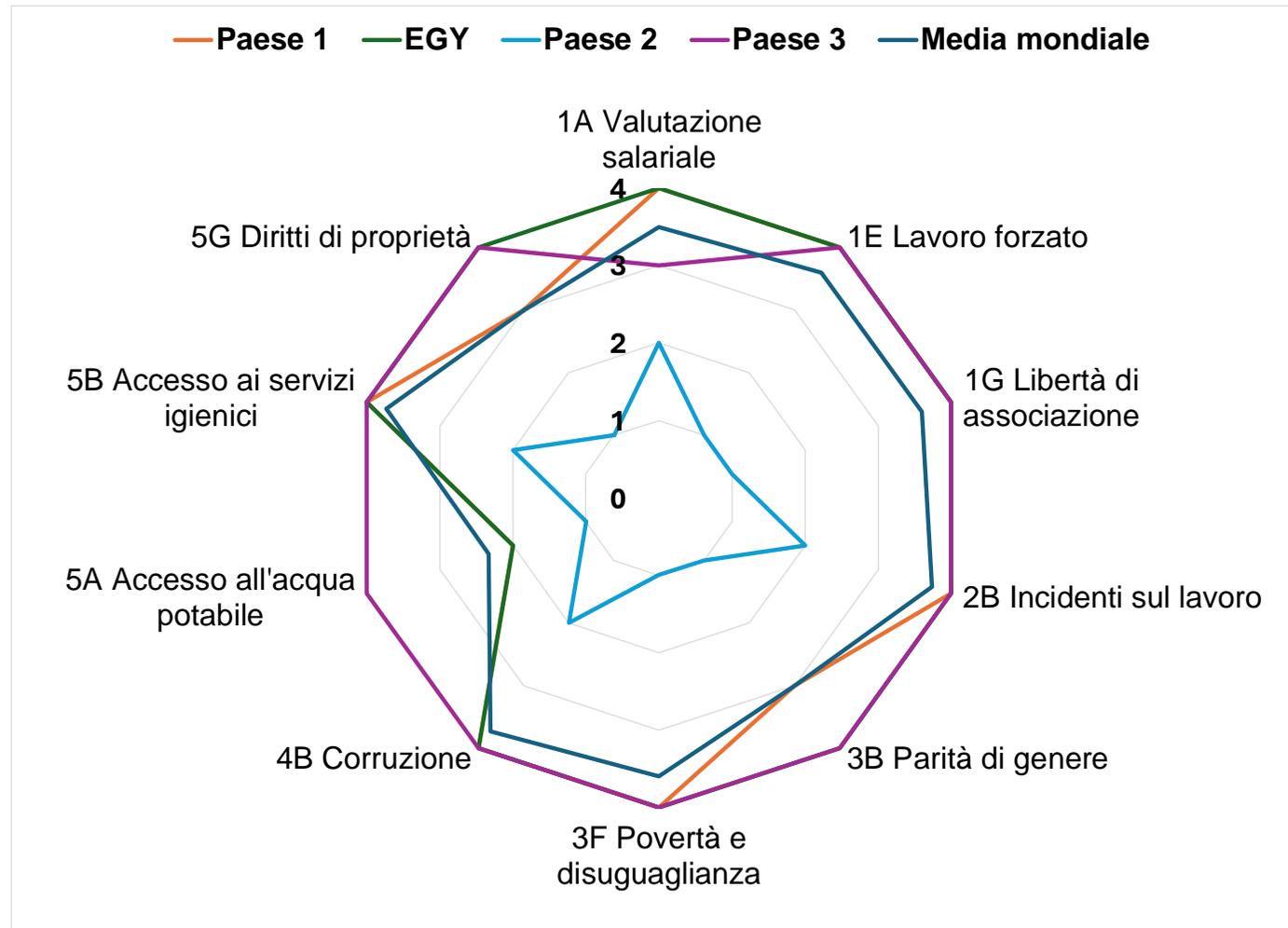
Risultati S-LCA

Hotspot sociali individuati per le materie prime analizzate



Risultati S-LCA

Hotspot della produzione di fosforo nei Paesi interessati (EGY Egitto)



Risultati S-LCA

Performance sociale – Scenario BAU



LAVORATORI					
	1A - Valutazione salariale	1G – Libertà di Associazione	2B – Incidenti sul lavoro	3B – Parità di genere	4B - Corruzione
Fornitore fosforite egiziana	0	+1	+1	0	0
COMUNITÀ LOCALI					
	1E – Lavoro forzato	3F – Povertà e diseguaglianza	5A - Accesso all'acqua potabile	5B – Accesso ai servizi igienici	5G – Diritti di proprietà
Fornitore fosforite egiziana	+1	0	0	0	0

Risultati S-LCA

Performance sociale – Scenario EC



LAVORATORI					
	1A - Valutazione salariale	1G – Libertà di Associazione	2B – Incidenti sul lavoro	3B – Parità di genere	4B - Corruzione
Fornitore PC8 (Spagna)	+1	0	+2	0	0
COMUNITÀ LOCALI					
	1E – Lavoro forzato	3F – Povertà e disegualianza	5A - Accesso all'acqua potabile	5B – Accesso ai servizi igienici	5G – Diritti di proprietà
Fornitore PC8 (Spagna)	0	+1	0	0	0

LAVORATORI					
	1A - Valutazione salariale	1G – Libertà di Associazione	2B – Incidenti sul lavoro	3B – Parità di genere	4B - Corruzione
Fornitore Acido Solforico (Italia)	0	0	+2	+2	0
COMUNITÀ LOCALI					
	1E – Lavoro forzato	3F – Povertà e disegualianza	5A - Accesso all'acqua potabile	5B – Accesso ai servizi igienici	5G – Diritti di proprietà
Fornitore Acido Solforico (Italia)	0	+2	0	0	0

Conclusioni e prospettive future

- Valutare i potenziali impatti ambientali del processo lungo le varie fasi della filiera, in un'ottica di ottimizzazione dei processi
- Maggior contributo alle categorie di impatto ambientale deriva dall'approvvigionamento delle materie prime
- S-LCA Principali criticità nelle filiere relative all'approvvigionamento di materie prime (in particolare fosforite egiziana)
- Benefici ambientali e sociali relativi allo “**Scenario Economia Circolare**” (EC), produzione di fertilizzanti con sostituzione di una frazione di materia prima con prodotto recuperato

Conclusioni e prospettive future



Approfondire
fase Upstream

Includere
Downstream



Coinvolgimento
diretto
stakeholders

Restituzione
linee guida per
ESG



Ottimizzazione
formulazione

Scaling-up
processo
recupero



POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio

“Rifiuti e Life Cycle Thinking”

7^a edizione



Assessment on WASTE
and RESources

**Valutazione della sostenibilità ambientale e sociale
di un processo circolare:
studio LCA e analisi hotspot sociali di un processo di recupero da
ceneri di fanghi di depurazione
ed utilizzo dei prodotti recuperati nella produzione di fertilizzanti**

***Erica Gagliano**^a, Valeria Tacchino^b, Flavia Francese^b, Daniel El Cham^c, Lorenzo Esposito^d,
Roberto Canziani^d, Andrea Turolla^d, Adriana Del Borghi^{a,b}*

a Università di Genova, b Tetis Institute, c Timac Agro, d Politecnico di Milano



Erica Gagliano

RTD-A in Ingegneria Sanitaria-Ambientale
Università di Genova



erica.gagliano@unige.it



**Università
di Genova**



POLITECNICO
MILANO 1863



Timac AGRO
Italia