



POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio "Rifiuti e Life Cycle Thinking"

circularità e sostenibilità

6^a edizione



Assessment on WASTE
and RESOURCES

7 MARZO 2023

Life Cycle Thinking a supporto dello sviluppo di processi e tecnologie innovative di valorizzazione dei rifiuti biodegradabili

Lidia Lombardi



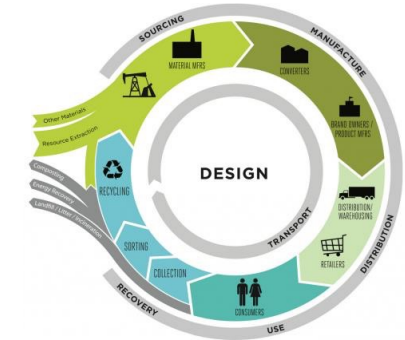
Università degli Studi Niccolò Cusano - Roma



Introduzione

LCT/LCA hanno un ruolo fondamentale per (Christensen et al, 2020):

1. analisi e comprensione di un sistema di gestione dei rifiuti esistente;
2. miglioramento di sistemi di gestione dei rifiuti esistenti;
3. confronto tra tecnologie alternative o prestazioni tecnologiche alternative;
4. sviluppo di tecnologie innovative;
5. sviluppo di politiche e strategie;
6. reporting dello stato di avanzamento degli indicatori calcolati su base LCA per la gestione dei rifiuti.

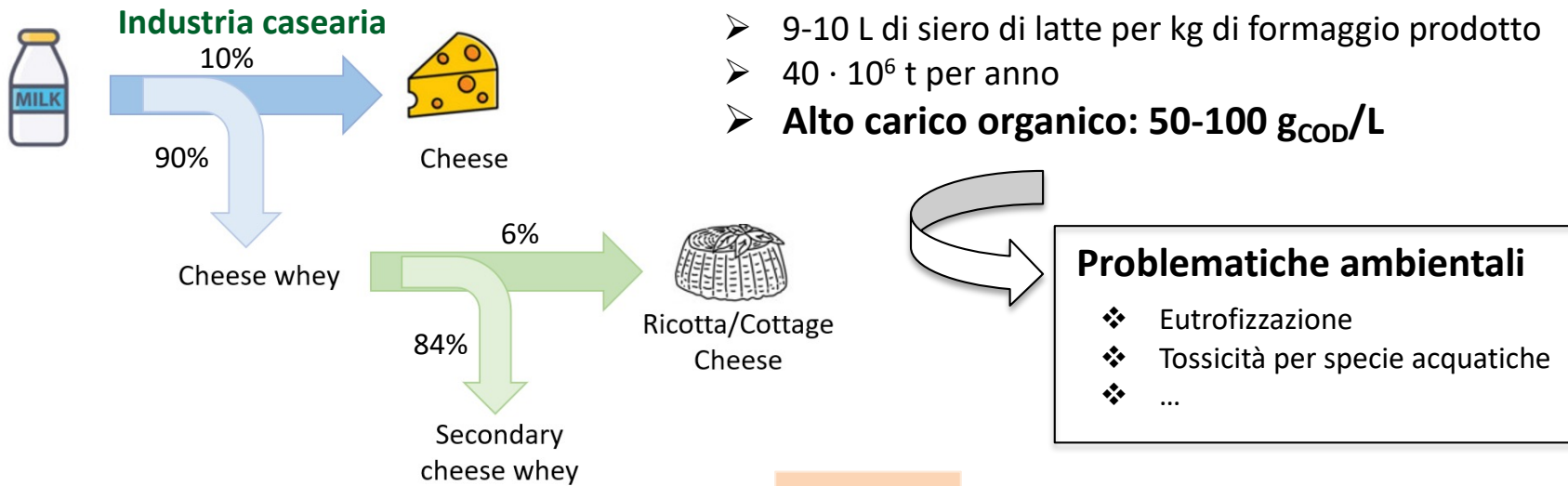


RIFIUTI BIODEGRADABILI

Christensen, T.H., Damgaard, A., Levis, J., Zhao, Y., Björklund, A., Arena, U., Barlaz, M.A., Starostina, V., Boldrin, A., Astrup, T.F., Bisinella, V.: Application of LCA modelling in integrated waste management. Waste Management, 2020, 118. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.034>



SIERO DI LATTE – Cheese whey



Problematiche ambientali

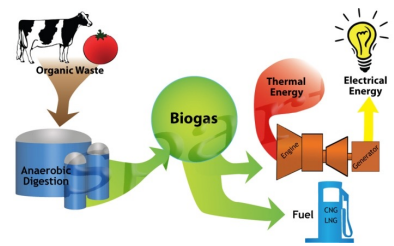
- ❖ Eutrofizzazione
- ❖ Tossicità per specie acquatiche
- ❖ ...

Past

Present

Future

- Fertilizzanti
- Mangimi animali
- Smaltimento



- Rimozione della sostanza organica fino al 90%
- Produzione biogas: 0.3 to 0.6 Nm³ CH₄/kg TVS
- Tecnologia consolidata: TRL 8-9

Alto carico organico e bassa alcalinità

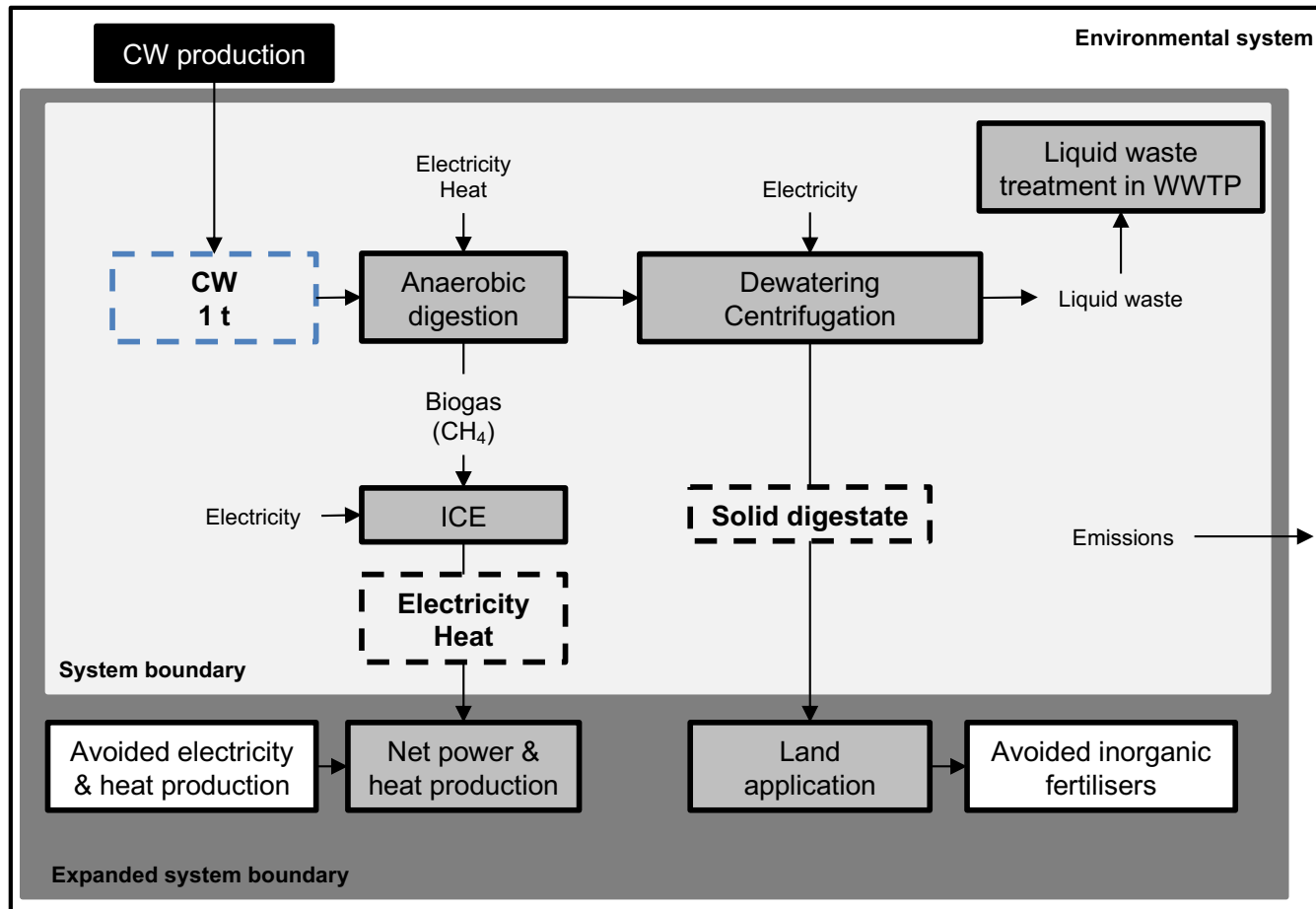
Bioraffineria

- Bioenergia
- Biocombustibili
- Bioprodotto



Scenario di benchmark Digestione Anaerobica (DA)

Unità funzionale:
1 t CW



Asunis et al., 2021

Parameter	Unit	Value
Flow rate	t/d	43.78
Volume	m ³	1045
HRT	d	20
Operating temperature	°C	35
SMP	Nm ³ CH ₄ /kg TVS	0.3
Biogas yield	Nm ³ biogas/t CW	32
Biogas composition	%	65% CH ₄ , 35% CO ₂
LHV methane	kJ/Nm ³	35.22

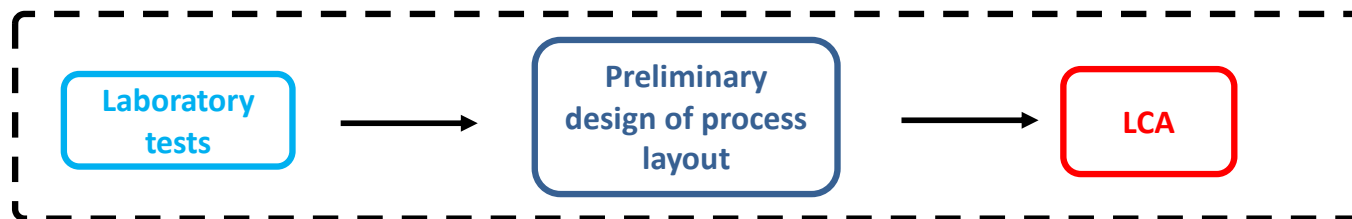
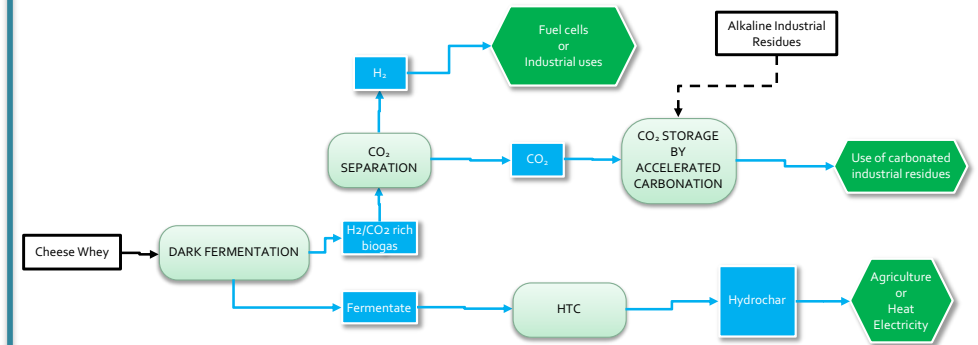
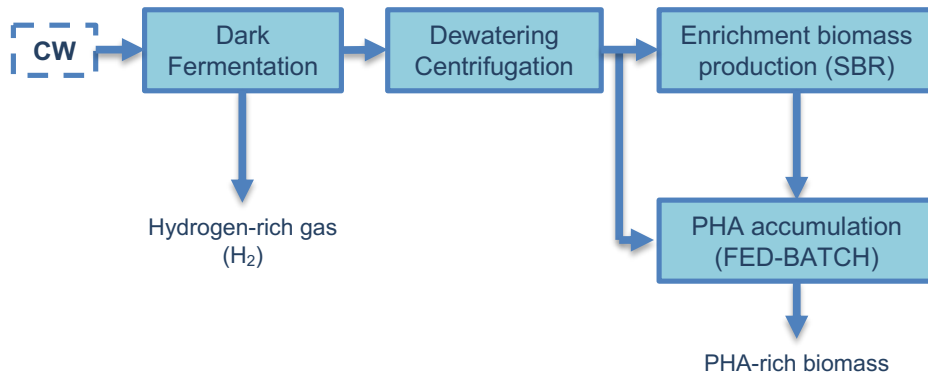
Parameter	Unit	Value
Anaerobic digestion reactor		
EE required	kWh/t _{CW}	1.00
TE required	kWh/t _{CW}	4.05
Internal combustion engine		
EE required	kWh/t _{CW}	3.47
EE produced	kWh/t _{CW}	86.66
TE produced	kWh/t _{CW}	88.72
CO ₂ biogenic emission	kg/t _{CW}	41.40
NO _x emission	kg/t _{CW}	1.62E-02
PM emission	kg/t _{CW}	6.20E-04
CO emission	kg/t _{CW}	2.69E-02
Dewatering section		
EE required	kWh/t _{CW}	4.81
Liquid waste to WWTP	m ³ /t _{CW}	0.77
Polyelectrolyte	kg/t _{CW}	0.70
N distribution in the digestate	kg/t _{CW}	1.04
P distribution in the digestate	kg/t _{CW}	0.02
K distribution in the digestate	kg/t _{CW}	0.05



Bioraffineria - Biopolimeri poli-idrossi-alcanoati polyhydroxyalkanoates (PHA)

Bioraffineria - Biocombustibili

Unità funzionale: 1 t CW





Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman



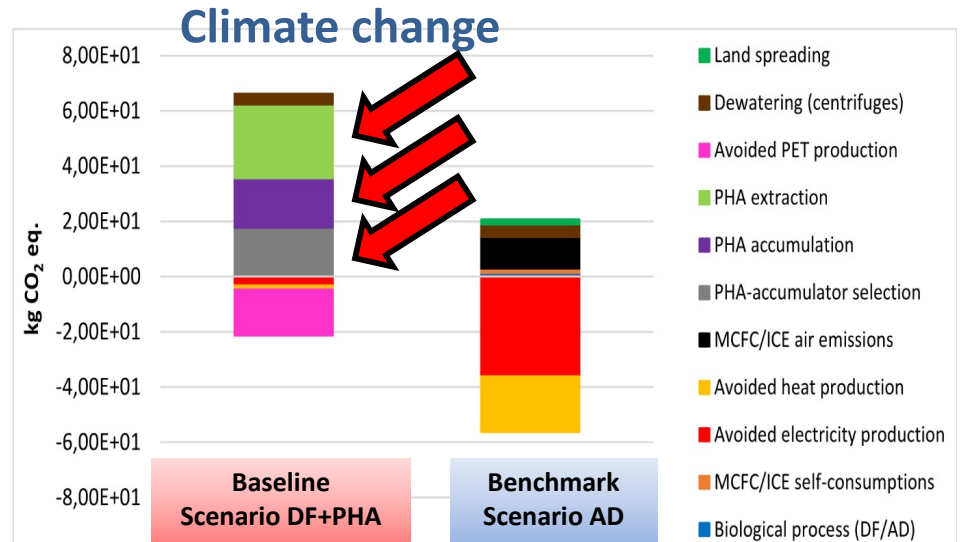
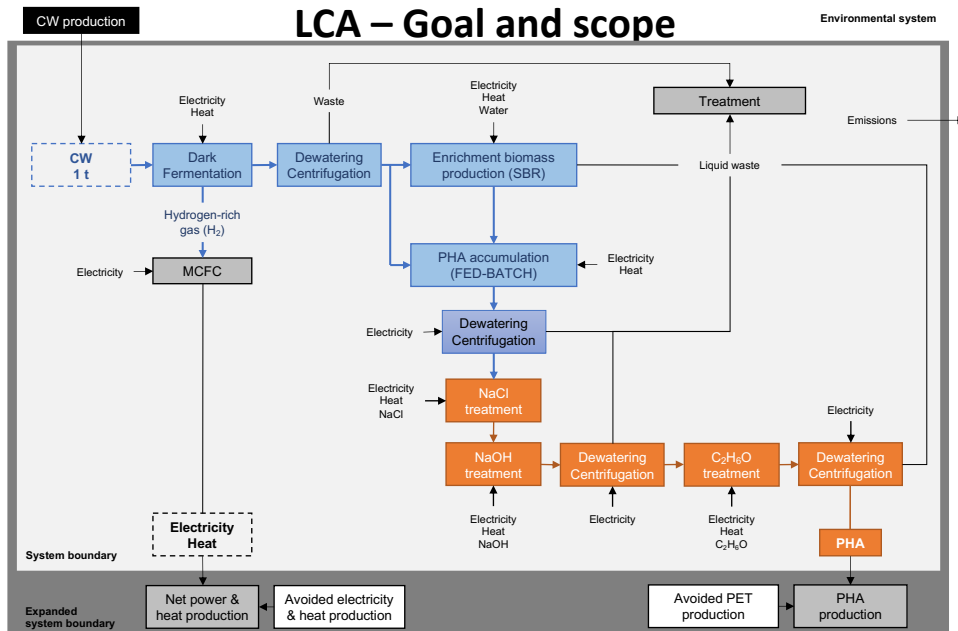
Environmental life cycle assessment of polyhydroxyalkanoates production from cheese whey

Fabiano Asunis^a, Giorgia De Gioannis^{a,b}, Giovanni Francini^c, Lidia Lombardi^{d,*}, Aldo Muntoni^a, Alessandra Poletti^e, Raffaella Pomi^e, Andreina Rossi^e, Daniela Spiga^a

^a Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture, University of Cagliari, Via Marengo 2, 09123 Cagliari, Italy
^b IGAG - CNR, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Piazza d'Armi, 09123 Cagliari, Italy
^c Department of Civil and Environmental Engineering, University of Florence, Via Santa Marta 3, 50139 Florence, Italy
^d Niccolò Cusano University of Rome, Via Don Carlo Gnocchi 3, 00166 Rome, Italy
^e Department of Civil and Environmental Engineering, University of Rome "La Sapienza", Via Eudossiana 18, 00184 Rome, Italy

Biopolimeri
poli-idrossi-alcanoati
polyhydroxyalkanoates (PHA)

Impact assessment (CC)		PHA	DA
Climate Change	kg CO ₂ eq./t CW	4.48E+01	-3.57E+01



PHA-accumulator selection phase		Water	Liquid waste to WWTP	Electric energy	Thermal energy	Total
CC	kg CO ₂ eq./t CW	5.57E+00	4.96E+00	6.35E+00	3.46E-01	1.72E+01

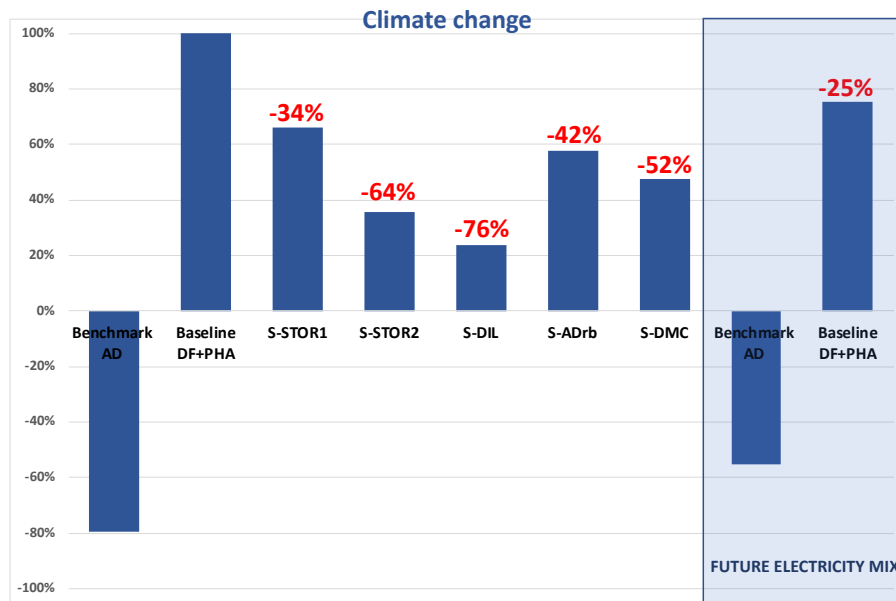
PHA extraction phase		NaCl	NaOH	C ₂ H ₆ O	Liquid waste to WWTP	Electric energy	Thermal energy	Total
CC	kg CO ₂ eq./t CW	2.92E+00	7.33E+00	4.31E+00	1.66E+00	9.54E+00	9.58E-01	2.67E+01

Environmental Footprint

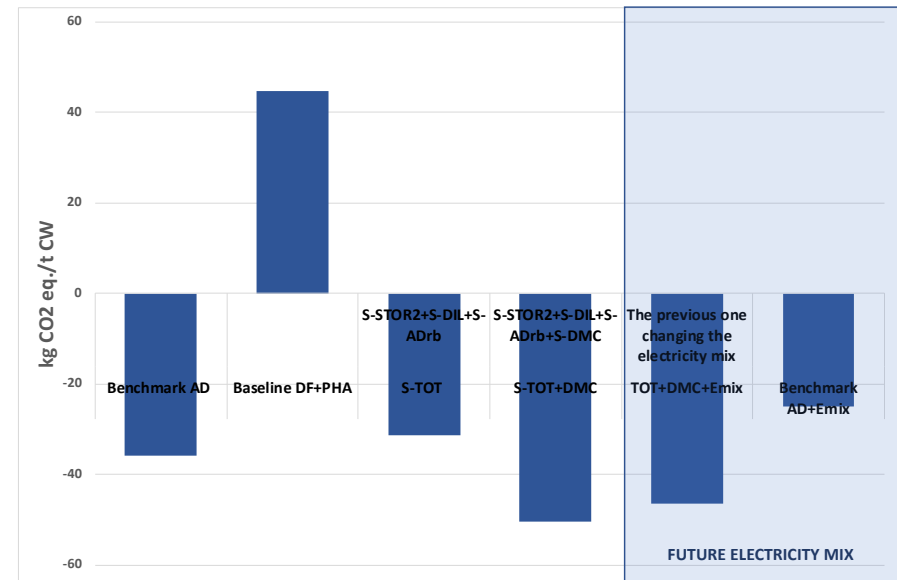
Asunis et al., 2021



Miglioramenti (CC)



Biopolimeri poli-idrossi-alcanoati polyhydroxyalkanoates (PHA)



- La produzione di PHA può diventare più sostenibile dello scenario di benchmark, a patto che i miglioramenti proposti siano effettivamente raggiunti e messi in atto in maniera combinata.



Progetto BBCircle (Gruppi di Ricerca – Regione Lazio)

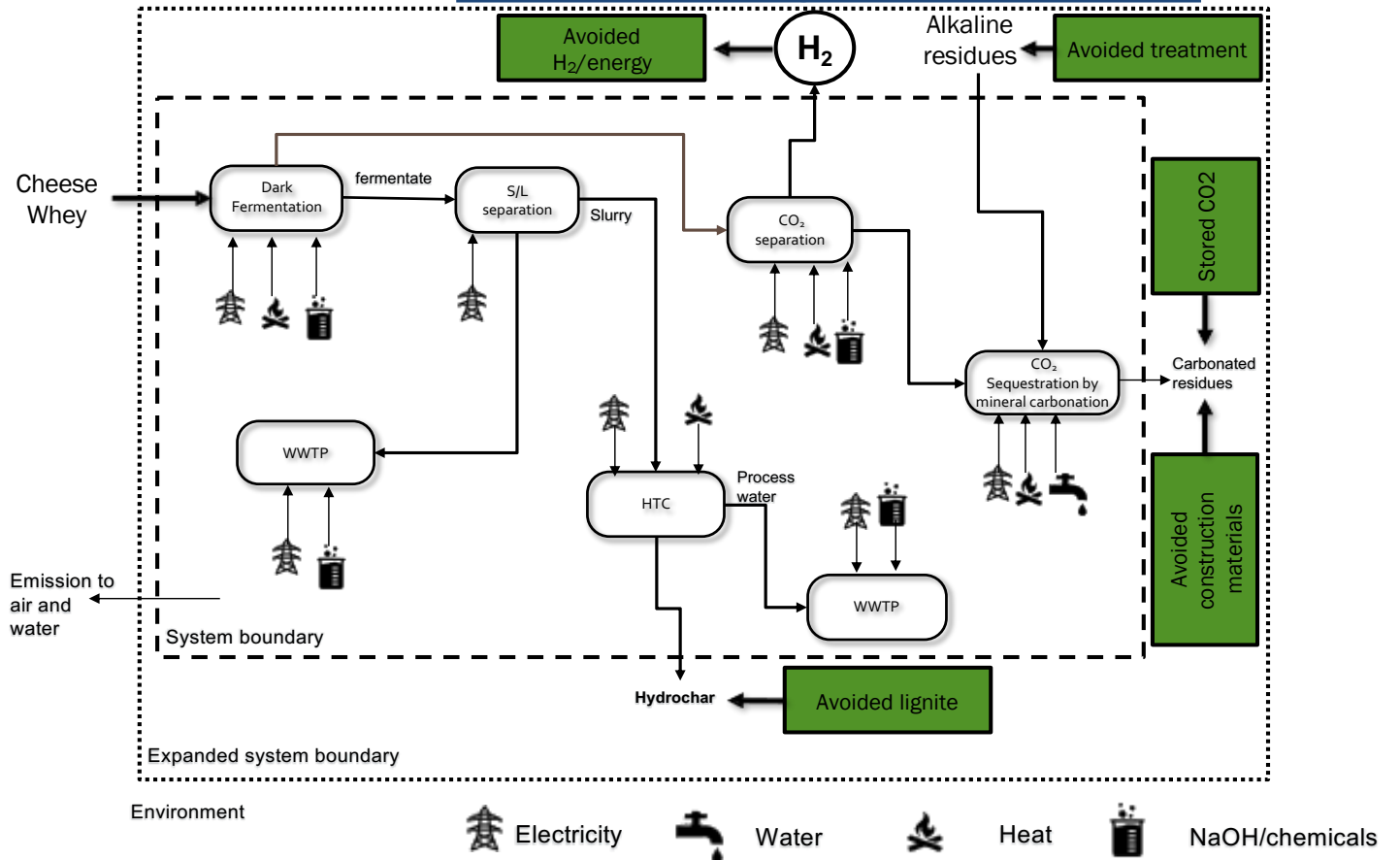
Biomateriali, Biocombustibili, Sequestro della CO2 e Circolarità. Studio sull'implementabilità di Bioraffinerie nella Regione Lazio

<http://www.dicea.uniroma1.it/node/1220>



Biocombustibili

Goal & scope definition

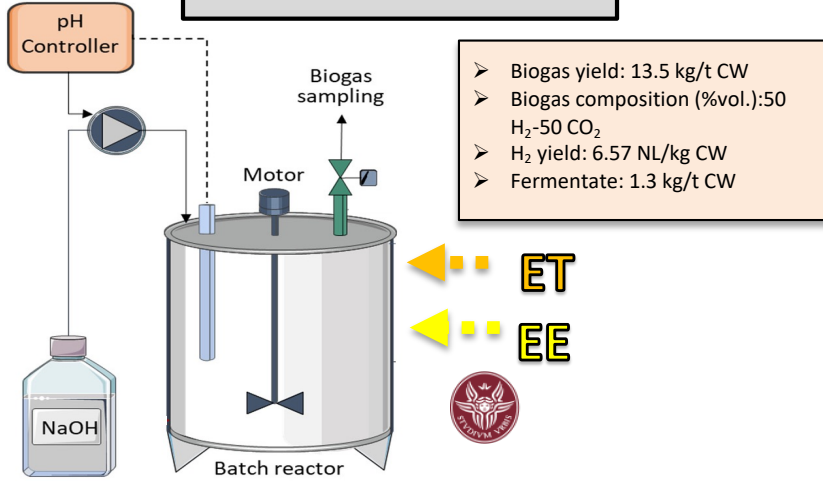




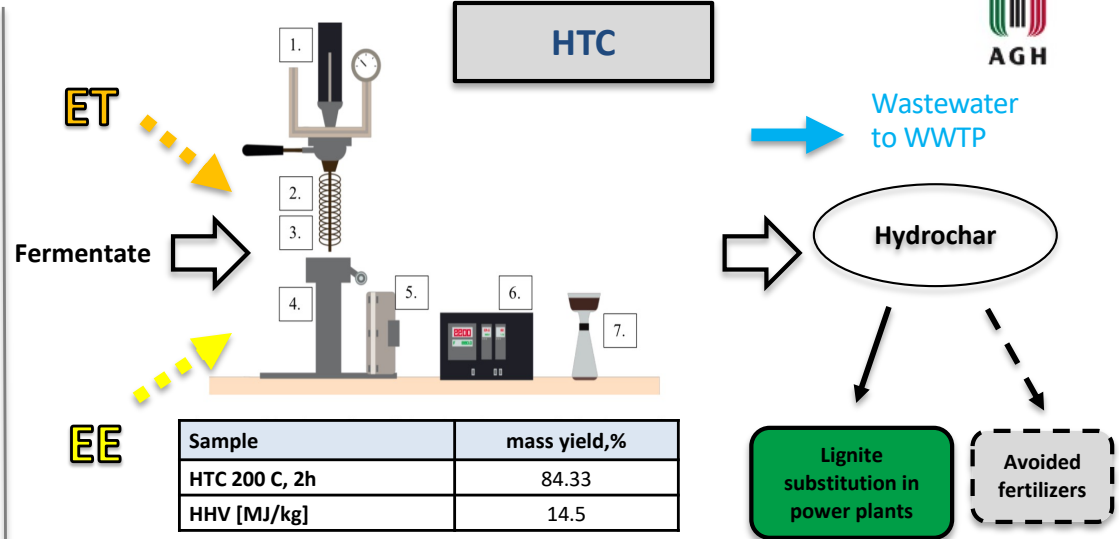
Life Cycle Inventory

Biocombustibili

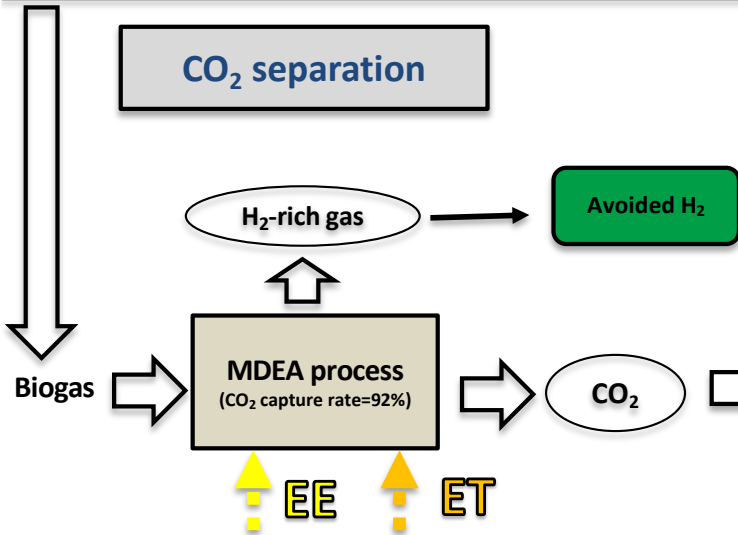
Dark fermentation



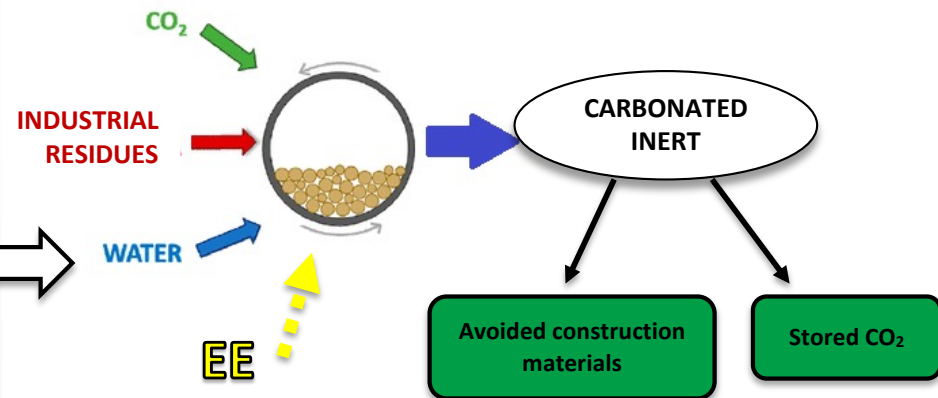
HTC



CO₂ separation



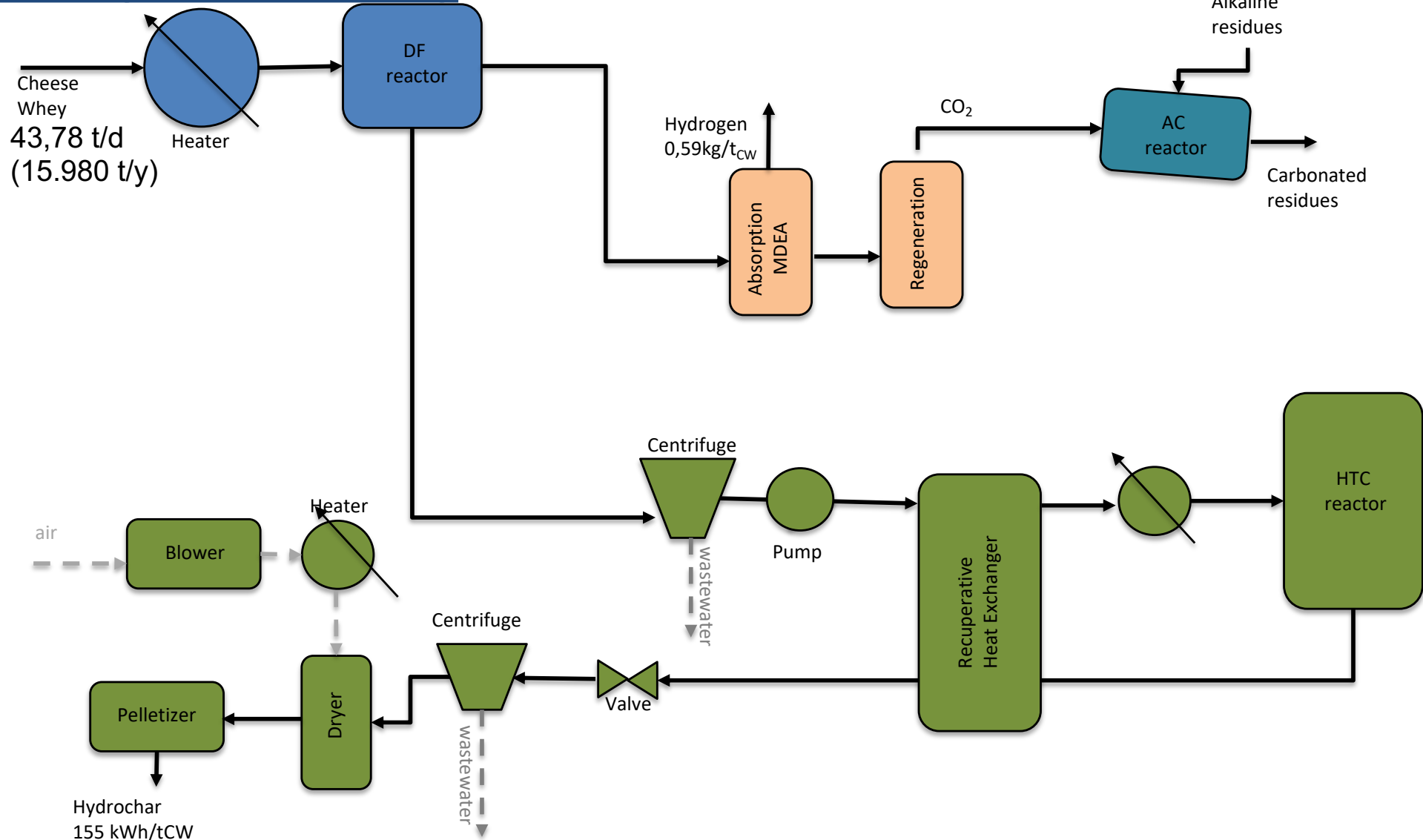
Accelerated carbonation





Life Cycle Inventory

Biocombustibili

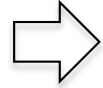




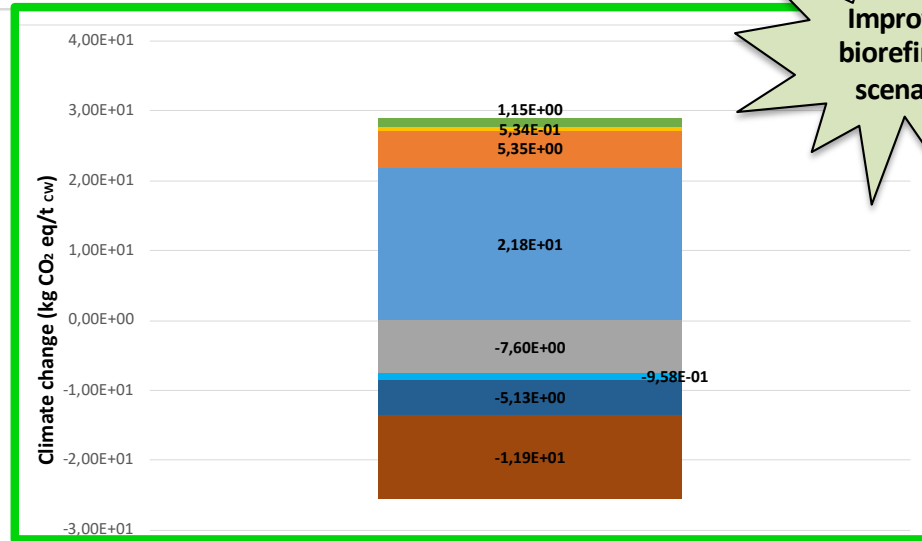
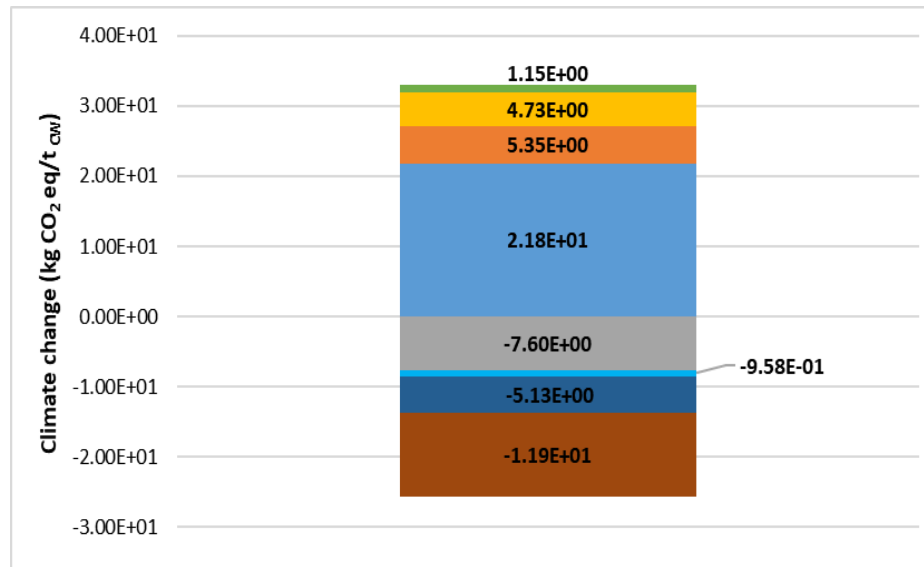
Risultati – Impact Assessment (CC)

Biocombustibili

LCIA method: Environmental Footprint

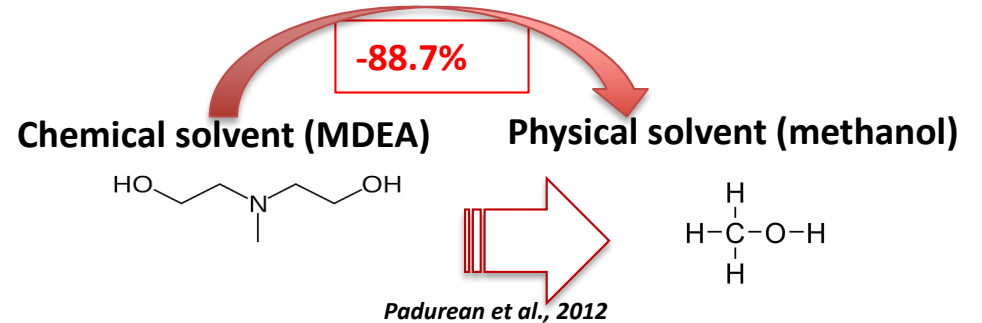


Climate change (kg CO₂ eq/t CW)



Improved biorefinery scenario

- DF
- Lignite substitution in power plants
- Avoided energy recovered from H₂/Avoided H₂
- Inert substituted by carbonated industrial waste
- HTC + DW
- CO₂ separation
- Accelerated carbonation
- CO₂ stored by accelerated carbonation





POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio
"Rifiuti e Life Cycle Thinking"
circularità e sostenibilità
6^a edizione



Risultati – Impact Assessment (CC)

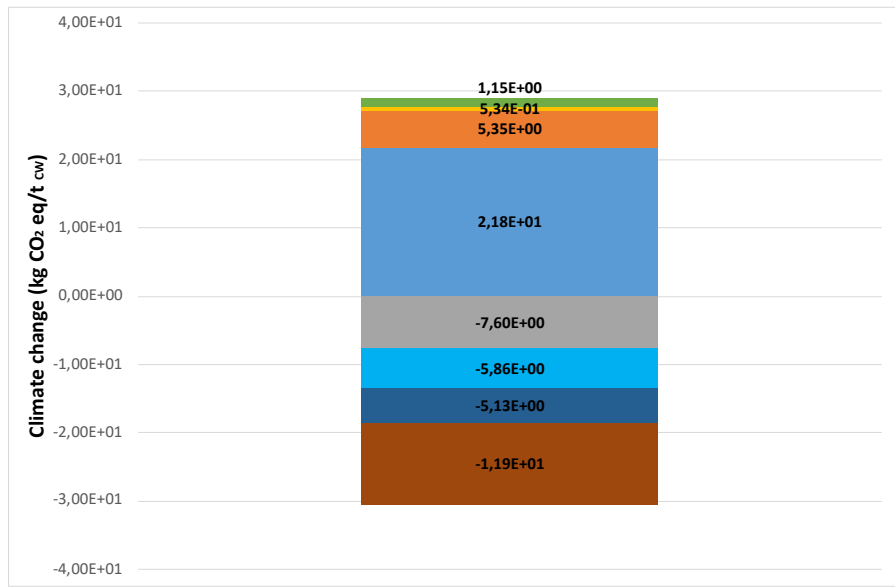
Biocombustibili



LCIA method: Environmental Footprint



Climate change (kg CO₂ eq/t CW)



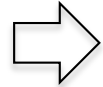
- DF
- Lignite substitution in power plants
- Avoided energy recovered from H₂/Avoided H₂
- Inert substituted by carbonated industrial waste
- HTC + DW
- CO₂ separation
- Accelerated carbonation
- CO₂ stored by accelerated carbonation



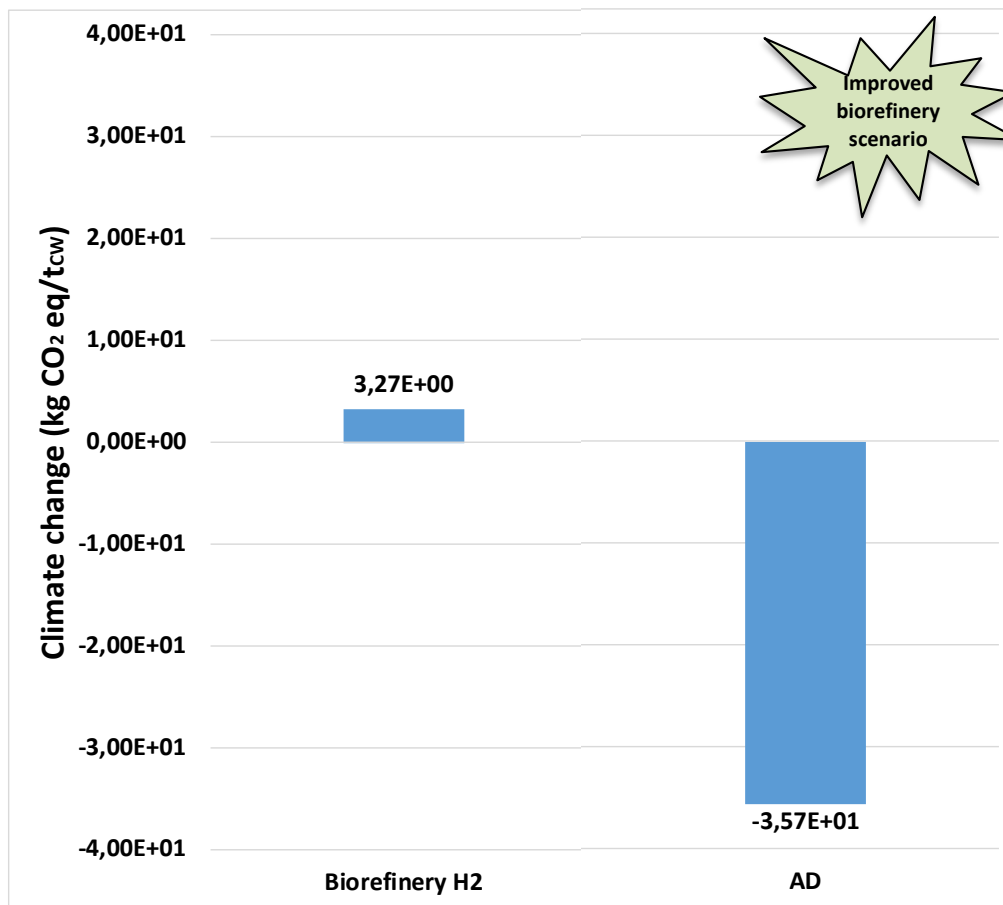
Risultati – Impact Assessment (CC)

Biocombustibili

LCIA method: Environmental Footprint



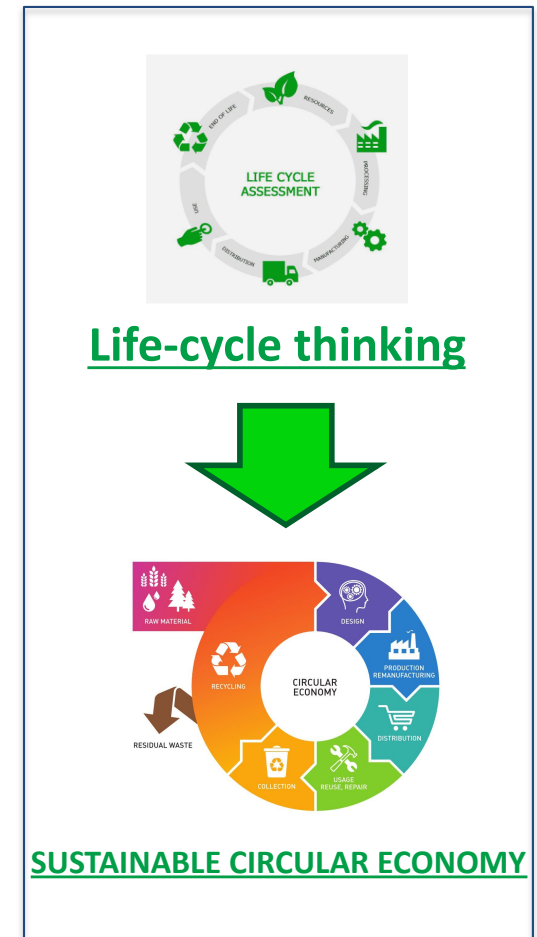
Climate change (kg CO₂ eq/t CW)



- I contributi negativi non bilanciano completamente quelli positivi
- I principali crediti derivano dallo storage della CO₂
- Il processo di benchmark è però comunque migliore: sono necessari miglioramenti
- I risultati sono comunque utili ad individuare verso quali processi dedicare gli sforzi di miglioramento
- Altri processi e altri substrati sono allo studio

Conclusioni

- I processi complessi devono necessariamente essere analizzati ampliando i confini del sistema studiato.
- LCA è uno strumento potente per evidenziare i punti deboli...
- ... e proporre miglioramenti, da valutare nuovamente con LCA.
- In particolare è utile ad evidenziare verso quali processi dedicare gli sforzi di miglioramento e gli sforzi sperimentali.
- LCA è in generale un potente e necessario strumento a supporto dello sviluppo della bioeconomia e dell' economia circolare, che necessariamente devono essere ambientalmente sostenibili.





POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio
“Rifiuti e Life Cycle Thinking”
 circolarità e sostenibilità
 6^a edizione



BBCircle

Biomateriali, Biocombustibili, Sequestro della CO2 e Circolarità. Studio sull'implementabilità di Bioraffinerie nella Regione Lazio - Avviso Pubblico “Gruppi di Ricerca 2020” di cui alla Determinazione n. G08487 del 19/07/2020 U e modificato con Determinazione n. G10624 – POR FESR LAZIO 2014 – 2020 – Progetto n. A0375-2020-36701

<http://www.dicea.uniroma1.it/node/1220>

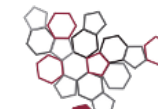


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Prof. Alessandra Poletti



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Dr. Ing. Geneve Farabegoli



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Prof. Giulia Costa



CUSANO
UNIVERSITÀ

Prof. Lidia Lombardi

Prof. Malgrozata Wilk

AGH University of Science and Technology, Kraków, Poland





POLITECNICO
MILANO 1863

Giornata di studio
"Rifiuti e Life Cycle Thinking"
circularità e sostenibilità
6^a edizione



Waste Management 132 (2021) 31–43

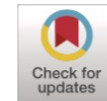


ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman



Environmental life cycle assessment of polyhydroxyalkanoates production from cheese whey

Fabiano Asunis^a, Giorgia De Gioannis^{a,b}, Giovanni Francini^c, Lidia Lombardi^{d,*},
Aldo Muntoni^a, Alessandra Poletti^e, Raffaella Pomi^e, Andreina Rossi^e, Daniela Spiga^a

^a Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture, University of Cagliari, Via Marengo 2, 09123 Cagliari, Italy

^b IGAG – CNR, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Piazza d'Armi, 09123 Cagliari, Italy

^c Department of Civil and Environmental Engineering, University of Florence, Via Santa Marta 3, 50139 Florence, Italy

^d Niccolò Cusano University of Rome, Via Don Carlo Gnocchi 3, 00166 Rome, Italy

^e Department of Civil and Environmental Engineering, University of Rome "La Sapienza", Via Eudossiana 18, 00184 Rome, Italy