



# ATTI

X Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA  
XV Convegno della Rete Italiana LCA

# INNOVAZIONE E CIRCOLARITÀ

Il contributo del *Life Cycle Thinking*  
nel Green Deal per la neutralità climatica



**22-24 settembre 2021**

**Università Mediterranea  
di Reggio Calabria**

Via dell'Università, 25  
Reggio Calabria



## ATTI

X Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA  
XV Convegno della Rete Italiana LCA

# INNOVAZIONE E CIRCOLARITÀ

Il contributo del *Life Cycle Thinking*  
nel Green Deal per la neutralità climatica

**22-24 settembre 2021**

**Università Mediterranea  
di Reggio Calabria**

Via dell'Università, 25  
Reggio Calabria

© 2022 Associazione Rete Italiana LCA

Publicato da: Associazione Rete Italiana LCA

Data di pubblicazione: 2022

Paese di pubblicazione: Italia

Lingua: Italiano

Formato dell'e-book: PDF

ISBN: 9791221004564

# Sommario

<b>PREFAZIONE</b> .....	<b>16</b>
<b>SESSIONE II</b>	
<b>LCT E CIRCOLARITÀ</b>	
Circular Bioeconomy metrics and Life Cycle Assessment. Answers from literature review .....	<b>19</b>
Implementing the Circular Transition Indicators in a global packaging company .....	<b>28</b>
Toward carbon neutral urban regeneration: the use of LCA to support competition for innovative, carbon-free and circular architectural projects .....	<b>36</b>
Strumenti con approccio di ciclo di vita a supporto delle aziende per la scelta di soluzioni circolari: la matrice di valutazione multicriterio .....	<b>44</b>
LCA on Carbon Dots: a state-of-the-art evaluation .....	<b>52</b>
La banca dati italiana LCA BDI-LCA.....	<b>59</b>
<b>SESSIONE POSTER I</b>	
Life Cycle Assessment applied to Carbon Dioxide Removal processes: a literature review .....	<b>68</b>
Analisi delle strategie di riuso e riciclo dei nuovi “critical raw materials” .....	<b>76</b>
Life Cycle Assessment di batterie stazionarie a ioni-litio nello scenario italiano.....	<b>84</b>
Riuso del fresato e modificanti: due parametri per la misura della sostenibilità ambientale delle pavimentazioni stradali .....	<b>93</b>
Il piano nazionale di ripresa e resilienza in ottica LCA: una valutazione preliminare per sviluppi futuri .....	<b>101</b>
Blockchain technology in life cycle assessment: opportunities and current challenges .....	<b>113</b>
<b>SESSIONE III</b>	
<b>METODI E STRUMENTI LCT-BASED NEL SETTORE DEI RIFIUTI</b>	
L'uso di sistemi aeromobili a pilotaggio remoto nel monitoraggio del biogas da discarica: set-up ai fini del miglioramento del profilo ambientale .....	<b>122</b>
Collecting primary data in WEEE treatment facilities: mission impossible? .....	<b>129</b>
Analisi di uno strumento di carbon footprint per il compostaggio e la digestione anaerobica.....	<b>138</b>
Life cycle costing della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione.....	<b>146</b>

Life Cycle Assessment di un fotoreattore di laboratorio UV-C.....154

Thermodynamic rarity assessment of WEEE plant ..... 164

#### **SESSIONE IV EDILIZIA**

The environmental footprint of buildings at city level: a new assessment tool.....171

Materiali isolanti per l'edilizia: uno studio di LCA .....183

End of Life tool for building product development: the Solar Window Block case study ..... 191

Reuse of shipping containers in the construction sector: Life Cycle Assessment as a driver tool ..... 199

Sustainability of disruptive innovation – cradle-to-gate LCA of Carbon Reinforced Concrete ..... 207

LCA in building sector policies.....215

#### **SESSIONE POSTER II**

State-of-the-art analysis of environmental assessment studies  
on Concentrated Solar Power systems ..... 224

Timber and concrete in the building sector: a review of Life Cycle Assessment studies ..... 232

Carbon Footprint di un Ateneo: confronto metodologico tra ISO 14064-1 e linee guida RUS..... 240

L'approccio parametrico basato su LCA per l'eco-progettazione di involucri edilizi..... 249

Moving A/E practices towards life cycle design..... 256

Recupero del fosforo da ceneri di fanghi di depurazione:  
modellazione del processo e analisi del ciclo di vita..... 264

#### **SESSIONE V ENERGIA**

Life cycle assessment (LCA) of an innovative compact hybrid electrical-thermal  
storage system for residential buildings in Mediterranean climate ..... 273

Supporting life-cycle conscious decisions in household energy requalification ..... 281

Primary vs secondary data in LCA: the case of an electronic product..... 290

L'Italia e l'Europa verso la transizione energetica  
Situazione attuale e scenari a confronto ..... 298

Environmental Impact Evaluations of automotive Lithium-ion Batteries' first and second life ..... 307

Life Cycle Assessment of Sustainable Aviation Fuels: a review .....315

EV LIBs towards circular economy: literature review of electric  
vehicle lithium-ion batteries LCA for a circular economy implementation ..... 323

### **SESSIONE POSTER III**

Towards sustainable freight transportation: an LCA review ..... 334

Applicazione del Life Cycle Assessment al servizio di erogazione di acqua potabile in Romagna ..... 342

Qual è il reale interesse delle imprese verso l'economia circolare? Risposte da una survey ..... 350

Life Cycle Assessment Overview on Polyhydroxyalkanoates ..... 358

Impatti ambientali delle perforazioni petrolifere: il contributo della “scarpa di cementazione” ..... 366

### **PREMIO GIOVANI RICERCATORI**

Un framework esteso di Life Cycle Sustainability Assessment applicato ai sistemi energetici ..... 374

La Cereal Unit come metrica per allocazione e unità funzionale  
appropriate nel settore agroalimentare: Metodologia, limiti e prospettive  
discussi attraverso il caso dei seminativi in Italia..... 382

### **SESSIONE VI**

#### **ESPERIENZE E CASI STUDIO NEL SETTORE AGRO-ALIMENTARE**

Life cycle methodologies and social agrarian metabolism approach  
to assess agroecology practices in mediterranean olive growing:  
a methodological framework in the international “sustainolive” project .....391

Assessing Climate Change impacts of typical Sardinian sheep cheese production:  
The Pecorino Sardo and Fiore Sardo case study. .... 399

Social Life Cycle Assessment degli Allevamenti Suini intensivi in Italia:  
Indicatori e Scale di Valutazione..... 407

A proposal of customized Life Cycle model to circularity challenges in the olive-oil supply chain..... 417

LCA e Emery come strumenti di individuazione e valorizzazione  
di pratiche agricole circolari: un caso studio in Toscana ..... 426

Environmental life cycle assessment of typical organic carrot in central Italy ..... 434

Messa a punto di un protocollo di gestione della sommersione per una risicoltura più sostenibile..... 442

### **SESSIONE POSTER IV**

A Comparative Life Cycle Assessment of Conventional and  
Organic Hazelnuts Production systems in Center Italy ..... 451

The role of users in addressing environmental impacts in LCA: a literature review..... 460

Applicazione metodologia mista LCA e UI/UX al contesto autoproduzione per la creazione di green skills.....	<b>468</b>
Life Cycle Assessment of Composite Materials: a literature review .....	<b>476</b>
Simplified Life Cycle Assessment (LCA) of a semi-finished aluminium product .....	<b>483</b>
Abbattimento delle emissioni dalle porcelaine attraverso scrubber con soluzione di acido citrico .....	<b>490</b>

## Impatti ambientali delle perforazioni petrolifere: il contributo della “scarpa di cementazione”

Margherita Chiavaroli<sup>1</sup>, Raffaella Taddeo<sup>1\*</sup>, Ioannis Arzoumanidis<sup>1</sup>, Alberto Simboli<sup>1</sup>, Anna Morgante<sup>1</sup>

*Abstract:* Il presente articolo affronta, in una prospettiva di ciclo di vita, la valutazione degli impatti ambientali di un manufatto tipico del processo di estrazione del petrolio, la scarpa di cementazione, o float shoe, che costituisce uno degli elementi utilizzati nella cementazione dei pozzi dopo la loro perforazione. L'analisi si basa su un caso studio di un'azienda leader del settore. I dati primari raccolti riguardano la produzione di una scarpa di cementazione -float shoe- in una prospettiva cradle to gate e sono stati elaborati tramite il software CCaLC2 al fine di identificare l'impatto ambientale complessivo e il contributo delle fasi produttive. I risultati ottenuti sono utili sia al completamento degli studi relativi alla valutazione degli impatti del ciclo di vita del petrolio in un segmento della filiera ancora poco investigato, che a fornire agli operatori del settore elementi utili al miglioramento delle performance ambientali del componente in esame.

### 1. Introduzione

Il settore petrolifero, a partire dalla crisi energetica degli anni '70, è ampiamente riconosciuto come uno tra i principali corresponsabili delle criticità ambientali associate al funzionamento dei sistemi economici contemporanei. Numerosi studi hanno investigato il contributo delle varie fasi del ciclo di vita del petrolio alla definizione dell'impatto complessivo di questo settore, valutando gli impatti generati sulla disponibilità di risorse fossili, i consumi energetici e le emissioni dei processi di raffinazione, la produzione, l'uso e la dismissione di materie plastiche da esso derivanti, gli impatti relativi al suo impiego come carburante e come combustibile per la produzione di energia (Bathrinath et al., 2021; Liu et al., 2020; Foroozfar, 2017). Poco studiato risulta, sinora, il tema degli impatti del processo di estrazione, ed in particolare delle tecnologie e delle tecniche utilizzate per la realizzazione del pozzo, il suo sfruttamento e la sua chiusura.

Il presente articolo intende fornire un contributo in questa direzione affrontando, in una prospettiva di ciclo di vita, la valutazione degli impatti ambientali di un manufatto tipico del processo di estrazione, la scarpa di cementazione.

La scarpa o *float shoe* è uno degli elementi utilizzati nella cementazione dei pozzi di petrolio dopo la loro perforazione. L'analisi si basa su un caso studio di un'azienda leader nella prospezione, realizzazione e sfruttamento di giacimenti petroliferi. I dati raccolti riguardano i materiali e l'energia utilizzati nella produzione di una *float shoe* e sono stati elaborati tramite il software CCaLC2, al fine di identificare l'impatto ambientale complessivo ed il contributo relativo delle varie fasi. Sono state altresì identificate alcune soluzioni migliorative, di cui è stato quantificato

---

<sup>1</sup>Università degli Studi “G. d'Annunzio” di Chieti-Pescara

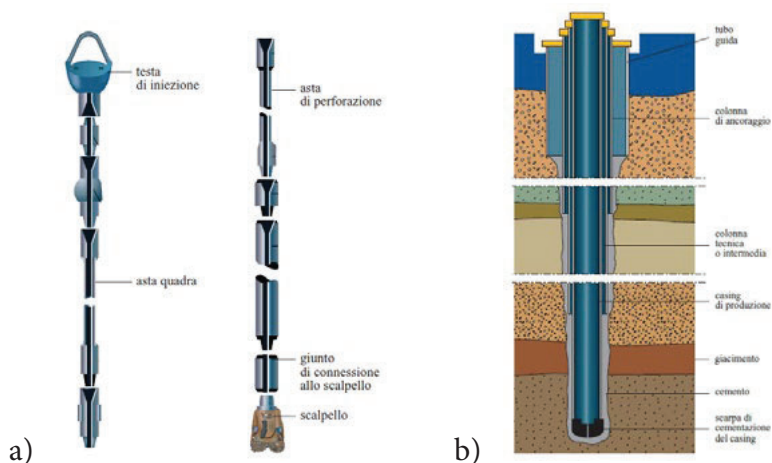
\* Email: [r.taddeo@unich.it](mailto:r.taddeo@unich.it)

il prevedibile beneficio ambientale ed economico. I risultati ottenuti sono utili, da un punto di vista teorico-metodologico, al completamento degli studi relativi alla valutazione degli impatti del ciclo di vita del petrolio, integrando una fase ancora poco nota ed i cui dati sono scarsamente disponibili; da un punto di vista più applicativo, a fornire agli operatori del settore elementi utili all'individuazione delle criticità ambientali relative al componente in esame e alla scelta delle misure contenitive o migliorative più adeguate.

## 2. Il sistema-prodotto analizzato

La struttura di un pozzo petrolifero - Il settore oil & gas può essere suddiviso in tre macroaree: i) *upstream*: esplorazione e produzione di petrolio e gas naturale; ii) *midstream*: immagazzinamento e trasporto; iii) *downstream*: conversione delle risorse in carburante e prodotti finiti (comprende la raffinazione, la distribuzione e la vendita). Gli attori che operano nel settore petrolifero si distinguono in *operator* e *service company*, macroarea in cui ricade il contesto produttivo analizzato. Gli impianti più utilizzati nel campo dell'esplorazione e della produzione degli idrocarburi prendono il nome di "impianti rotary". Il terreno viene perforato tramite un utensile tagliente (*scalpello*) che viene ruotato e spinto nella roccia per mezzo di aste di perforazione, avvitate l'una sull'altra, formando così la *batteria di perforazione* (Fig. 1a), un insieme di aste cave, estese dalla superficie fino a fondo pozzo. Dopo aver perforato un certo tratto, per garantirne la stabilità, è necessario rivestire il pozzo con dei tubi (c.d. *casing* o *colonna di rivestimento*) uniti con giunti filettati. L'intercapedine tra foro e casing (*annulus*) viene poi riempita con del cemento per assicurarne la tenuta. Il numero di casing dipende dalla profondità del pozzo, dalle difficoltà di perforazione e dall'obiettivo. Al termine della perforazione, il pozzo si configura come una serie di tubazioni concentriche di diametro decrescente (Fig. 1b). I casing sono formati da tubi in acciaio senza saldatura uniti tra loro da manicotti filettati. Il primo tubo di rivestimento che viene sceso nel pozzo è dotato di una *scarpa di cemento* (float shoe) e una *valvola di non ritorno*: questi due elementi servono a facilitare la discesa della colonna di rivestimento e ad impedire il reflusso dei fluidi (*slurry*) (Eni, 2007).

Figura 1: a) La batteria di perforazione; b) Il casing o colonna di rivestimento



I Float Equipment - Float shoes e float collars (in generale "float equipment") sono dispositivi meccanici utilizzati nel foro di perforazione e nel posizionamento del cemento intorno al casing. La float shoe (Fig. 2) ha un profilo arrotondato e una valvola di non ritorno nella parte inferiore



che impedisce il flusso inverso del cemento dall'*annulus* al *casing*. Allo stesso tempo, la float shoe guida il casing verso il centro del foro per ridurre al minimo il rischio di colpire sporgenze di roccia mentre il casing viene calato nel pozzo. La parte esterna della float shoe è in acciaio e generalmente corrisponde alle dimensioni e alla filettatura del casing. L'interno è solitamente realizzato in cemento o materiale termoplastico in quanto deve poter essere perforato se necessario.

Figura 2: La scarpa di cementazione



Il sito e il processo produttivo di riferimento - Le attività lavorative che vengono svolte nel sito produttivo analizzato consistono nella produzione di float shoes e float collar per la costruzione di pozzi nel settore petrolifero e geotermico e nelle attività di manutenzione delle attrezzature di perforazione. Le fasi che portano alla produzione di una scarpa di cementazione possono essere descritte come di seguito: un tubo di acciaio viene tagliato in più pezzi che vengono poi inviati ad una lavorazione esterna di filettatura. Una volta rientrati, essi vengono posizionati su di una forma e al loro interno viene inserita una valvola di non ritorno in plastica. Il cemento, che viene impastato all'interno dello stabilimento, viene poi colato all'interno dello shell (involucro cilindrico in acciaio). Esso poi viene sottoposto ad un trattamento di stagionatura, verniciato ed imballato con lastre di truciolato, imballaggi metallici e un film protettivo.

### 3. Lo studio condotto

#### 3.1. Strumenti e metodi

L'analisi del ciclo di vita è stata condotta su una float shoe di dimensioni 9-5/8, con l'obiettivo di tracciare un profilo ambientale del manufatto e individuare quali sono le fasi con un maggiore impatto ambientale per le varie categorie di impatto prese in considerazione.

L'*unità funzionale* (UF) rispetto alla quale sono stati valutati i potenziali impatti è costituita dal prodotto in esame, ovvero da 1 unità di float shoe, composta da uno *shell* in acciaio, calces-truzzo colato all'interno ed una valvola di non ritorno in materiali fenolici e bronzo.

I *confini del sistema* analizzato includono: estrazione delle materie prime impiegate nelle quantità più significative (acciaio, cemento, resina fenolica, bronzo); trasporto allo stabilimento di produzione; realizzazione del prodotto (*cradle to gate*). In questo studio preliminare si è deciso di non considerare le fasi che vanno oltre la produzione in quanto le scarpe di cementazione vengono inviate a clienti localizzati in tutto il mondo e, in seguito, trasportate da loro nel pozzo in cui verranno utilizzate. Per l'impossibilità di tracciarle in maniera dettagliata, si è deciso di escludere dall'analisi le fasi della distribuzione; trasporto in pozzo; avvitarlo al casing; discesa in pozzo; uso; estrazione e dismissione.

I dati utilizzati per l'analisi del ciclo di vita della scarpa 9-5/8 sono riferiti al periodo luglio 2019 - gennaio 2020. I dati diretti sono stati raccolti attraverso sopralluoghi, interviste e misurazioni dirette. I dati indiretti provengono dai database presenti nel software utilizzato.

Il software *open-source* impiegato per l'analisi è CCaLC, nella versione CCaLC2 (ver. 1.7 del 12.12.2016). Si tratta di un software semplificato, sviluppato dal Sustainable Industrial Systems group dell'Università di Manchester (Manchester University, 2021). Il software è basato su un approccio di LCA semplificata (Arzoumanidis et al., 2017); esso si concentra, infatti, principalmente su una categoria di impatto (cambiamenti climatici) ma fornisce alcune informazioni anche su altre categorie (acidificazione, eutrofizzazione, assottigliamento dello strato di ozono, smog fotochimico, tossicità umana), anche se solo parzialmente dato che i flussi elementari di riferimento non sono sempre disponibili. Inoltre, non viene effettuato alcun confronto tra le varie categorie di impatto (normalizzazione).

Il CCaLC2 contiene principalmente due database: CCaLC ed una parte di Ecoinvent. Il database CCaLC è costituito dai dati pubblici e dati generati nel corso dello sviluppo del software. Il database Ecoinvent è un database privato che è stato incluso in CCaLC con l'autorizzazione di Ecoinvent. Inoltre, esiste la possibilità di creare un database utente.

### 3.2. Inventario

La fase di inventario ha riguardato un'analisi dei flussi materici ed energetici nell'ambito della fase di produzione della scarpa. I dati diretti raccolti hanno permesso di costruire un diagramma rappresentativo dei flussi materici ed energetici in input e in output rispetto al sistema considerato. Le fasi in cui è articolata la produzione e che sono state considerate nell'analisi sono: taglio tubo, assemblaggio (preceduta da alcune lavorazioni esterne), impasto e colata del calcestruzzo, stagionatura, verniciatura ed imballaggio. Il software dà la possibilità di inserire massimo dieci fasi di produzione, nel caso della presente analisi sono state inserite sette fasi, come si può vedere nella figura 3:

Figura 3: Le fasi analizzate

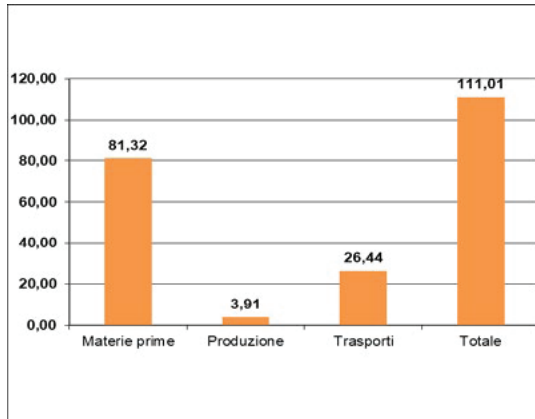


Tra gli input più significativi del processo, emersi in fase di inventario, si rilevano: *acciaio, cemento portland, energia elettrica, oli lubrificanti e sformanti, vernici, grasso, resine fenoliche, imballaggi in acciaio e polietilene a bassa densità*; tra gli output più significativi emersi si rilevano: *scarti e trucioli di acciaio, scarti di cemento, scarti di polietilene, acque reflue, scarti di vernice*. Alcuni materiali ed emissioni non sono stati inseriti nell'analisi, nonostante si conoscessero le caratteristiche e le quantità utilizzate nella produzione della float shoe, perché non trovati in nessuno dei due database considerati. Inoltre, non sono stati considerati gli imballaggi delle materie prime.

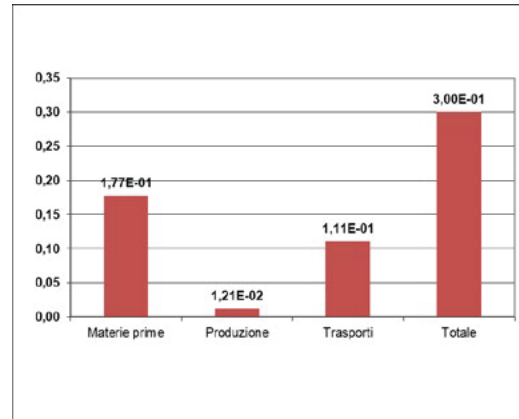
### 3.3. Risultati

I risultati dell'analisi del ciclo di vita riferiti ad una unità di float shoe sono esposti in relazione alle seguenti categorie di impatto: riscaldamento globale, acidificazione, eutrofizzazione, assottigliamento dell'ozono atmosferico, smog fotochimico e tossicità umana. Di seguito vengono riportati i grafici risultanti dall'analisi svolta con il software CCaLC2.

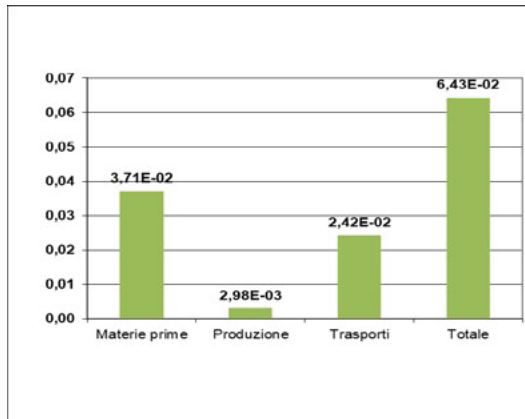
Figura 4: Risultati LCIA



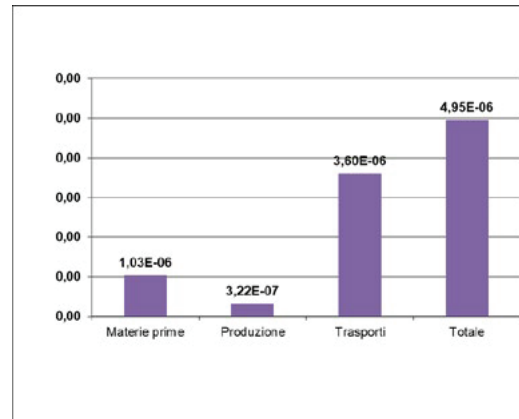
Riscaldamento globale, in Kg di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) Equivalente



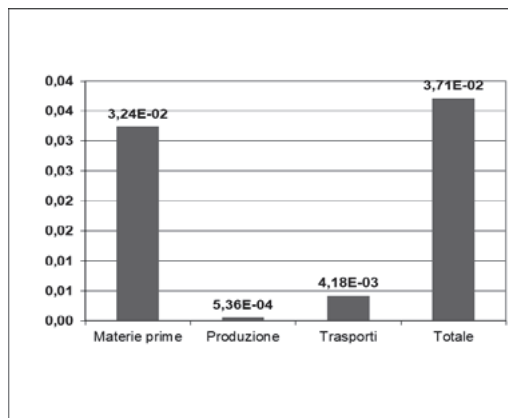
Acidificazione, in Kg di anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) Equivalente



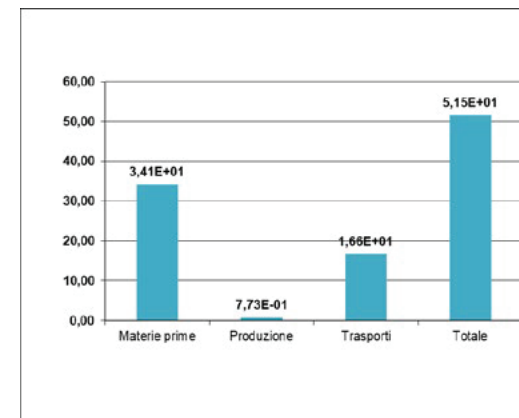
Eutrofizzazione, in Kg di fosfato (PO<sub>4</sub>) Equivalente



Assottigliamento dell'ozono atmosferico, in Kg di triclorofluorometano (R11) Equivalente



Smog fotochimico, in Kg di etilene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) Equivalente



Tossicità umana, in Kg di diclorobenzene Equivalente

### 3.4. Discussione

Dall'analisi dei risultati riportati nella figura 4, considerate le criticità ambientali derivanti dai processi analizzati (estrazione delle materie prime, processi di produzione -sia lavorazioni interne che esterne- e dai trasporti -sia in ingresso che per lavorazioni esterne-), sono state ipotizzate alcune soluzioni, volte a migliorare le performance ambientali del prodotto nel suo ciclo vita:

i) *soluzioni più "radicali"* prevederebbero interventi in fase di progettazione del prodotto (volte ad abbattere gli impatti della categoria "materie prime"), e la valutazione di soluzioni di riduzione e/o sostituzione di materiali. Tali soluzioni, considerate le caratteristiche del settore, prevederebbero un significativo coinvolgimento dei clienti e dei test in fase d'uso, difficilmente attuabili in un orizzonte di breve periodo;

ii) *miglioramenti di carattere produttivo e logistico sulla filiera*: se, ad esempio, il produttore della scarpa di cementazione decidesse di demandare al produttore del tubo anche le fasi di taglio e filettatura, si otterrebbero vantaggi sia ambientali (eliminazione dei trasporti verso e da i conto-terzisti e di alcuni imballaggi secondari), che economico-organizzativi (costi e tempi dei trasporti, delle movimentazioni e degli imballaggi).

Da una simulazione effettuata su un arco temporale di un esercizio commerciale (ipotizzando una costanza dei dati di vendita dell'anno precedente rispetto allo studio condotto) è emerso che, intervenendo sul sistema-prodotto, anche solo attraverso i miglioramenti minori su citati, si otterrebbe:

- dal punto di vista economico, un risparmio di circa 60.000 euro l'anno per il produttore della float shoe;
- dal punto di vista ambientale, comparando i due scenari (il secondo senza trasporti per lavorazioni esterne), una riduzione (espressa in termini di CO<sub>2</sub> eq/f.u. totale) da 111,01 a 110,3 kg

ad ulteriore dimostrazione che le analisi basate sul ciclo di vita possono fornire preziose indicazioni per il miglioramento dell'efficienza economica ed ambientale dei sistemi di produzione. Per tale ragione, i futuri sviluppi dello studio prevedono una estensione delle fasi considerate anche all'uso e al fine-vita della float shoe.

### 4. Conclusioni

Il presente articolo descrive i risultati ottenuti da uno studio condotto al fine di valutare gli impatti ambientali del processo di produzione di una scarpa di cementazione o float shoe, un componente ausiliario utilizzato nel processo di perforazione di pozzi petroliferi. L'analisi è stata svolta seguendo le regole di una LCA semplificata e, con l'uso del software CCaLC2, si è giunti ad individuare le fasi del ciclo di vita con un maggiore impatto ambientale potenziale. I risultati ottenuti hanno permesso di mettere allo studio una soluzione alternativa per ridurre alcuni trasporti ed imballaggi che ha come conseguenza diretta una riduzione dei costi e del carico ambientale. L'analisi svolta, inoltre, costituisce una base di partenza per poter eseguire in futuro un'analisi del ciclo di vita più approfondita e per individuare ulteriori nuove soluzioni che conducano a vantaggi sia economici che ambientali.

## 5. Bibliografia

- Bathrinath, S, Abuthakir, N, Koppiahraj, K, Saravanasankar, S, Rajpradeesh, T, Manikandan, R, 2021. An initiative towards sustainability in the petroleum industry: A review. *Materials Today: Proceedings*. In press.
- Liu, Y, Lu, S, Yan, X, Gao, S, Cui, X, Cui, Z, 2020. Life cycle assessment of petroleum refining process: A case study in China. *Journal of Cleaner Production*. 256, 1-10.
- Foroozanfar, M, 2017. Environmental Control in Petroleum Operations. *Journal CleanWAS*. 1, 18-22.
- Eni, 2007. *Enciclopedia degli idrocarburi*. Marchesi Grafiche S.p.A., Roma.
- Manchester University, 2021. Carbon Calculations over the Life Cycle of Industrial Activities: CCaLC2 Carbon Footprinting Tool, consultato a Luglio 2021, <<http://www.ccalc.org.uk/index.php>>.
- Arzoumanidis, I, Salomone, R, Petti, L, Mondello, G, Raggi, A, 2017. Is there a simplified LCA tool suitable for the agri-food industry? An assessment of selected tools. *Journal of Cleaner Production*. 149, 406-425.