

Nuovi fattori di caratterizzazione per la riduzione dello strato di ozono stratosferico

Stefano Puricelli¹, Anne van den Oever², Stefano Cernuschi¹, Mario Grosso¹, Lucia Rigamonti¹

¹ Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

² Vrije Universiteit Brussel, Department of Electric Engineering and Energy Technology



XIX Convegno
dell'Associazione
Rete Italiana LCA

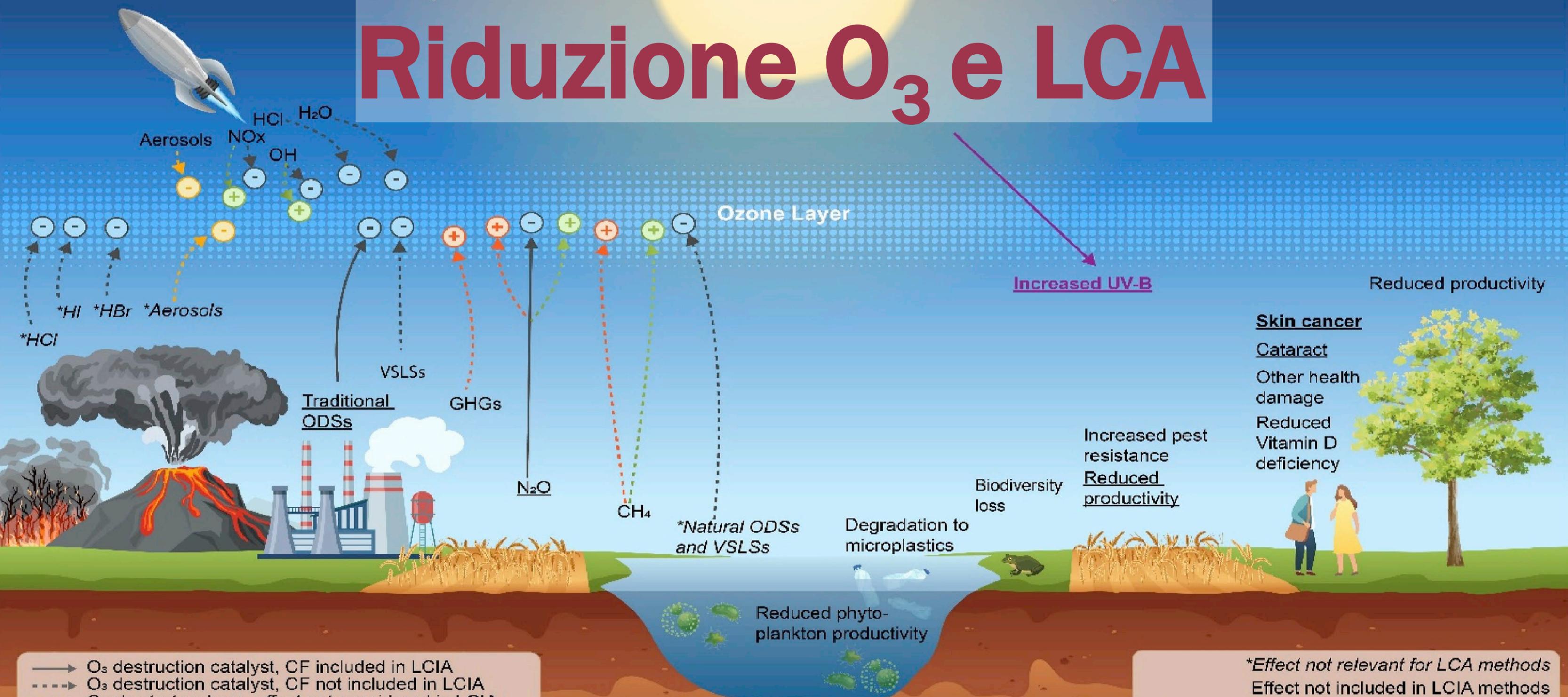
**Transizione sostenibile,
competitività e innovazione:
il ruolo della Life Cycle Assessment**

**19, 20 e 21 marzo 2025
CORTINA D'AMPEZZO**

Midpoint

Endpoint

Riduzione O₃ e LCA



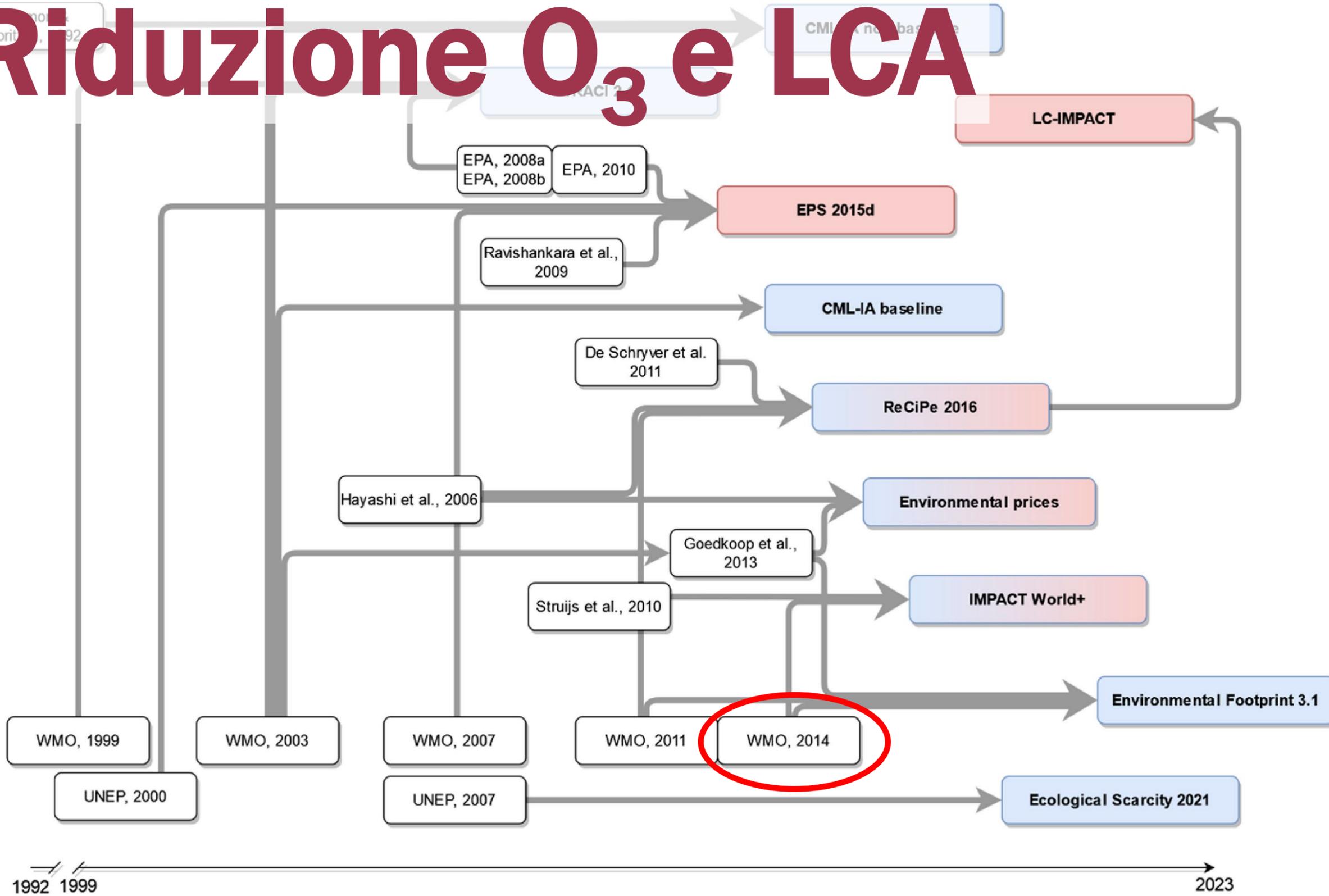
—→ O₃ destruction catalyst, CF included in LCIA
 - - - - -→ O₃ destruction catalyst, CF not included in LCIA
 ·····→ Cools stratosphere, effect not considered in LCIA
 - - - - -→ Reactive surface, effect not considered in LCIA
 ·····→ Inactivates reactive Cl, effect not considered in LCIA

**Effect not relevant for LCA methods*
 Effect not included in LCIA methods
 Effect (partially) included in some LCIA methods
Effect included in all LCIA endpoint methods



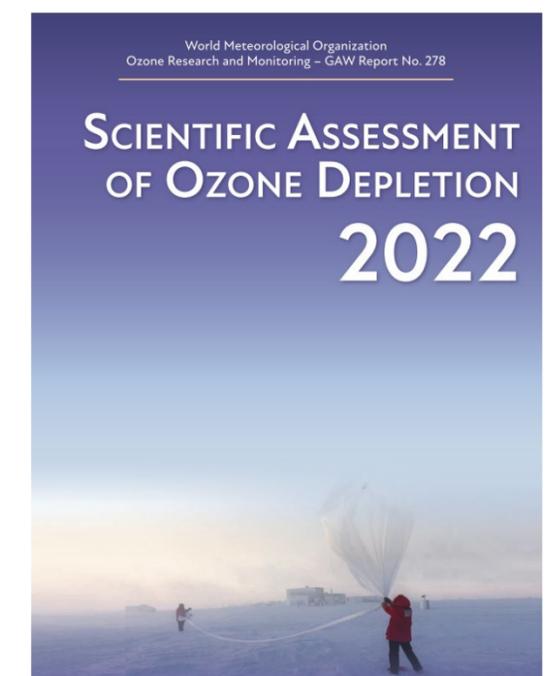
Riduzione O₃ e LCA

doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100196



Nel 2024, la fonte più recente utilizzata dai metodi LCIA risale al 2014.

È stato deciso di aggiornare i fattori di caratterizzazione (FC), sfruttando l'ultimo report dell'OMM.



ISBN: 978-9914-733-99-0

Ozone Depletion Potential

- Indica l'effetto distruttivo di una sostanza sui meccanismi di distruzione dell'ozono lungo tutta la sua permanenza atmosferica
- Il triclorofluorometano (CFC-11) è la sostanza di riferimento, con ODP pari a 1
- Gli ODP delle altre sostanze sono espressi in kg CFC-11 eq./kg
- L'impatto a livello midpoint, in un LCA, viene calcolato come segue:

$$\text{Impatto}_{\text{midpoint}}(\text{kg CFC} - 11 \text{ eq.}) = \sum_i (m_i \text{ ODP}_i)$$

Il metodo *WMO* 2022

- 319 sostanze ozono lesive
- Orizzonte temporale infinito o a 100 anni
- Importabile su SimaPro 9.5.0.2, Activity Browser 2.9.4, Brightway 2 2.4.4 e Brightway25 1.0.6
- Disponibile online da novembre 2024



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Data in Brief

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



Data Article

Dataset with updated ozone depletion
characterization factors for life cycle impact
assessment



Anne E.M. van den Oever^{a,*}, Stefano Puricelli^b, Daniele Costa^c,
Nils Thonemann^d, Maeva Lavigne Philippot^a, Maarten Messagie^a

doi.org/10.1016/j.dib.2024.111103

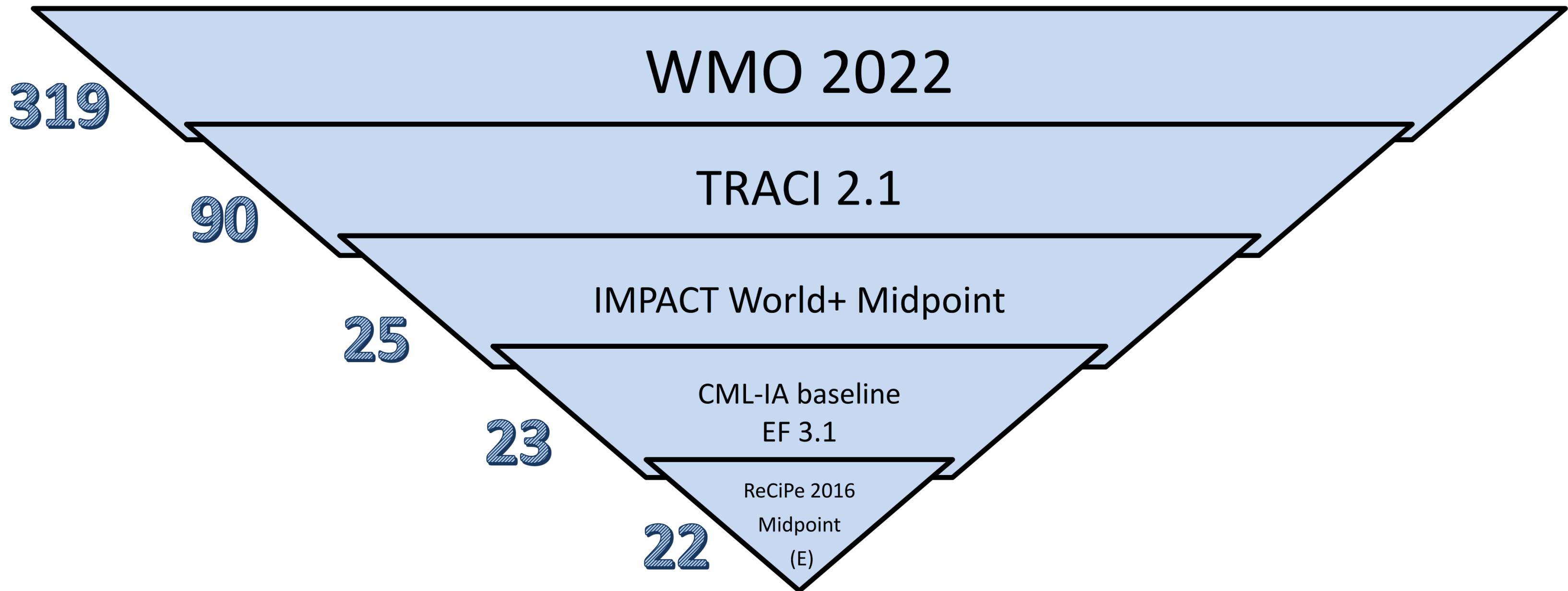
Confronto con altri metodi LCIA

Metodo WMO 2022
(orizzonte temporale infinito)

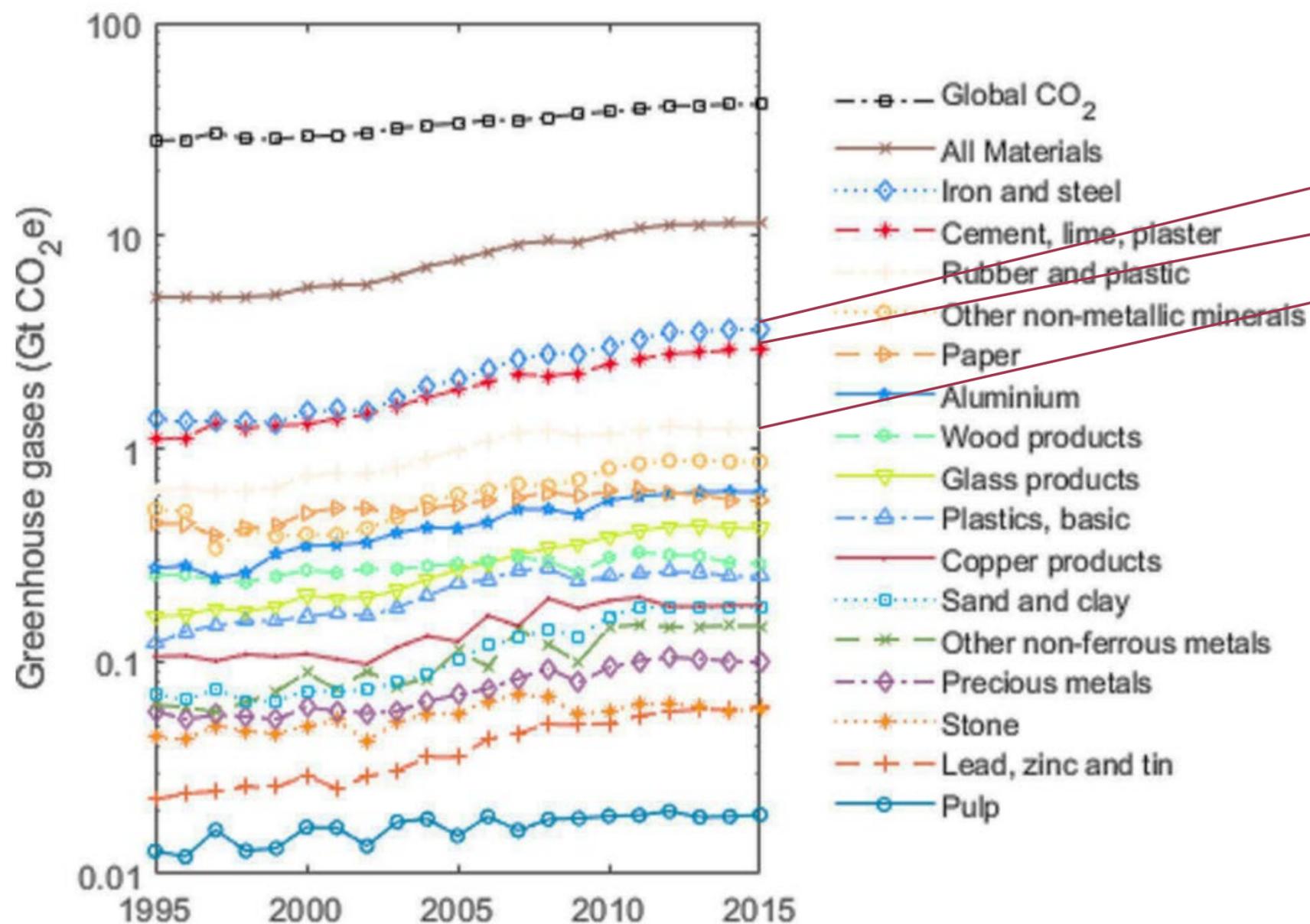
- CML-IA baseline
- Environmental Footprint 3.1
- IMPACT World+ Midpoint
- ReCiPe 2016 Midpoint (E)
- TRACI 2.1.

(metodi *midpoint* in SimaPro
9.5 che restituiscono
l'impatto in CFC-11 eq)

Numero di sostanze caratterizzabili



Materiali testati



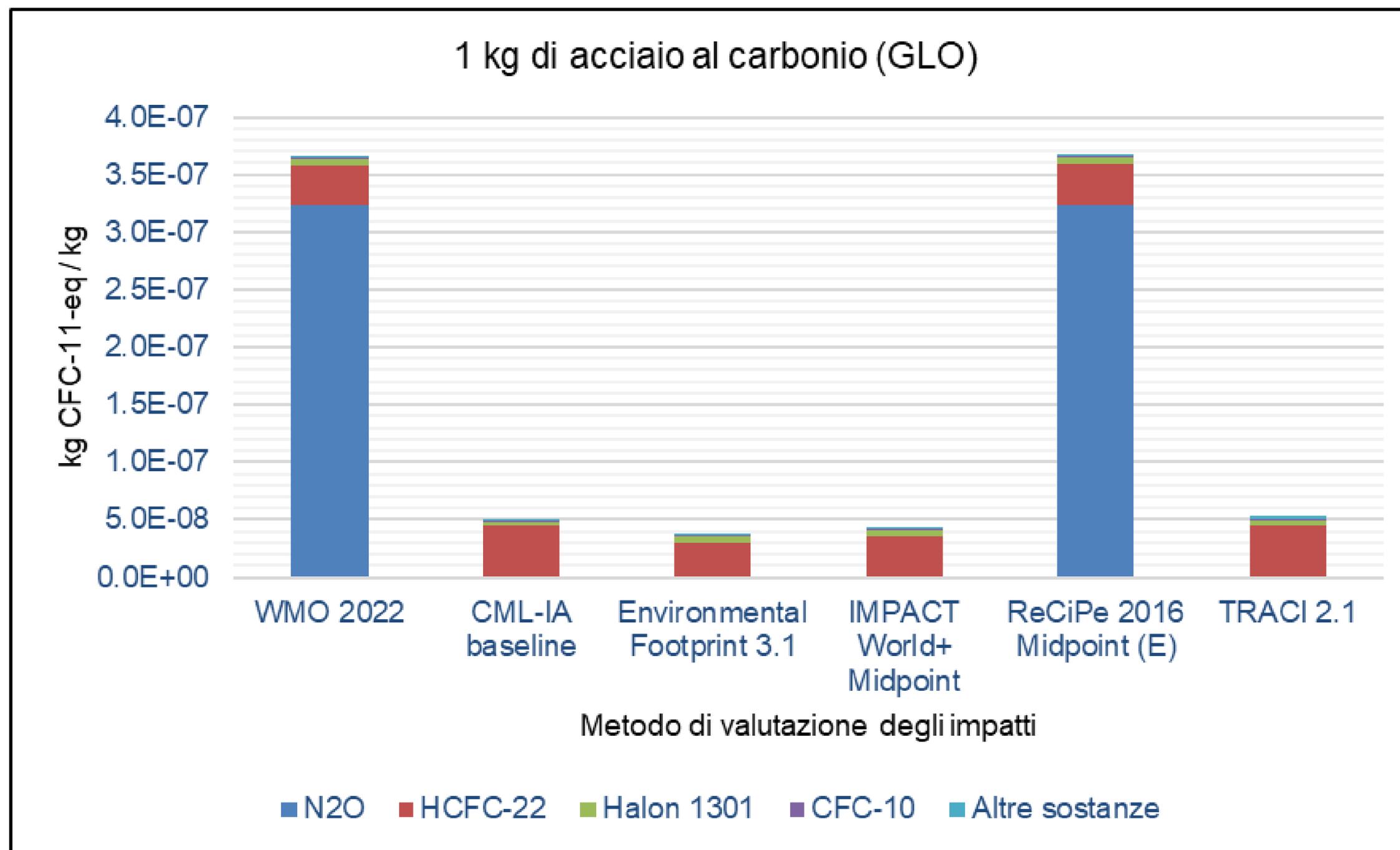
1 chilogrammo di:

- Acciaio al carbonio
- Cemento
- Granuli di polipropilene

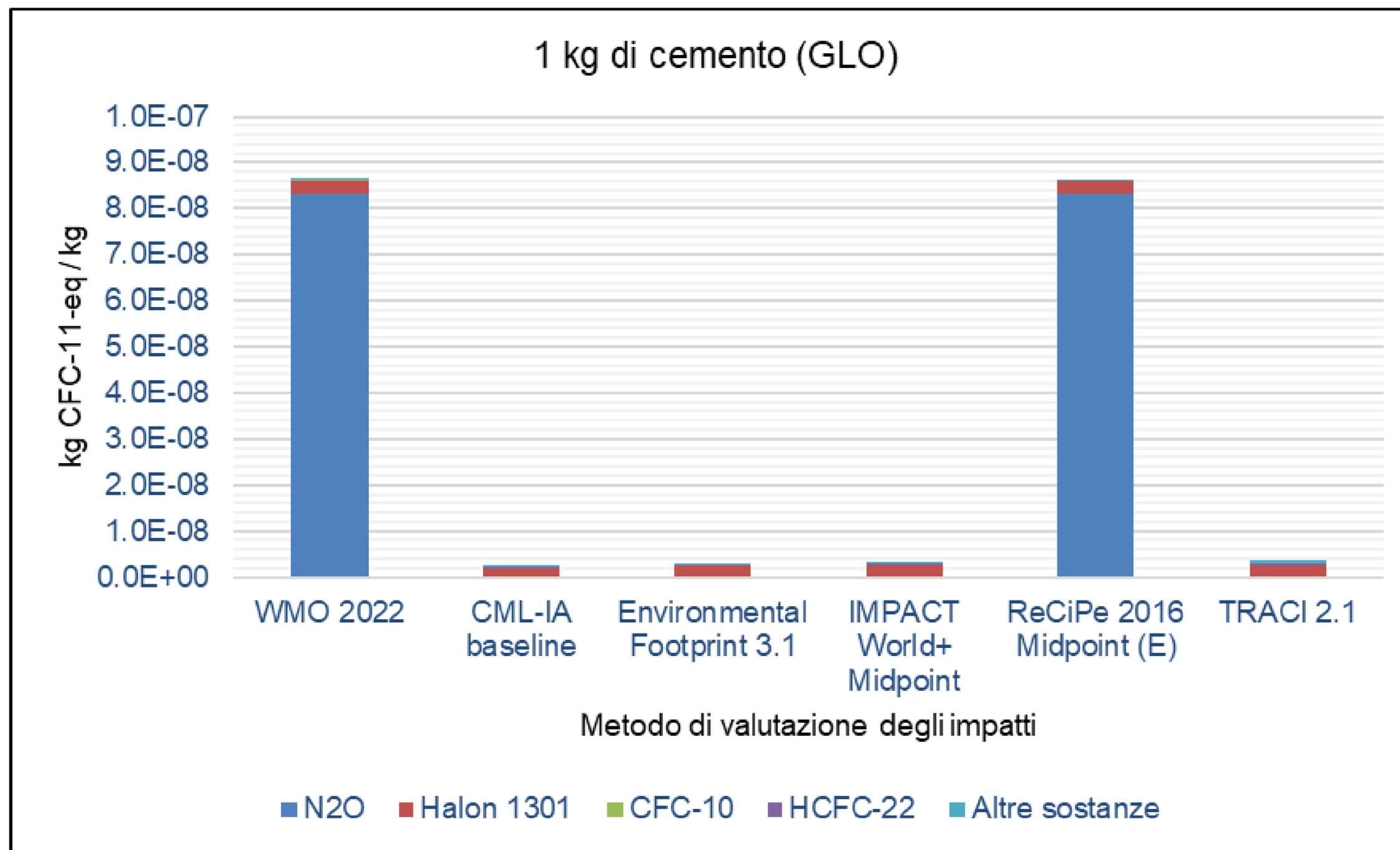
Processi diecoinvent 3.9.1:

- *Steel, unalloyed {GLO} | market for steel, unalloyed | Cut-off, U*
- *Cement, unspecified {GLO} | market group for cement, unspecified | Cut-off, U*
- *Polypropylene, granulate {GLO} | market for polypropylene, granulate | Cut-off, U*

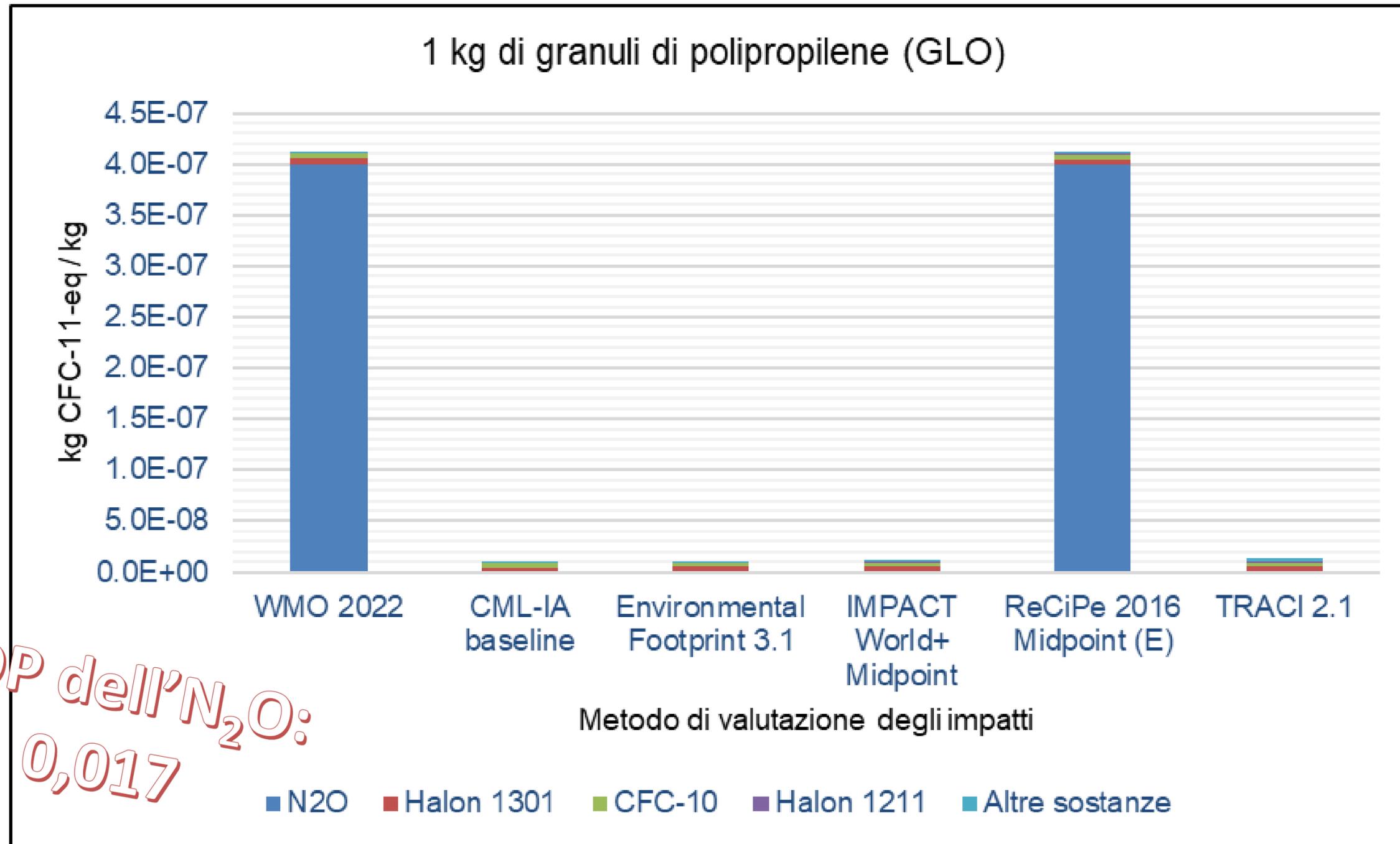
Risultati della fase LCIA



Risultati della fase LCIA



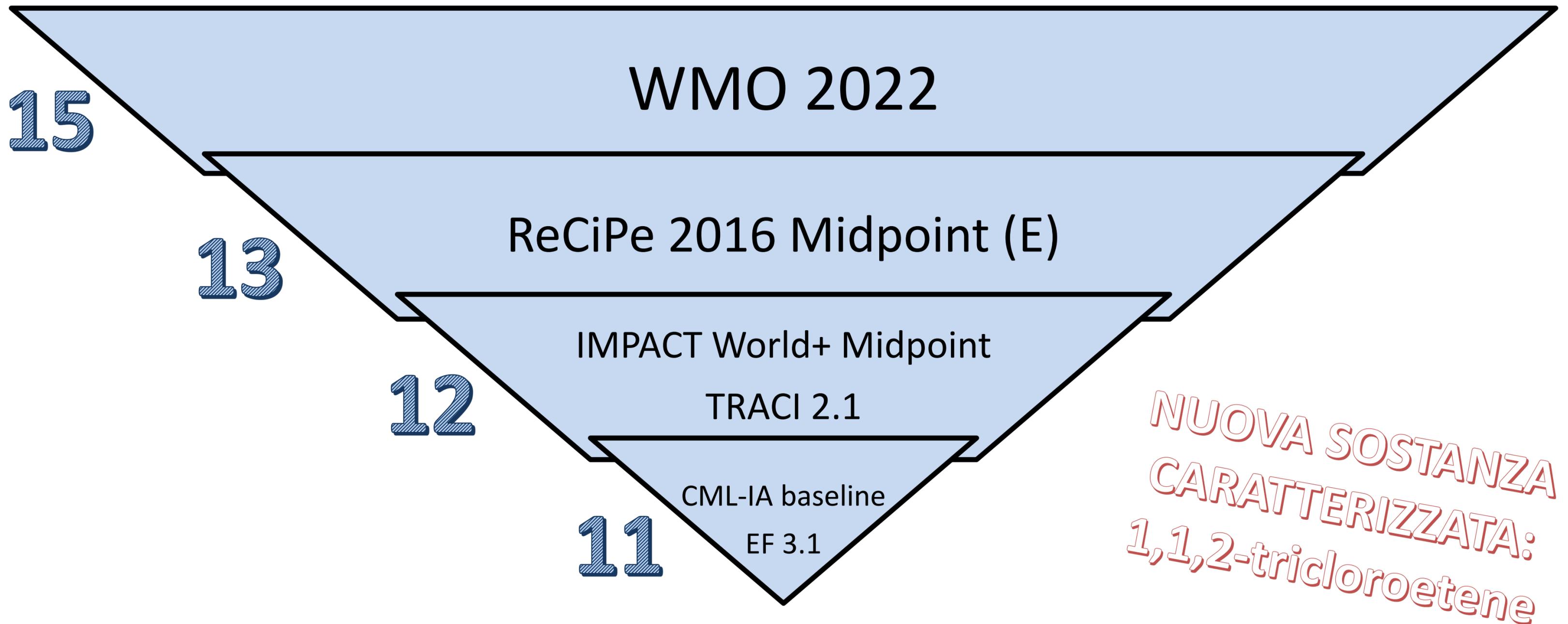
Risultati della fase LCIA



Risultati della fase LCIA

| Metodo di caratterizzazione | | Variazione percentuale dell'impatto | | |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|---------|--------------------------|
| | | Acciaio al carbonio | Cemento | Granuli di polipropilene |
| WMO 2022 in confronto a: | CML-IA baseline V3.09 | +627% | +3500% | +4129% |
| | Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00 | +888% | +2904% | +3826% |
| | IMPACT World+ Midpoint V1.03 | +753% | +2678% | +3590% |
| | ReCiPe 2016 Midpoint (E) V1.08 | -0.38% | +0.19% | +0.12% |
| | TRACI 2.1 V1.08 | +592% | +2368% | +3121% |

Numero di sostanze dell'inventario caratterizzate dai metodi testati



Fattori a confronto

| Sostanza ozono lesiva | Numero CAS | Fattore di caratterizzazione (kg CFC-11 eq./kg) per metodo di valutazione degli impatti e differenza percentuale rispetto al metodo WMO 2022 | | | | | |
|--------------------------|---------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | WMO 2022 | C | E | I | R | T |
| 1,1,1-tricloroetano | 71-55-6 | 0.12 | 0.12 (=) | 0.14 (+17%) | 0.16 (+33%) | 0.16 (+33%) | 0.12 (=) |
| 1,1,2-tricloroetene | 79-01-6 | 0.004 | - | - | - | - | - |
| CFC-11 | 75-69-4 | 1 | 1 (=) | 1 (=) | 1 (=) | 1 (=) | 1 (=) |
| CFC-12 | 75-71-8 | 0.75 | 1 (+33%) | 0.73 (-3%) | 0.82 (+9%) | 0.82 (+9%) | 1 (+33%) |
| CFC-113 | 76-13-1 | 0.82 | 1 (+22%) | 0.81 (-1%) | 0.85 (+4%) | 0.85 (+4%) | 1 (+22%) |
| Clorometano | 74-87-3 | 0.015 | 0.02 (+33%) | 0.015 (=) | 0.02 (+33%) | 0.02 (+33%) | 0.02 (+33%) |
| Halon 1001 | 74-83-9 | 0.57 | 0.38 (+33%) | 0.57 (=) | 0.66 (+16%) | 0.66 (+16%) | 0.51 (-11%) |
| Halon 1040 | 56-23-5 | 0.87 | 0.73 (-16%) | 0.72 (-17%) | 0.73 (-16%) | 0.82 (-6%) | 0.73 (-16%) |

Fattori a confronto

| Sostanza ozono lesiva | Numero CAS | Fattore di caratterizzazione (kg CFC-11 eq./kg) per metodo di valutazione degli impatti e differenza percentuale rispetto al metodo WMO 2022 | | | | | |
|---------------------------|---------------|--|----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|
| | | WMO 2022 | C | E | I | R | T |
| Halon 1211 | 353-59-3 | 7.1 | 6 (-15%) | 6.9 (-3%) | 7.9 (+11%) | 7.9 (+11%) | 7.1 (=) |
| Halon 1301 | 75-63-8 | 17 | 12 (-29%) | 15.2 (-11%) | 15.9 (-6%) | 15.9 (-6%) | 15.9 (-6%) |
| HCFC-21 | 75-43-4 | 0.036 | - | - | - | - | 0.04 (+11%) |
| HCFC-22 | 75-45-6 | 0.038 | 0.05 (+32%) | 0.034 (-11%) | 0.04 (+5%) | 0.04 (+5%) | 0.05 (+32%) |
| HCFC-124 | 2837-89-0 | 0.022 | 0.02 (-9%) | 0.022 (=) | 0.02 (-9%) | 0.02 (-9%) | 0.022 (=) |
| Idrocarburi, clorurati | - | 6.62E-03 | - | - | 0.00617 (-7%) | 6.62E-03 (=) | - |
| Protossido di azoto | 10024-97-2 | 0.017 | - | - | - | 0.017 (=) | - |

Conclusioni

- Il metodo *WMO 2022*:
 - Fornisce risultati più aggiornati nella fase di caratterizzazione...
 - ...rendendo più affidabili i risultati normalizzati e pesati
 - Caratterizza un numero superiore di sostanze ozono lesive (319), includendo l' N_2O
 - È già utilizzabile in SimaPro, Activity Browser e Brightway e potrebbe essere implementato in altri software
 - È stato pubblicato a novembre 2024...
 - ...e a dicembre 2024 gli sviluppatori di Impact World+ hanno rilasciato la versione 2.1 in cui è stato fatto un analogo lavoro di aggiornamento
- E' raccomandabile in futuro:
 - Aggiornare i database per LCA, rendendoli più coerenti con il Protocollo di Montreal
 - Ad esempio, l'halon 1301 è tra le principali cause di impatto nei processi ecoinvent ed è legato ai sistemi antincendio degli stabilimenti petroliferi. La produzione di halon 1301 è però vietata dal 2010 a livello globale e il suo uso in tale tipo di industrie è vietato in UE dal 2020. Questo può sovrastimare gli impatti.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA

XIX Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA

Grazie

Stefano Puricelli



Assessment on WASTE
and RESources



POLITECNICO
MILANO 1863

