



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO



# Sviluppo di un database di Life Cycle Inventory dei prodotti agroalimentari italiani: implementazione nella filiera agrumicola/agrumaria.

**Giacomo Falcone**

Dipartimento di Agraria, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria



# PROGETTO ILCIDAF

Mancanza di una banca dati LCA italiana relativa al settore agroalimentare

Il progetto «Italian Life Cycle Inventory Database of Agrifoods» (ILCIDAF), finanziato dal MUR (Progetto PRIN 2017), cerca di superare questa limitazione con l'obiettivo di sviluppare una banca dati LCI italiana dei prodotti agroalimentari più significativi.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI BARI  
ALDO MORO



DIPARTIMENTO JONICO  
SISTEMI GIURIDICI ED ECONOMICI  
DEL MEDITERRANEO  
SOCIETÀ, AMBIENTE, CULTURE



Università  
degli Studi di  
Messina



Università degli Studi  
**Mediterranea**  
di Reggio Calabria



Università degli studi  
"G. d'Annunzio"



# DATASET ESISTENTI



WORLD FOOD  
LCA DATABASE

No. of datasets for each supply chain	Database					Total
	Agri-footprint v4.0	LCA FOOD DK	Ecoinvent v3.0	Agribalyse v3.0	WFLDB v3.5.1	
Wheat-based products (no. of total datasets)	236	48	23	50	64	421
Wheat-based products (no. of datasets related to Italian product systems)	6	0	0	0	3	9
Olive oil (no. of total datasets)	0	0	4	1	5	10
Olive oil (no. of datasets related to Italian product systems)	0	0	1	0	1	2
Wine (no. of total datasets)	0	0	2	12	15	29
Wine (no. of datasets related to Italian product systems)	0	0	0	0	1	1
Citrus fruit (no. of total datasets)	0	0	18	21	33	72
Citrus fruit (no. of datasets related to Italian product systems)	0	0	0	0	0	0
<b>Total datasets per database</b>	<b>236</b>	<b>48</b>	<b>47</b>	<b>84</b>	<b>117</b>	<b>532</b>
<b>Total Italian datasets per database</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>12</b>

# Obiettivo del lavoro



La **raccolta dei dati di inventario** relativi a input e output dei singoli processi unitari della filiera agrumicola-agrumaria

## FASE AGRICOLA

PROGETTO PRIN 2017 -*“Promoting Agri-Food Sustainability: Development of an Italian Life Cycle Inventory Database of Agri-Food Products”*



# Raccolta dei dati e descrizione della metodologia



La raccolta dei dati di inventario relativi a input e output dei singoli processi unitari, che compongono il processo produttivo, è stata eseguita attraverso un approccio integrato basato sulla consultazione delle banche dati dell'Istituto Nazionale Italiano di Statistica (ISTAT), la consultazione dei disciplinari di produzione integrati regionali relativi all'anno 2021 e l'ausilio dei valori tabulati riportati nel prontuario di agricoltura Ribaudò (HOEPLI, Ed. 2017).

The International Journal of Life Cycle Assessment  
<https://doi.org/10.1007/s11367-021-02020-x>

DATA AVAILABILITY, DATA QUALITY



## Life cycle inventory data for the Italian agri-food sector: background, sources and methodological aspects

B. Notarnicola<sup>1</sup> · G. Tassielli<sup>1</sup> · P. A. Renzulli<sup>1</sup> · R. Di Capua<sup>1</sup> · G. Saija<sup>2</sup> · R. Salomone<sup>2</sup> · P. Primerano<sup>2</sup> · L. Petti<sup>3</sup> · A. Raggi<sup>3</sup> · N. Casolani<sup>3</sup> · A. Strano<sup>4</sup> · M. Mistretta<sup>4</sup>

Received: 19 October 2021 / Accepted: 21 December 2021  
© The Author(s) 2022

### Abstract

**Purpose** For the development of any life cycle assessment study, the practitioner frequently integrates primary data collected on-field, with background data taken from various life cycle inventory databases which are part of most commercial LCA software packages. However, such data is often not generally applicable to all product systems since, especially concerning the agri-food sector, available datasets may not be fully representative of the site specificity of the food product under examination. In this context, the present work investigates the background, sources and methodological aspects that characterise the most known commercial databases containing agri-food data, with a focus on four agri-food supply chains (olive oil, wine, wheat products and citrus fruit), which represent an important asset for the Italian food sector.

**Methods** Specifically, the paper entails a review of currently available LCI databases and their datasets with a twofold scope: firstly, to understand how agri-food data is modelled in these databases for a coherent and consistent representation of regional scenarios and to verify whether they are also suitable for the Italian context and, secondly, to identify and analyse useful and relevant methodological approaches implemented in the existing LCI databases when regional data are modelled.

**Results** Based on the aforementioned review, it is possible to highlight some problems which may arise when developing an LCI pertaining to the four Italian agri-food supply chains, namely:

1. The need for specific inventory datasets to tackle the specificities of agri-food product systems.
2. The lack of datasets, within the existing DBs, related to the Italian context and to the abovementioned supply chains. In fact, at present, in the currently available LCI DBs, there are very few (or in some cases none) datasets related to Italian wine, olive oil, wheat-based products and citrus fruit. The few available datasets often contain some data related to the Italian context but also approximate data with that of product systems representing other countries.

Furthermore, the present study allowed to identify and discuss the main aspects to be used as starting elements for modelling regional data to be included in a future Italian LCI database of the abovementioned four supply chains.

**Conclusions** The results of the present study represent a starting point for the collection of data and its organisation, in order to develop an Italian LCI agri-food database with datasets which are representative of the regional specificities of four agri-food supply chains which play an important role in the Italian economy.

**Keywords** Life cycle assessment (LCA) · LCI data · Pasta · Bread · Olive oil · Wine · Citrus fruit

### 1 Introduction

One of the fundamental methods connected with the implementation of the EU Integrated Product Policy (Heijungs et al. 2006) is life cycle assessment (LCA) (ISO 2006a,

2006b) which is used to evaluate the environmental profile of product systems, including that of agri-food (Notarnicola et al. 2015).

Typically, for the development of any LCA study, the practitioner will inevitably face the need to use reliable and accurate inventory data that, for the primary object and processes under study (the foreground system), will be collected on-field. Such data will be integrated with that of the upstream and downstream life cycle phases (the background system), which are often taken from databases (DBs), in

Communicated by Elena Neri.

✉ P. A. Renzulli  
pietro.renzulli@uniba.it

Extended author information available on the last page of the article

Published online: 08 January 2022

Springer

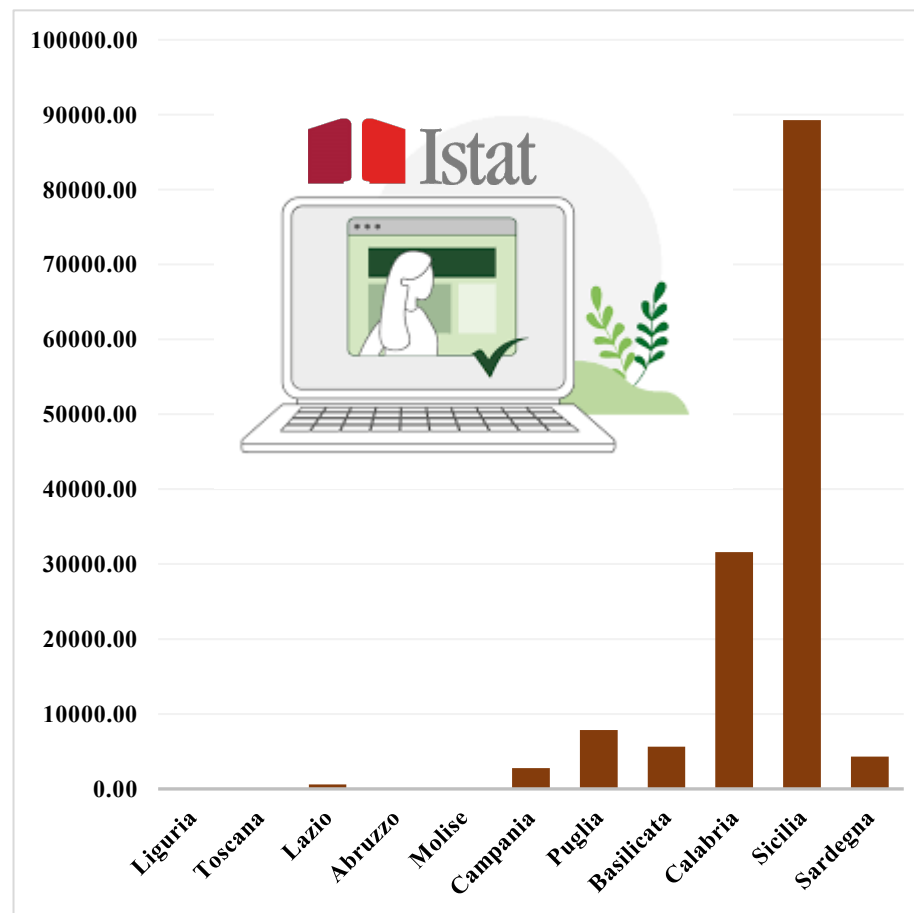
Notarnicola et al. "Life cycle inventory data for the Italian agri-food sector: background, sources and methodological aspects" International Journal of LCA, 2022

# La coltivazione di agrumi in Italia

Coltivazione di agrumi in Italia



L'Italia si colloca al **secondo posto** tra i più grandi produttori agrumicoli in Europa. La distribuzione nazionale degli agrumi vede una maggiore concentrazione nelle regioni meridionali, quali **Sicilia** e **Calabria**, con valori superiori all'**80%** (ISTAT, 2022).



Ripartizione regionali (ha) delle superfici agrumicole italiane nel periodo 2015-2020 (Fonte ISTAT, 2022).



# Categorie di agrumi

Dal database statistico sono state estrapolate le informazioni dettagliate su scala regionale e per **categoria di agrume** coltivato/prodotto, identificando le regioni interessate da produzioni significative.



CLEMENTINE



LIMONI



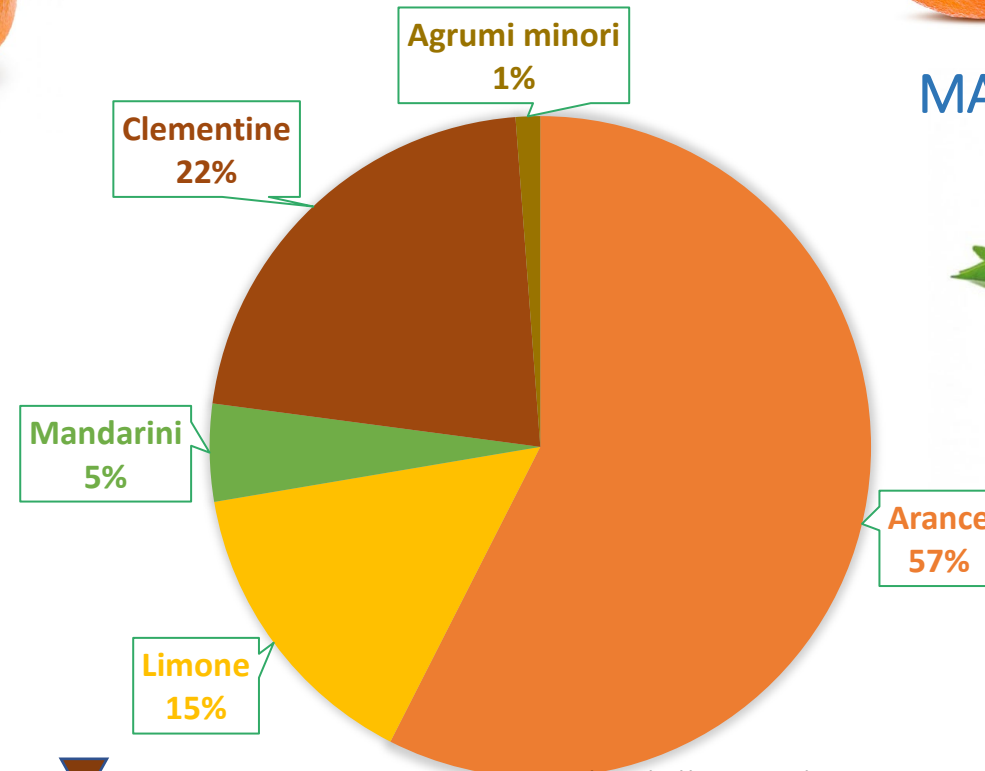
AGRUMI MINORI



MANDARINI

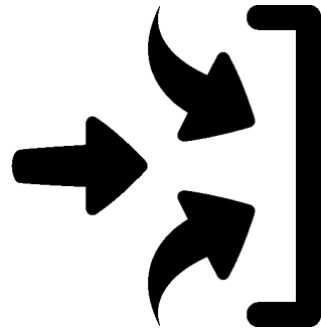


ARANCE



Ripartizione percentuale della produzione nazionale media (2015-2020) di agrumi distinti per categorie (Fonte ISTAT, 2022).

**INPUT  
DI PRODUZIONE**



**FERTILIZZANTI**



**AGROFARMACI**

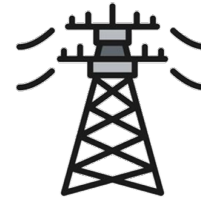


**DISERBANTI**

Disciplinari di Produzione Integrata (DPI) e nelle Guide Tecniche Agronomiche (GTA) relativi all'anno 2021



**CONSUMI  
IDRICI**



**CONSUMI  
ELETTRICI**



**CARBURANTI**



**LUBRIFICANTI**

Prontuario di agricoltura, Ribaud, edizione Hoepli 2017

**Unità Funzionale – UF pari a “1 tonnellata di prodotto fresco”.**



# Elaborazione dei dati e calcolo delle emissioni



Tipo	Nome	Quantità	Unità di misura
Risorse naturali	Occupazione del suolo	6,71E-02	ha
Input di materiale intermedio	N (Azoto)	7,30E+00	kg
Input di materiale intermedio	P (Fosforo)	3,58E+00	kg
Input di materiale intermedio	K (Potassio)	5,58E+00	kg
Input di materiale intermedio	Rame (Kg)	2,69E-01	kg
Input di materiale intermedio	Mancozeb (Kg)	2,01E-01	kg
Input di materiale intermedio	Pyriproxyfen (L)	1,01E-01	kg
Input di materiale intermedio	Fosmet (L)	1,68E-01	kg
Input di materiale intermedio	Azadiractine	2,01E-01	kg
Input di materiale intermedio	Olio minerale	2,01E+00	kg
Input di materiale intermedio	Carfentrazone	2,01E-03	kg
Input di materiale intermedio	Diflufenican	3,02E-02	kg
Input di materiale intermedio	Diesel	3,52E+00	kg
Input di materiale accessorio	Lubrificante	9,94E-02	kg
Input idrici (di rete, corpi idrici superficiali, di falda, ecc)	Acqua	3,95E+02	m <sup>3</sup>
Input Energia	Elettricità	3,69E+01	kWh
Input di materiale intermedio	Trasporto	1,15E+01	tkm



Tabella 1. Esempio di input di processo considerati per la costruzione del datasheet sulla produzione media italiana di “1 tonnellata di arance”.

# Elaborazione dei dati e calcolo delle emissioni

ZAMPORI E PANT, 2019

**Emissioni  $N_2O$  (fertilizzante sintetico e letame) in aria** =  $[kg\ N * 0,014] * 44/28$   
Fattore di conversione = 0,022 kg  $N_2O$  / 1 kg N fertilizzante applicato

**Emissioni  $NO_x$  (fertilizzante sintetico e letame) in aria** =  $0,21 * (1)$   
Fattore di conversione = 0,0046 kg  $NO_x$  / 1 kg N fertilizzante applicato

**Emissioni  $NH_3$  (fertilizzante sintetico) in aria** =  $[kg\ N * 0,1] * 17/14$   
Fattore di conversione = 0,12 kg  $NH_3$  / 1 kg N fertilizzante applicato

**Emissioni  $NH_3$  (letame) in aria** =  $[kg\ N * 0,2] * 17/14$   
Fattore di conversione = 0,24 kg  $NH_3$  / 1 kg N fertilizzante applicato

**Emissioni  $NO_3^-$  (fertil. sintetico e letame) in acqua** =  $[kg\ N * 0,3] * 62/14$   
Fattore di conversione = 1,33 kg  $NO_3^-$  / 1 kg N fertilizzante applicato

IPCC, 2006

**Emissioni  $CO_2$  (urea) in aria** =  $[kg\ Urea * 0,2] * 44/12$   
Fattore di conversione = 0,73 kg  $CO_2$  / 1 kg urea applicata

PRASUHN, 2006

**Emissioni fosforo (fertilizzante sintetico) in acqua** =  $[kg\ P_2O_5 * 0,05] * 62/142$   
Fattore di conversione = 0,022 kg P / 1 kg  $P_2O_5$  di fertilizzante applicato



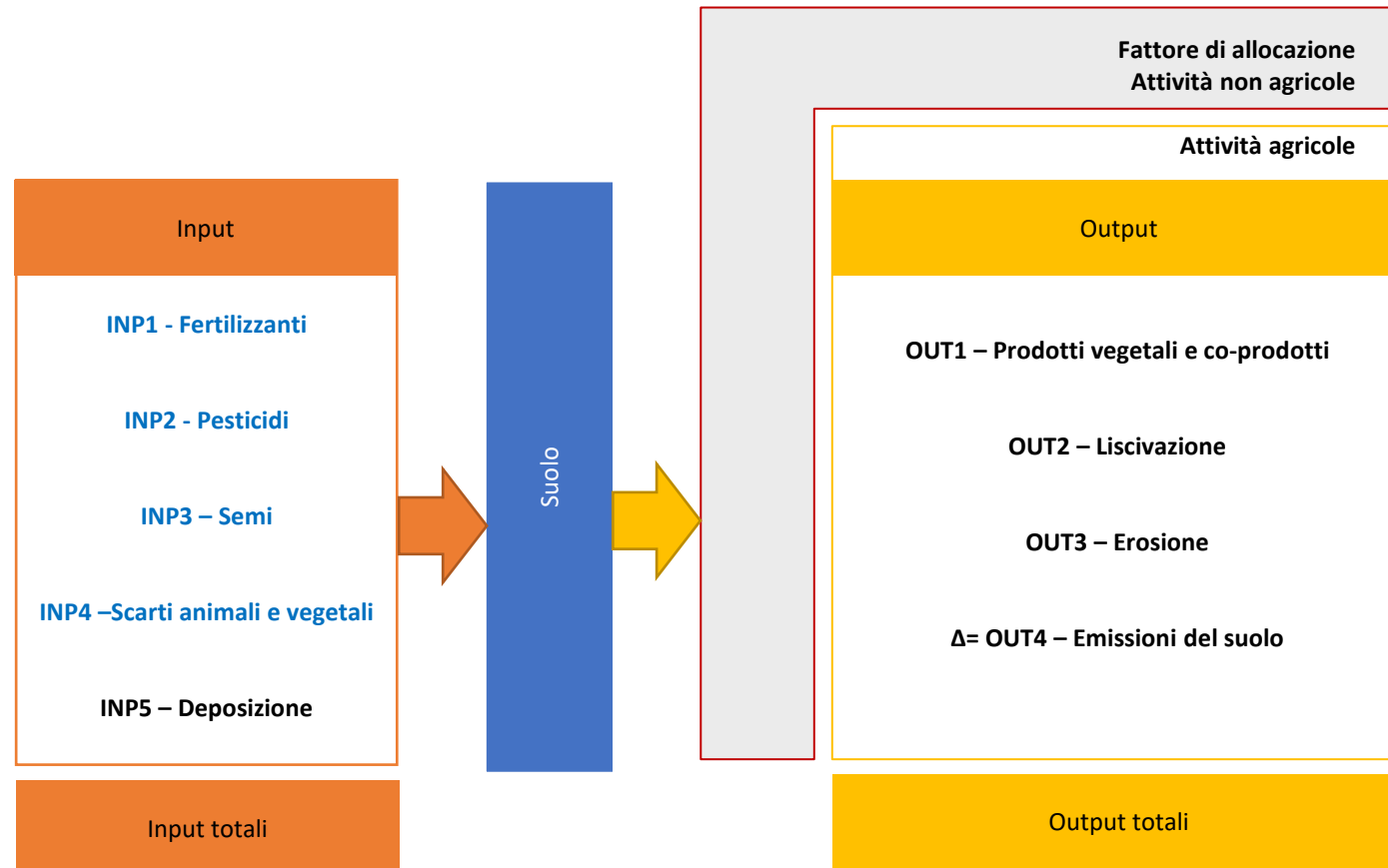
# Elaborazione dei dati e calcolo delle emissioni

INP1 – INP4 = input dovuti a/influenzati dalle pratiche agricole

INP5 = “processo in background”, indipendente dalle pratiche agricole

Fattore di allocazione (Ai) =  $(\sum \text{INP1-INP4}) / (\sum \text{INP1-INP5})$

Per tutti i metalli (Cd, Cu, Cr, Hg, Pb, Zn)



# Elaborazione dei dati e calcolo delle emissioni

$$A_i = \frac{(M_{\text{fertilizer},i} + M_{\text{active ingredient},i} + M_{\text{plant},i})}{(M_{\text{fertilizer},i} + M_{\text{active ingredient},i} + M_{\text{plant},i} + M_{\text{Deposition},i})} \quad [1]$$

$$B = 1000 * R * K_{\text{stoniness}} * LS * (C_1 * C_2) * P \quad [2]$$

$$M_{\text{Erosion},i} = C_{\text{tot},i} * B * a * f_{\text{erosion},i} * A_i \quad [3]$$

$$M_{\text{Leach},i} = (m_{\text{Leach},i} * A_i) \quad [4]$$

$A_i$  = allocation factor

$M_{\text{fertiliser},i}$  = heavy metal load from fertiliser [mg/(ha\*year)]

$M_{\text{active ingredient},i}$  = heavy metal load from plant protection products [mg/ha]

$M_{\text{plant},i}$  = heavy metal load that is removed from the system by plant products [mg/(ha\*year)]

$M_{\text{Deposition},i}$  = heavy metal load from the air [mg/(ha\*year)]

$B$  = quantity of soil eroded in a year [t/(ha\*year)]

$R$  = erosivity factor [MJ\*mm/(ha\*h\*mm)]

$K$  = erodibility factor [t\*h/(MJ\*mm)]

$LS$  = slope factor

$C_1$  = cultivation factor

$C_2$  = cultivation factor

$P$  = practice factor

$M_{\text{Erosion},i}$  = quantity of heavy metals removed from the soil by erosion [g/(ha\*year)]

$C_{\text{TOT},i}$  = total heavy metal concentration in soil [mg/kg]

$a$  = enrichment factor of heavy metals

$f_{\text{Erosion}}$  = erosion factor

$M_{\text{Leach},i}$  = heavy metal load removed by leaching [mg/(ha\*year)]

$m_{\text{Leach},i}$  = quantity of heavy metal leached on average

## Emissioni nell'ARIA

Tipo	Nome	Quantità	Unità di misura
Prodotto	Arance	1	t
Emissioni nell'aria	N2O	1,61E-01	kg
Emissioni nell'aria	NOx	3,36E-02	kg
Emissioni nell'aria	NH3	8,77E-01	kg
Emissioni nell'aria	Rame(kg)	7,25E-03	kg
Emissioni nell'aria	Mancozeb (Kg)	1,81E-02	kg
Emissioni nell'aria	Pyriproxyfen (L)	9,06E-03	kg
Emissioni nell'aria	Fosmet (L)	1,51E-02	kg
Emissioni nell'aria	Azadiractine	1,81E-02	kg
Emissioni nell'aria	Olio minerale	1,81E-01	kg
Emissioni nell'aria	NMVOc=HG	1,48E-02	Kg
Emissioni nell'aria	Nox	2,19E-01	Kg
Emissioni nell'aria	CO	4,53E-02	Kg
Emissioni nell'aria	Diossido di Carbonio	1,10E+04	Kg
Emissioni nell'aria	Diossido di Zolfo	3,55E+00	Kg
Emissioni nell'aria	Metano	4,54E-01	Kg
Emissioni nell'aria	Benzene	2,57E-02	Kg
Emissioni nell'aria	PM. 2.5	4,32E-02	Kg
Emissioni nell'aria	Cadmio	3,52E-05	Kg
Emissioni nell'aria	Cromo	1,76E-04	Kg
Emissioni nell'aria	Rame	5,98E-03	Kg
Emissioni nell'aria	Monossido di dinitrogeno	4,22E-01	Kg
Emissioni nell'aria	Nichel	2,46E-04	Kg
Emissioni nell'aria	Zinco	3,52E-03	Kg
Emissioni nell'aria	Benzo(a)pyrene	1,06E-04	Kg
Emissioni nell'aria	Ammonio	7,04E-02	Kg
Emissioni nell'aria	Benzo(Aa)-Anthracene	2,81E-04	Kg
Emissioni nell'aria	Benzo (b)-Fluoranthracene	1,76E-04	Kg
Emissioni nell'aria	Chrysene	7,04E-04	Kg
Emissioni nell'aria	Dibenzo(a,H)-Anthracene	3,52E-05	Kg
Emissioni nell'aria	Fluoranthene	1,58E-03	Kg
Emissioni nell'aria	Phenanthene	8,80E-03	Kg
Emissioni nell'aria	PAH	8,20E-02	Kg
Emissioni nell'aria	Selenio	3,52E-05	Kg

## Risultati Emissioni nell'ACQUA

Emissioni nell'acqua	<b>NO3</b>	<b>9,72E+00</b>	<b>kg</b>
Emissioni nell'acqua	P2O5	7,87E-02	kg
Emissioni nell'acqua	Rame (kg)	8,06E-04	kg
Emissioni nell'acqua	Mancozeb (Kg)	2,01E-03	kg
Emissioni nell'acqua	pyriproxyfen (L)	1,01E-03	kg
Emissioni nell'acqua	Fosmet (L)	1,68E-03	kg
Emissioni nell'acqua	Azadiractine	2,01E-03	kg
Emissioni nell'acqua	Olio minerale	2,01E-02	kg

## Emissioni nel SUOLO

Emissioni nel suolo	<b>Rame(kg)</b>	<b>7,25E-02</b>	<b>kg</b>
Emissioni nel suolo	Mancozeb (Kg)	1,81E-01	kg
Emissioni nel suolo	Pyriproxyfen (L)	9,06E-02	kg
Emissioni nel suolo	Fosmet (L)	1,51E-01	kg
Emissioni nel suolo	Azadiractine	1,81E-01	kg
Emissioni nel suolo	Olio minerale	1,81E+00	kg
Emissioni nel suolo	Cadmio	4,56E-05	kg
Emissioni nel suolo	Piombo	1,97E-04	kg
Emissioni nel suolo	Zinco	1,21E-03	kg

## Metalli pesanti

	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton
M_(Liscivazione,i)	4.76E-05	-	2.26E-04	2.06E-02	2.25E-03	0.00E+00	2.25E-02
M_(plant,i)_output	3.37E+02	1.84E+02	1.77E+03	1.77E+03	1.98E+04	2.78E+03	8.89E+04
M_(Erosion,i)	3.19E-04	-	2.81E-02	1.85E-01	7.00E-02	1.15E-01	2.12E-01
M_(agro,i)	2.83E-03	-	3.97E-03	4.07E-02	9.44E-03	8.03E-03	6.05E-02
Bilancio di massa	2.15E-03	-	-2.51E-02	-1.67E-01	-7.52E-02	-1.09E-01	-2.34E-01

Tabella 2. Esempio di output stimati per la produzione media italiana di “una tonnellata di arance”.

# Risultati



	Arancio	Limone	Mandarino	Clementino	Agrumi minori
Liguria	√	√	√	√	√
Toscana	√	√		√	
Lazio	√	√	√	√	
Abruzzo	√				
Molise	√	√		√	
Campania	√	√	√	√	
Puglia	√	√	√	√	
Basilicata	√	√	√	√	
Calabria	√	√	√	√	√
Sicilia	√	√	√	√	√
Sardegna	√	√	√	√	
Nazionale	√	√	√	√	√

Tabella 3. Matrice riassuntiva delle 47 schede dei processi derivate dall'elaborazione dei dati secondari.

# Conclusioni



- La valutazione degli impatti ambientali **è fortemente dipendente dalla disponibilità risorse di dati.**
- I database commerciali più utilizzati in ambito internazionale forniscono uno strumento indispensabile per ogni esperto, ma, ovviamente, questi non possono rappresentare le realtà produttive locali in maniera specifica.
- I processi produttivi, per l'ottenimento di questi prodotti sono strettamente correlati all'ambiente in cui vengono realizzati, a causa della **biologicità** che caratterizza la produzione agricola.
- I risultati presentati in questo lavoro rappresentano un primo stato d'avanzamento relativo alla filiera agrumicola-agrumaria nell'ambito del Progetto ILCIDAF
- Attraverso dati statistici rappresentativi della realtà produttiva nazionale e disciplinari tecnici rappresentativi della tecnica di coltivazione è stato possibile ottenere **47 datasheet** nazionali utilizzabili come riferimento su scala regionale.

# Work in progress...

- Attività di rilevazione su aziende produttrici e trasformatrici nelle regioni **Calabria** e **Sicilia** (>80% produzione Nazionale);
- **Rappresentazione cartografica** delle tipologie colturali individuate in Sicilia e in Calabria con l'obiettivo di individuare la **vocazionalità** delle aree agrumetate nelle due regioni;
- Elaborazione dei dati e creazione dei **datasheets** della fase industriale.







Giacomo Falcone

[giacomo.falcone@unirc.it](mailto:giacomo.falcone@unirc.it)

*GRAZIE PER L'ATTENZIONE*

Questo contributo fa parte dei risultati del progetto di ricerca “Promoting Agri-Food Sustainability: Development of an Italian LCI Database of Agri-Food Products (ILCIDAF)” (PRIN – Progetti di Ricerca di Interesse Nazionale 2017- Prot. 2017EC9WF2, settore ERC SH2, Linea C- finanziato dal Ministero dell’Università e della Ricerca (MUR)).

# CALL FOR PAPER

## Guest editors:

**Prof. Bruno Notarnicola**

University of Bari (Bari, Italy)

[bruno.notarnicola@uniba.it](mailto:bruno.notarnicola@uniba.it)

**Prof. Maurizio Celluara**

University of Palermo (Palermo, Italy)

[maurizio.celluara@unipa.it](mailto:maurizio.celluara@unipa.it)

**Prof. Marina Mistretta**

University of Reggio Calabria (Reggio Calabria RC, Italy)

[marina.mistretta@unirc.it](mailto:marina.mistretta@unirc.it)

**Prof. Sonia Longo**

University of Palermo (Palermo, Italy)

[sonia.longo@unipa.it](mailto:sonia.longo@unipa.it)

**Prof. Serena Righi**

University of Bologna (Bologna, Italy)

[serena.righi2@unibo.it](mailto:serena.righi2@unibo.it)

**Dr. Alessandro Manzardo**

University of Padua (Padua, Italy)

[alessandro.manzardo@unipd.it](mailto:alessandro.manzardo@unipd.it)

**Dr. Giacomo Falcone**

University of Reggio Calabria (Reggio Calabria RC, Italy)

[giacomo.falcone@unirc.it](mailto:giacomo.falcone@unirc.it)

**Dr. Michele Zoli**

University of Milan (Milano, Italy)

[michele.zoli@unimi.it](mailto:michele.zoli@unimi.it)

**Dr. Jacopo Bacenetti**

University of Milan (Milano, Italy)

[jacopo.bacenetti@unimi.it](mailto:jacopo.bacenetti@unimi.it)



## Cleaner Environmental Systems

Open access

### SPECIAL ISSUE

**Sustainability in the context of "Next generation EU": the contribution of Life Cycle Assessment - XVI Conference of the Italian LCA Network Association**

### Contatti

Jacopo Bacenetti

[jacopo.bacenetti@unimi.it](mailto:jacopo.bacenetti@unimi.it)

Giacomo Falcone

[giacomo.falcone@unirc.it](mailto:giacomo.falcone@unirc.it)