



Progetto LIFE11 NAT/IT/00232- Leopoldia

Corso di Formazione “La sostenibilità nel paesaggio serricolo del
golfo di Gela” -

**Analisi del Ciclo di Vita di Sistemi Agroalimentari:
l'esperienza del Progetto VEDER**

LCA - BASI TEORICHE, CRITERI E METODOLOGIA

Docente: Prof. Ing. M. Cellura



Progetto LIFE11 NAT/IT/00232- Leopoldia

Corso di Formazione “La sostenibilità nel paesaggio serricolo del
golfo di Gela” -

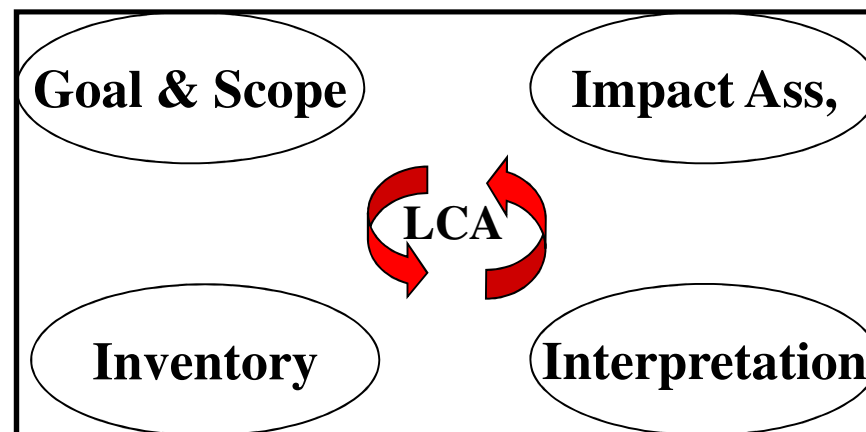
**Analisi del Ciclo di Vita di Sistemi Agroalimentari:
l'esperienza del Progetto VEDER**

LCA POTENZIALITA' APPLICATIVE

Docente: Prof. Ing. M. Cellura

LCA

POTENZIALITA' APPLICATIVE

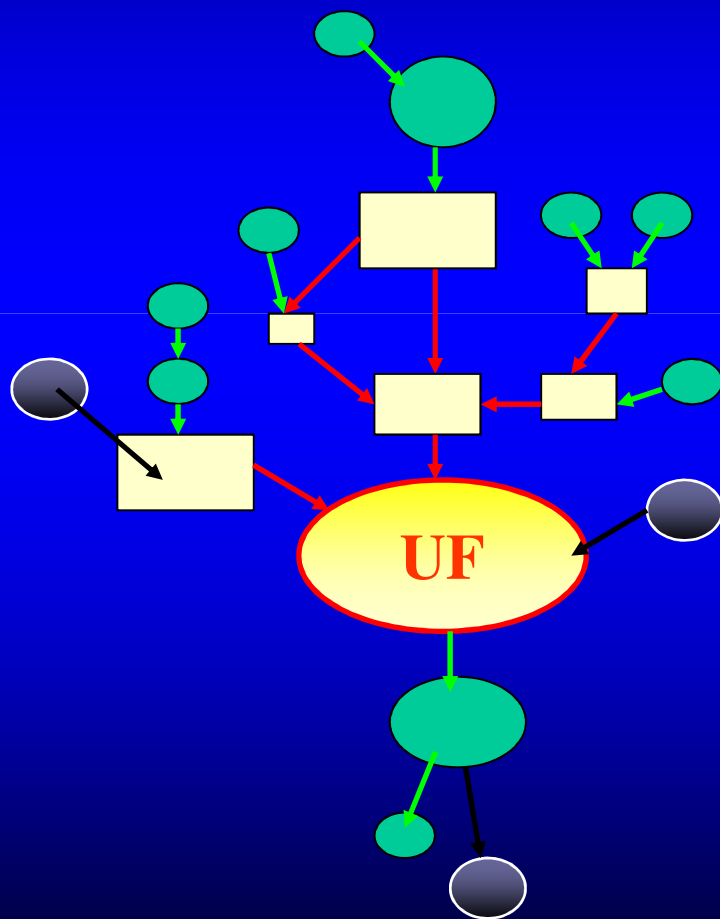


Sviluppo di una LCA

Una LCA può essere immaginata come un processo di feedback di acquisizione ed elaborazione dei dati



Sviluppo di una LCA: raccolta dati



Per lo svolgimento di una LCA il primo punto consiste nell'individuazione dell'oggetto dello studio (UF), valutando se del caso, anche possibili alternative

Successivamente si inizia un'analisi del processo produttivo principale (*from gate to gate*)

In seguito si estende l'analisi all'analisi degli elementi a monte ed a valle del processo.

Infine si completa con gli eventuali elementi mancanti e/o ipotizzati.

Fasi del ciclo di vita: raccolta dati

**Produzione delle materie prime
e delle fonti di energia**



**Valori medi rappresentativi tratti
dalla letteratura scientifica**

Trasporti

Processo di produzione

Installazione



**Valori direttamente misurati
in azienda o presso l'utenza**

Uso e manutenzione

Smaltimento



Valori misurati o stimati

Fasi del ciclo di vita: raccolta dati

Nella raccolta dei dati di letteratura spesso l'analista confida "ciecamente" nell'uso di **software** e **database specialistici**. A tal proposito occorre considerare che:

La scelta di un riferimento piuttosto che un altro può radicalmente cambiare i risultati

I software e database sono spesso affetti da una scarsa trasparenza, si in termini di metadati (informazioni sui dati, la loro provenienza, qualità, rappresentatività, etc.) che di modelli matematici di calcolo.

Le comparazioni effettuate spesso possono indurre a valutazioni erranee dal momento che i sistemi confrontati sono spesso incompatibili o basati su assunzioni differenti

Occorre per quanto possibile riferirsi a dati primari o, in mancanza, a fonti affidabili e consolidate. Tutte le principali ipotesi e valutazioni devono comunque essere sottoposte ad **analisi di sensibilità**

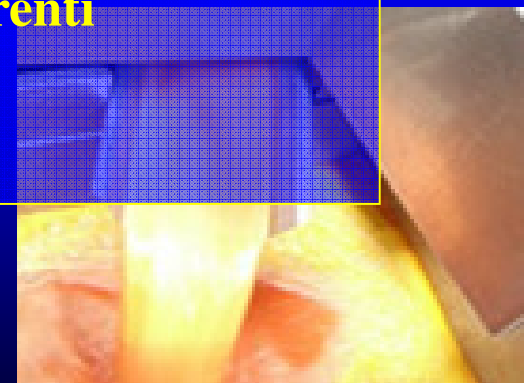
Caso studio 1.

**Produzione di un kg di oli essenziali,
succo naturale e succo concentrato di
arance e limoni**

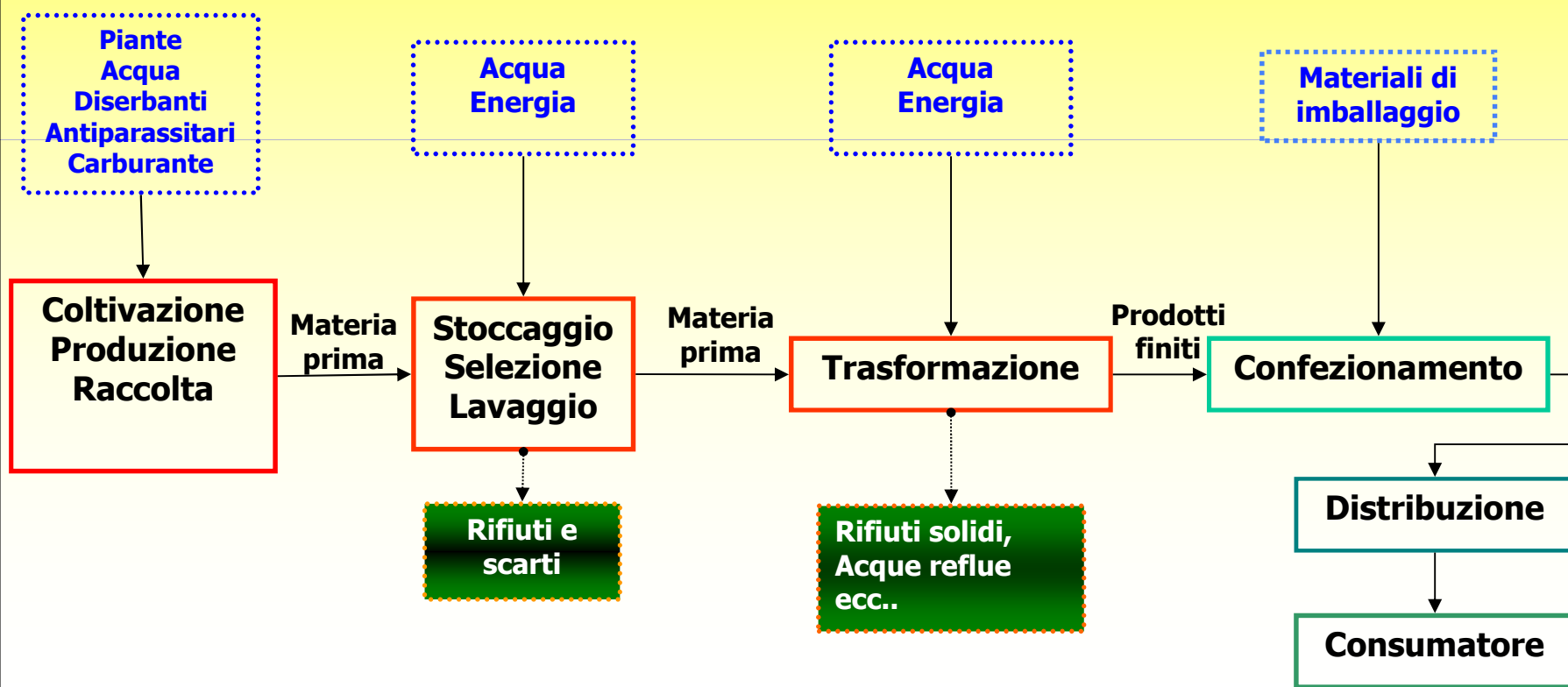


Obiettivi:

- **Valutazione degli impatti della filiera agrumaria**
- **Studio di processi con prodotti/coprodotti di differenti caratteristiche**
- **Individuazione di criticità ambientali della filiera**



Per l'analisi del ciclo di vita della Filiera Agrumaria è necessario individuare e valutare tutti gli INPUT e gli OUTPUT delle seguenti principali fasi che compongono la filiera:



Riguardo la fase di COLTIVAZIONE, PRODUZIONE, RACCOLTA, bisogna valutare ...



**Coltivazione
Produzione
Raccolta**

Materie prime
(agrumi)

**Fertilizzanti
Diserbanti
Antiparassitari
Risorse idriche
Risorse energetiche**

**Emissioni in atmosfera
Contaminazione del
suolo
Rilascio in acqua**

L'aspetto più significativo della fase di COLTIVAZIONE è l'utilizzo di ACQUA

Consumo di acqua

4.200 m³/ha

(dati medi - Sicilia)

Consumo di acqua

148 litri acqua/kg di arance

(terreno argilloso)

Consumo di acqua

293 litri acqua/kg di arance

(terreno sabbioso)

Resa media arance prodotte

180 qli/ha

....a cui segue il consumo di CARBURANTE per le lavorazioni in campagna.....

Consumo di Diesel 250 kg/ha	Energia 10.675 MJ/ha
	Energia 0,6 MJ/kg di arance

Le **emissioni in atmosfera**, dirette ed indirette, derivano principalmente da:

- utilizzo dei carburanti : lavorazione del terreno, concimazione, pompaggio ed irrigazione, ecc.
- utilizzo di fertilizzanti: N, K_2O , P_2O_5
- utilizzo di diserbanti e antiparassitari

EMISSIONI IN ATMOSFERA



+



+



Le **emissioni in acqua** derivano principalmente da:

- utilizzo di fertilizzanti: percolato di nitrati, fosfati, ecc..
- utilizzo di diserbanti e antiparassitari

Le **contaminazioni del suolo** sono dovute principalmente a:

- utilizzo non idoneo di fertilizzanti
- utilizzo di diserbanti e antiparassitari

CONFERIMENTO DEGLI AGRUMI IN AZIENDA



Materiale per l'imballaggio

Risorse energetiche

**Conferimento delle
materie prime**

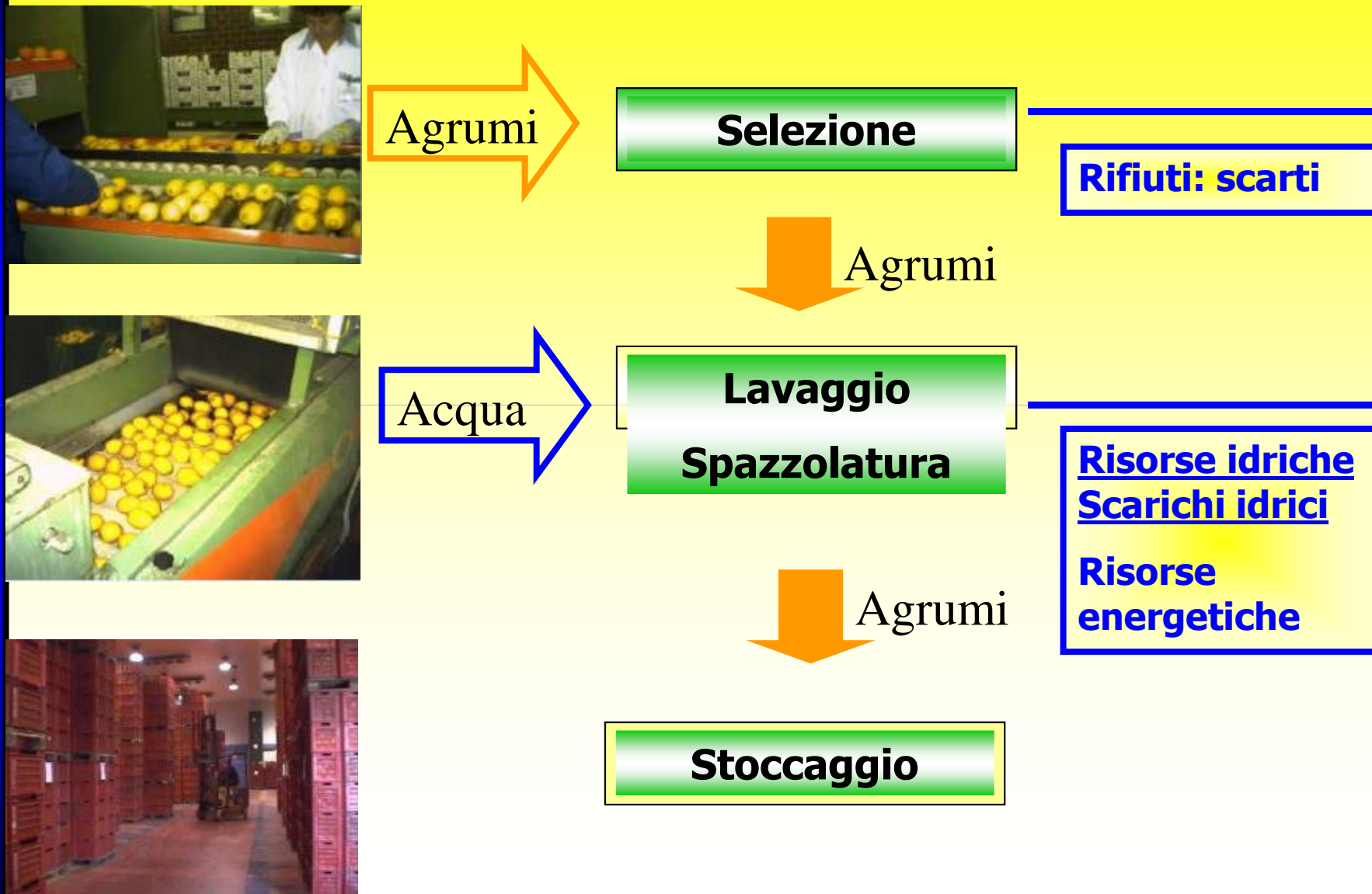
Emissioni in atmosfera

**Contaminazione del
suolo**

Il consumo di carburante dipende da:

- **Distanza percorsa**
- **Età dell'auto carro**
- **Quantità di agrumi trasportata per viaggio**

TRASFORMAZIONE





Trasformazione

**Risorse idriche
Scarichi idrici**

**Risorse
energetiche**



Confezionamento

**Risorse
energetiche**

**Materiali di
imballaggio**



Stoccaggio

**Risorse energetiche
(celle frigorifere)**

"LCA: fondamenti teorici, metodologia e applicazioni in campo agroalimentare"

FASE		OPERAZIONE	
1° Fase	Produzione agrumi	Coltivazione	
		Raccolta	
		Carico	
		Trasporto	
2° Fase	Conferimento/lavaggio	Ricezione in azienda	
		Selezione	
		Stoccaggio	
		Defogliatura	
		Lavaggio con spazzolatura	
		Calibratura	
3° Fase	Prima lavorazione	Estrazione: prima lavorazione	
4° Fase	Seconda lavorazione	Recupero e lavorazione dell'olio essenziale	Lavorazione del succo grezzo
		Raffinazione	Raffinazione
		Separazione primaria	Pastorizzazione
		Separazione secondaria	Concentrazione
			Refrigerazione
5° Fase	Confezionamento/stoccaggio	Confezionamento dell'olio	Confezionamento del succo
			Congelamento
6° Fase		Vendita e distribuzione	Vendita e distribuzione
7° Fase		Consumatore	Consumatore

Gli aspetti più significativi della trasformazione industriale degli agrumi sono:

Utilizzo di acqua per: Lavaggio materie prime
Lavaggio macchinari
Lavorazione dei prodotti
Produzione di vapore (pastorizzazione, concentrazione) e Raffreddamento

Utilizzo di energia elettrica per:
Lavorazione (trasformazione)
Stoccaggio (celle frigorifere)
Pompe
Caldaie
Depuratore
Uso civile

Utilizzo di energia termica
per:
Produzione vapore
Lavaggio macchinari

Produzione di rifiuti:
Residui di trasformazione
Acque reflue



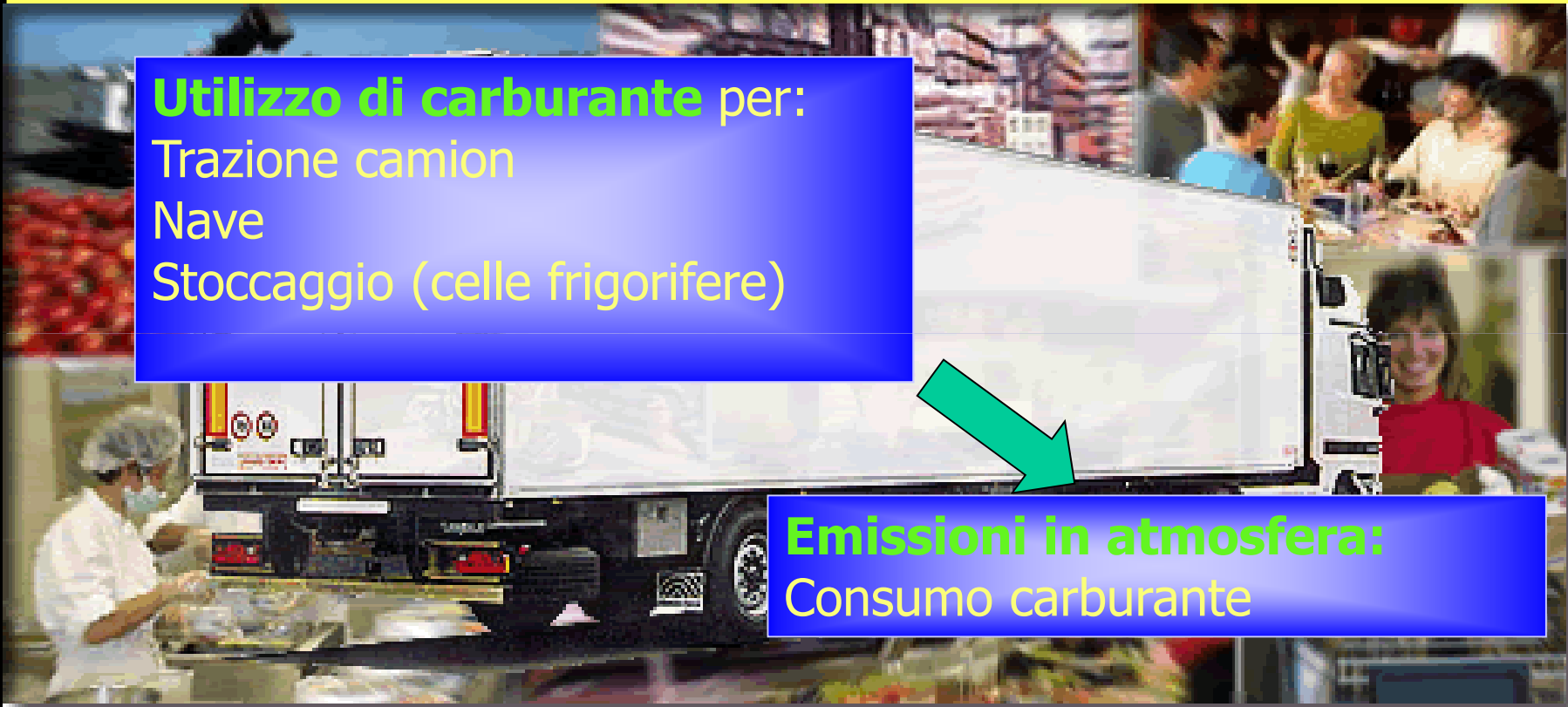
I consumi energetici dipendono da:

- **Tecnologia utilizzata per l'estrazione del succo e degli oli essenziali**
- **Quantità di agrumi trasformati**
- **Tipologia di prodotti finali**
- **Tempo di permanenza dei prodotti finali nelle celle frigorifere**

I consumi di ACQUA dipendono da:

- **Tecnologia utilizzata per l'estrazione del succo e degli oli essenziali**
- **Quantità di agrumi trasformati**
- **Quantità di succo pastorizzato e concentrato**
- **Grado di pulizia dei macchinari**

DISTRIBUZIONE



Utilizzo di carburante per:
Trazione camion
Nave
Stoccaggio (celle frigorifere)

Emissioni in atmosfera:
Consumo carburante

IMPATTI AMBIENTALI

ARANCE

	Linea olio essenziale	Linea succo naturale	Linea succo concentrato
GER/UF	387,2	7,37	49,4
GWP/UF	21,5	0,38	2,5
Water/UF	67.279	1.027	4.607

RIASSUMENDO.....

- **L'impatto ambientale legato alla lavorazione industriale degli agrumi è rilevante sia in termini di energia consumata che di rifiuti ed emissioni prodotte...**
- **La definizione dei confini del sistema dipende dalla quantità e qualità dei dati raccolti nella fase di inventario.**
- **Una maggiore precisione dei dati raccolti permette di quantificare in modo più preciso i principali impatti del settore in esame.**

- Il sistema in esame contiene un gran numero di operazioni collegate fra loro dai flussi di materiali, di energia e di prodotti finali. Ognuna di queste operazioni unitarie riceve i propri input dalle operazioni unitarie a monte, mentre i suoi output serviranno ad alimentare quelle successive.
- Un parametro critico è rappresentato dalla **allocazione** degli impatti per prodotti molto differenti.

➤ **Per Unità Funzionale si potrebbe considerare:**

La quantità annuale di agrumi lavorati oppure le quantità dei diversi prodotti finiti.

In quest'ultimo caso subentra il problema dell'”Allocazione degli Impatti**” (riferita in questo caso a criteri economici e di massa, ecc).**

➤ **Gli aspetti ambientali più significativi sono:**

- **consumo di acqua per la coltivazione di agrumi**
- **consumo di energia**
- **emissioni in atmosfera**



Caso studio 2.

**Bottiglia da 0,75 l di
vino rosso**



Obiettivi:

- **Valutazione dei principali impatti nel ciclo di vita.**
- **Individuazione delle criticità ambientali**
- **Modifica del processo produttivo orientata ad una riduzione degli impatti di ciclo di vita (POEMS)**

POEMS

POEMS è un acronimo che identifica i
"Product-Oriented Environmental Management Systems",
ovvero i Sistemi di Gestione Orientati al Prodotto.

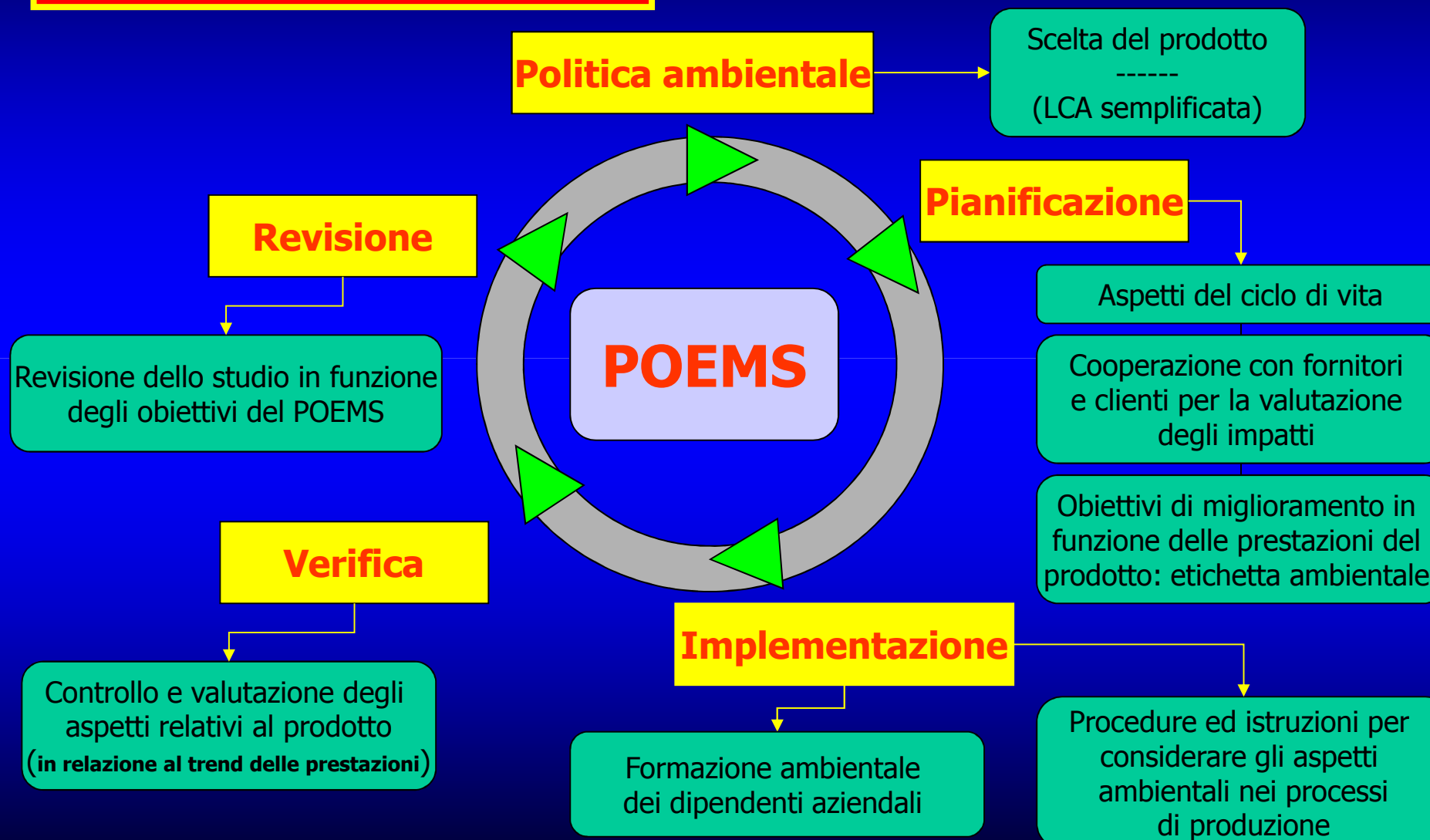
I POEMS sono strumenti di gestione non ancora
standardizzati ma sui quali si stanno realizzando le prime
esperienze sperimentali, principalmente in Italia, Olanda,
Germania, Francia e Danimarca.

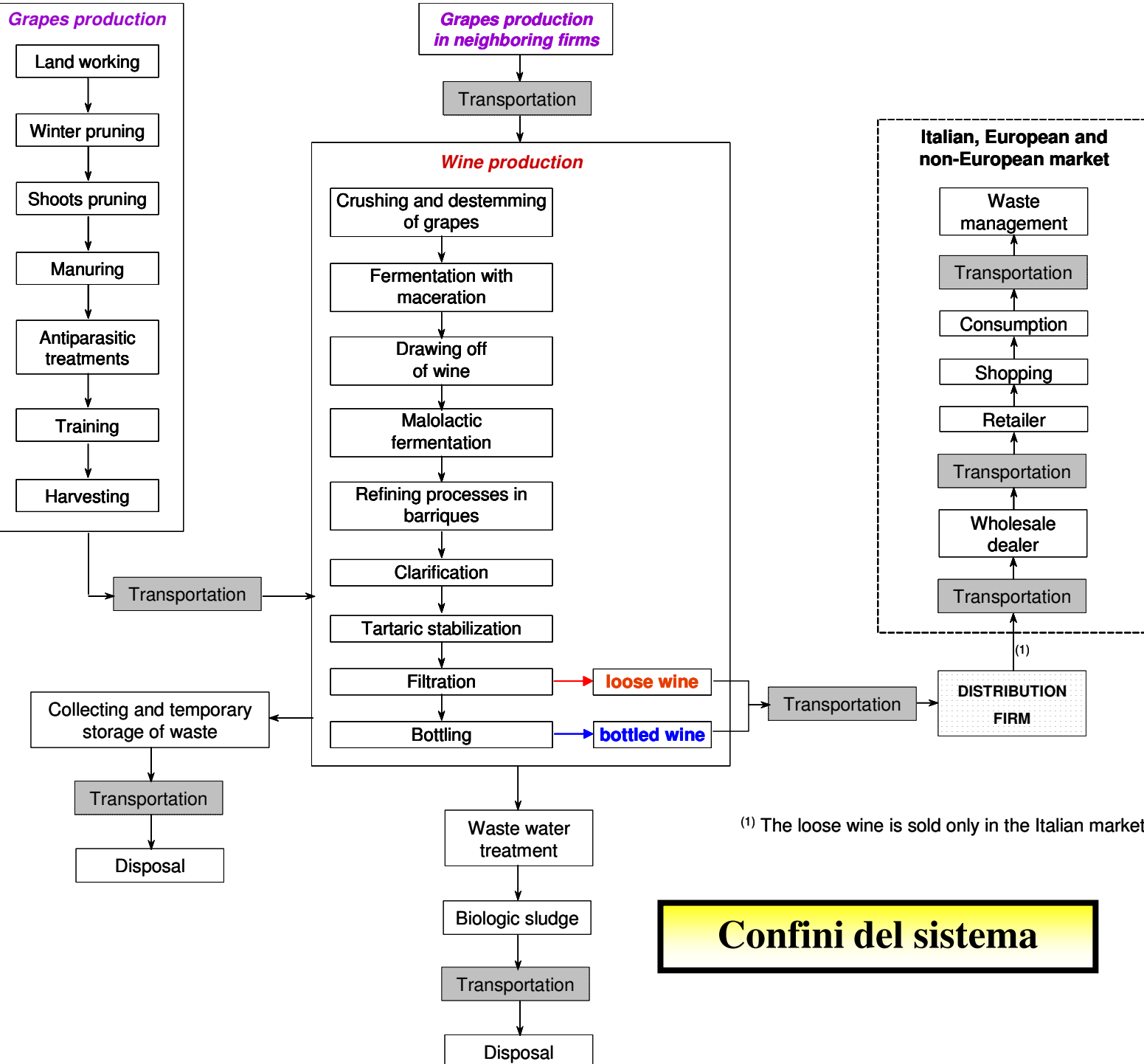
**Integrazione dell'approccio di
life-cycle thinking ad un SGA**

POEMS: possibili approcci differenti



Struttura di un POEMS





Processo produttivo: dettaglio

CICLO PRODUZIONE VINO ROSSO



Eco-profilo del prodotto

Energy		
Energy consumption	28.1	MJ/bottle
Air emission		
CO ₂	1.6	kg/bottle
NO _x	12.6	g/bottle
SO _x	15.9	g/bottle
Particulate	3.7	g/bottle
CO	1.9	g/bottle
NH ₃	1.6	g/bottle
Water emission		
NO ₃	3.4	g/bottle
COD	1.1	g/bottle
BOD ₅	0.3	g/bottle
Total phosphorus	0.02	g/bottle
Waste		
Total waste	0.6	kg/bottle

LCA orientata al prodotto

L'analisi è stata successivamente focalizzata su tre impatti ritenuti significativi, e sui quali andrebbero previste le ipotesi di miglioramento

Consumi energetici

Emissioni CO₂

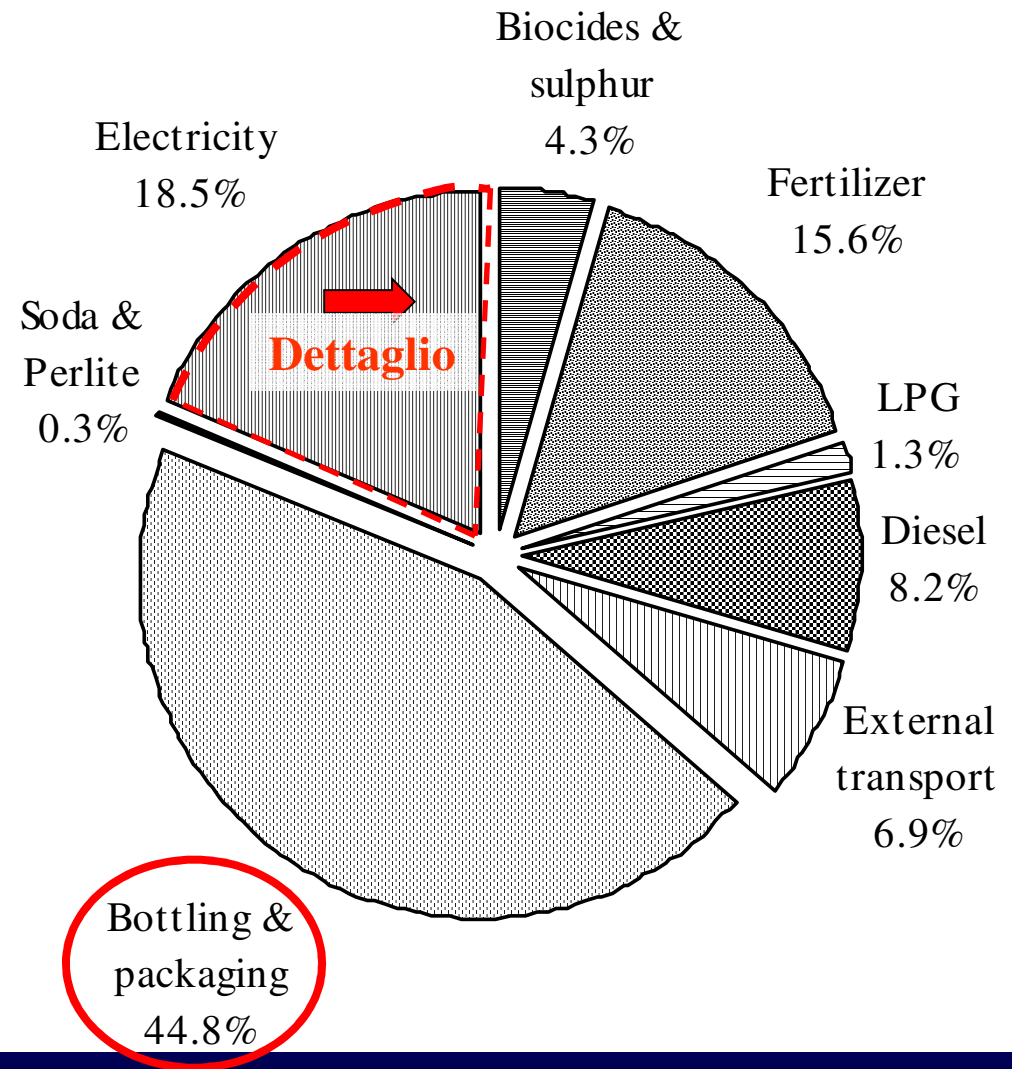
Consumi idrici



LCA orientata al prodotto

Fase conoscitiva (individuazione degli hot-spots)

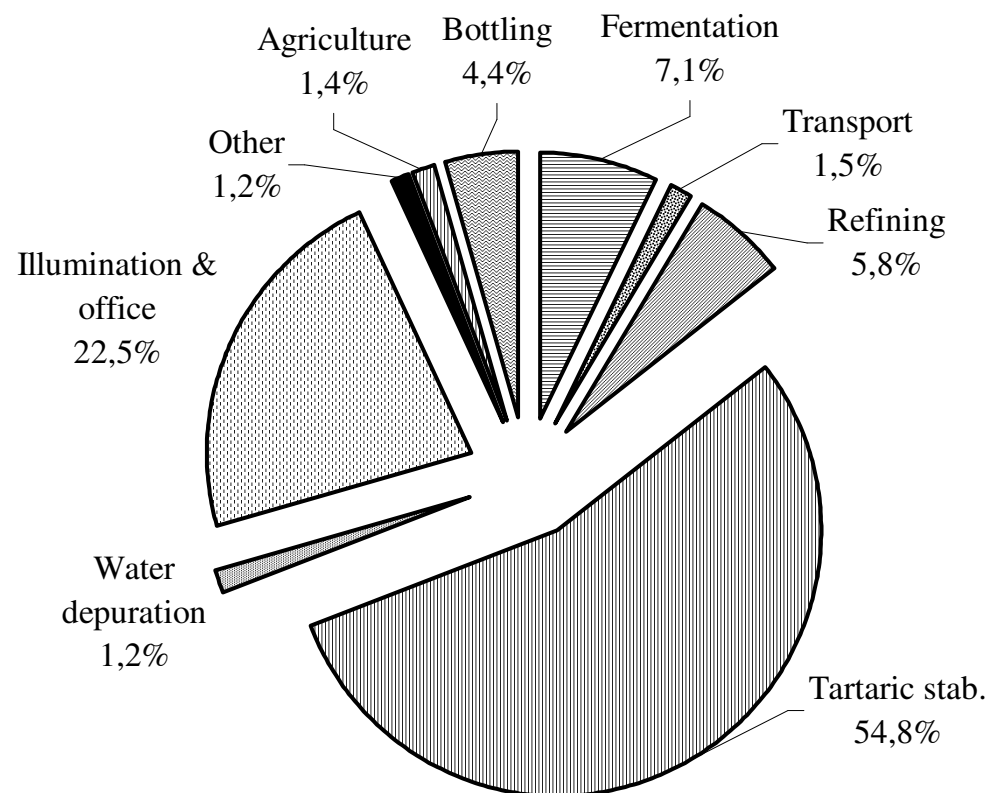
In un ottica di Life-cycle, un'azienda che volesse migliorare il suo prodotto potrebbe agire sulle varie fasi del processo produttivo, o intervenire magari più semplicemente sul design ecologico della bottiglia ottenendo maggiori vantaggi con minor uso di risorse



LCA orientata al prodotto

Dettaglio fase di produzione (consumi di elettricità)

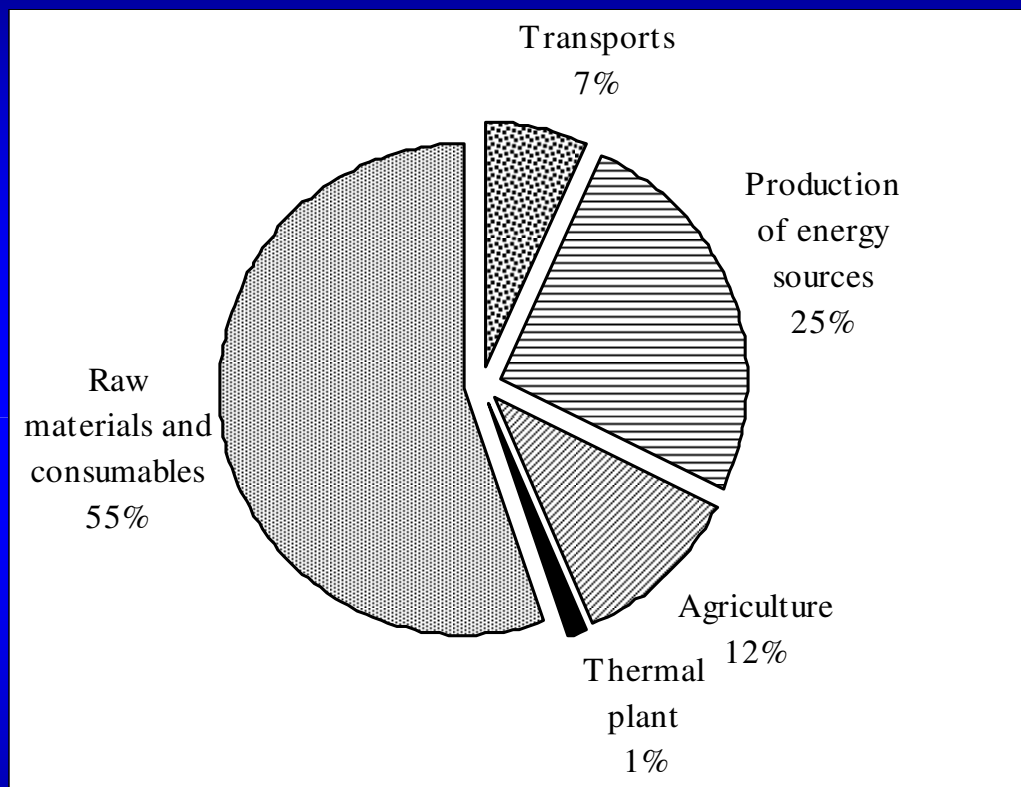
Grande incidenza della fase di
stabilizzazione (consumo degli
impianti di refrigerazione)



LCA orientata al prodotto

Emissioni gas serra

Grande incidenza degli impatti indiretti dovuti ai processi di approvvigionamento delle materie prime e dell'energia

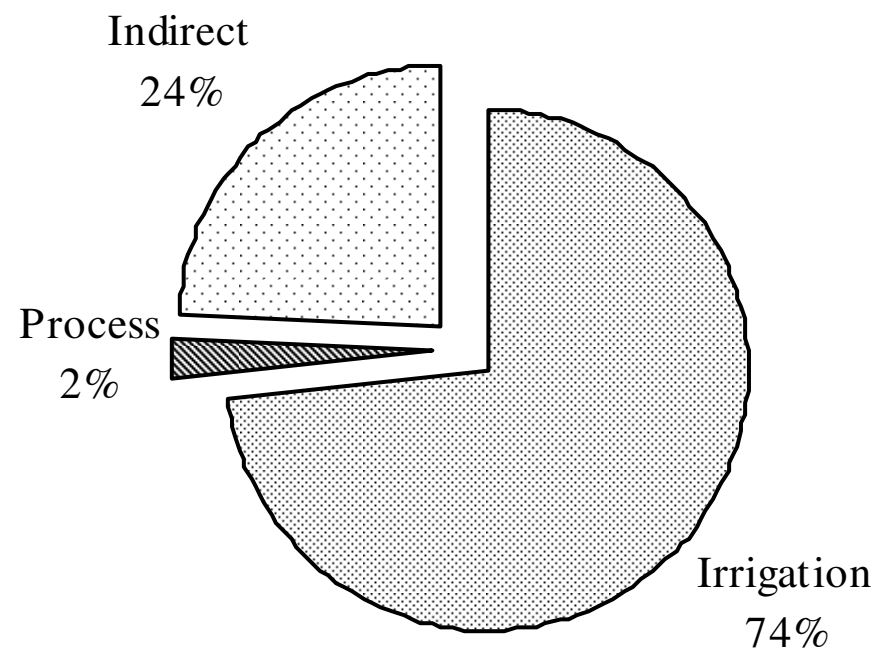


LCA orientata al prodotto

Consumi idrici

Dominano i consumi per la fase di irrigazione.

Il consumo idrico in cantina per i processi produttivi è invece marginale



Ipotesi di miglioramento

Sulla base delle risultanze dello studio sono state formulate delle ipotesi migliorative da implementare in un potenziale programma ambientale

Maggiore attenzione alla bottiglia ed agli imballaggi: redesign ambientale e scelta opportuna dei fornitori

Attenzione ai consumi elettrici in fase di refrigerazione e riduzione delle dispersioni termiche

Uso oculato delle risorse idriche con possibile implementazione di sistemi a goccia ad alta efficienza, e recupero di acque reflue

Maggiore attenzione ai trasporti, con utilizzo di sistemi a minor impatto, specie per le esportazioni. Utilizzo per quanto possibile di fornitori locali

Caso studio 3.

**1 ton di prodotti serricoli
(pomodori, pomodoro ciliegino,
zucchine, meloni, peperoni)**

Obiettivi:

- **Valutazione degli impatti connessi alle produzioni in serra.**
- **Comparazione di diverse tecniche produttive e di diversi soggetti produttori**
- **Base di conoscitiva per un'analisi ambientale distrettuale**

Il distretto serricolo

In distretto in esame, ha una superficie totale 1.800 Ha, ripartiti in serre a padiglione (300 Ha) ed in tunnel (1500 Ha).



Pomodoro

Pomodoro
ciliegino



Melone

Peperone



zucchini

Lo studio si sviluppa secondo le seguenti fasi:

Inquadramento del distretto

Questionari ai produttori per il rilevamento dei dati

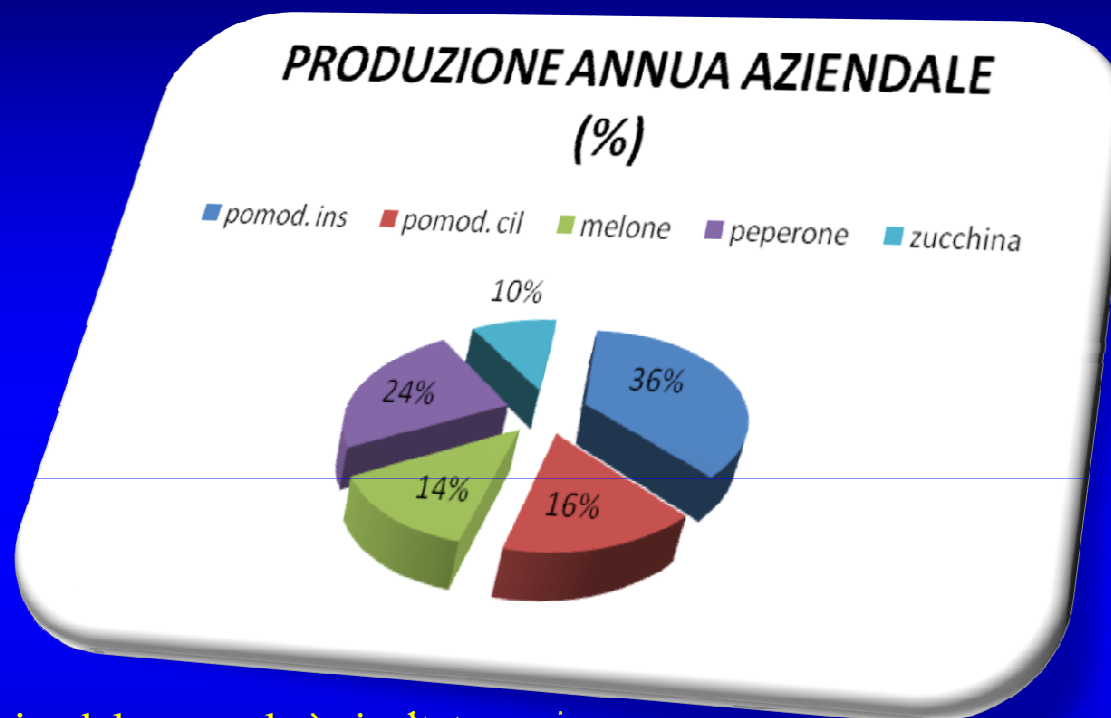
Individuazione di un'azienda rappresentativa da analizzare in dettaglio

Calcolo degli eco-profilo dei prodotti

Variabilità dei risultati ed analisi di sensibilità

Stima degli impatti di distretto

Produzione azienda di riferimento



La produzione aziendale annuale è risultata pari a:

- 96,25 t/Ha per il pomodoro da insalata
- 41,25 t/Ha per il pomodoro ciliegino
- 36 t/Ha per il melone
- 62,5 t/Ha per il peperone
- 27 t/Ha per la zucchini

Ciclo di produzione (dati rilevati in azienda)



ACCIAIO, ALLUMINIO,
LDPE

GASOLIO

PRODOTTI CHIMICI,
GASOLIO

FERTILIZZANTI, GASOLIO

LDPE

CASSETTE IN EPS,
SEMI, CARTONE
PLASTIFICATO

ACQUA,
FERTILIZZANTI, GASOLIO

ACQUA,
FITOFARMACI, GASOLIO

CARTONE, LEGNO
SFUSO, LEGNO

1) COPERTURA SERRE O
TUNNEL

2) PREPARAZIONE LETTO DI
SEMINA

3) DISERBO E
GEODISINFESTAZIONE

4) CONCIMAZIONE PRE-
IMPIANTO

5) PACCIAMATURA

6) TRAPIANTO PIANTINE

7) FERTIRRIGAZIONE ED
IRRIGAZIONE

8) INTERVENTI FITOSANITARI

9) RACCOLTA E TRASPORTO AI
MAGAZZINI DI STOCCAGGIO

10) IMBALLAGGIO

RIFIUTI: LDPE, ACCIAIO
ED ALLUMINIO

RIFIUTI: FLUIDI
ESAUSTI, FILTRI E
BATTERIE

RIFIUTI PERICOLOSI
(C.E.R. 150110)

RIFIUTI: SACCHI LDPE

RIFIUTI: LDPE

RIFIUTI: VEGETALI
(SOVESCIO),
CARTONE, EPS (NON
E' RICICLATO)

RIFIUTI: SACCHI LDPE

RIFIUTI PERICOLOSI
(C.E.R. 150110)

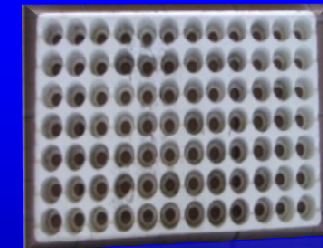
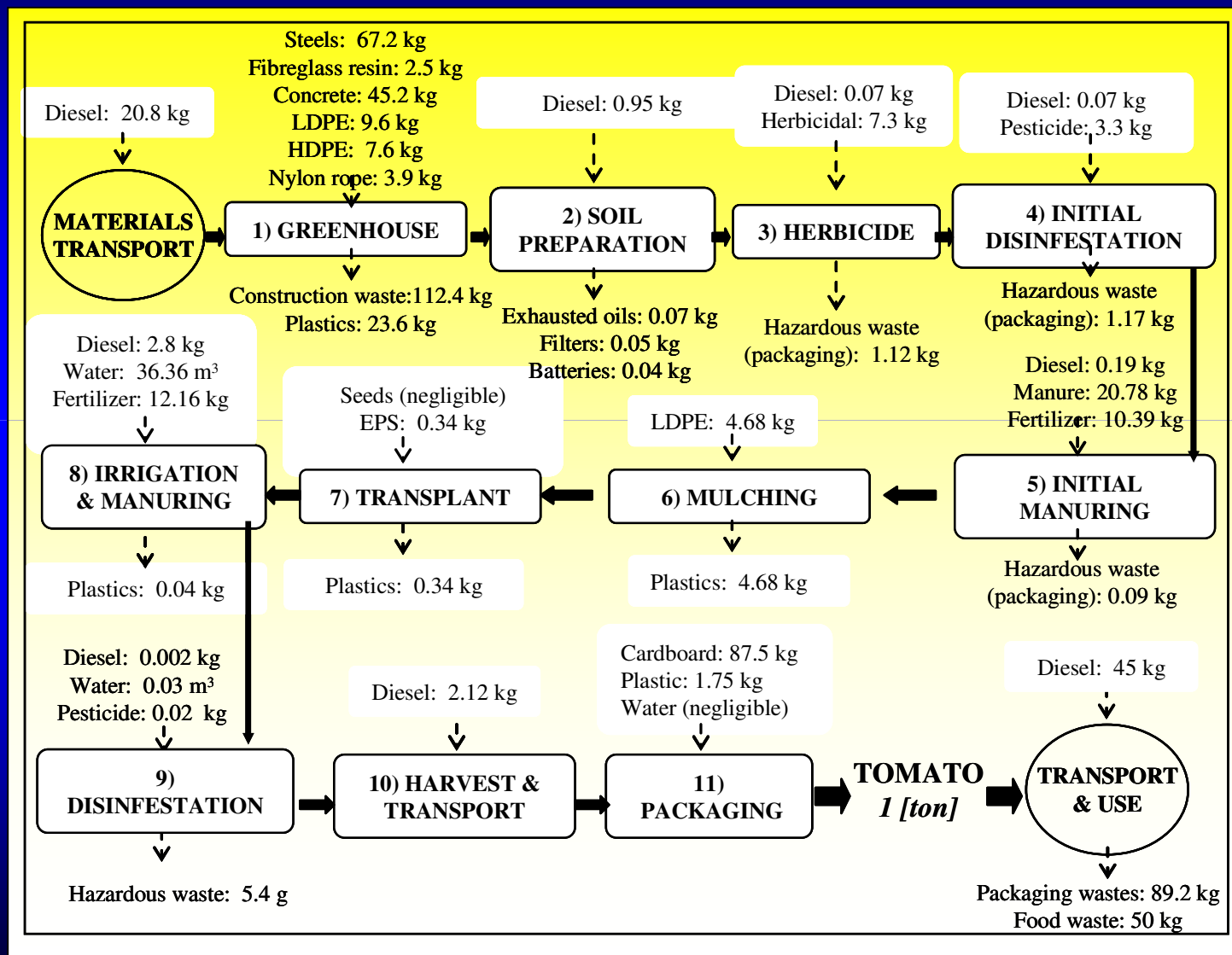


Diagramma di flusso del pomodoro (U.F.=1 ton)



Inventario delle produzioni serricole

MELON					
	INPUT	[kg]	OUTPUT	[kg]	
	Steels	67,2	Organic waste	250,0	
	Concrete	45,2		114,9	
	Glassfibre resin	2,5	Construction wastes		
	Plastics	17,4	Packaging	52,8	
	Water [m³]	97,3	Plastics	30,3	
	Fertilizers	65,3	Exhausted oils	0,07	
	Manure	58,9	Hazardous wastes	6,19	
	Pesticide	28,6			
	Packaging	52,8			
	Diesel	81,4			
TOMATO					
	INPUT	[kg]	OUTPUT	[kg]	
	Steels	67,2	Organic waste	50,0	
	Concrete	45,2	Construction wastes	114,9	
	Glassfibre resin	2,5			
	Plastics	26,1	Packaging	89,3	
	Water [m³]	36,4	Plastics	26,2	
	Fertilizers	21,3	Exhausted oils	0,07	
	Manure	22,0	Hazardous wastes	2,35	
	Pesticide	10,7			
	Packagings	89,3			
	Diesel	71,974			
PAPRIKA					
	INPUT	[kg]	OUTPUT	[kg]	
	Aluminium	10,0	Organic waste	100,0	
	Plastics	43,8		10,0	
	Water [m³]	56,0	Construction wastes		
	Fertilizers	40,0	Plastics	44,0	
	Manure	33,9	Packaging	86,0	
	Pesticide	16,4	Exhausted oils	0,07	
	Packaging	86,0	Hazardous wastes	3,58	
	Diesel	55,4			
	CHERRY TOMATO				
		INPUT	[kg]	OUTPUT	[kg]
Steels		67,2	Organic waste	50,0	
Concrete		45,2		114,9	
Glassfibre resin		2,5	Construction wastes		
Plastics		38,0	Plastics	38,3	
Water [m³]		84,9	Packaging	86,7	
Fertilizers		49,7	Exhausted oils	0,07	
Manure		51,4	Hazardous wastes	5,2	
Pesticide		24,9			
Packaging		86,7			
Diesel		73,1			
ZUCCHINI					
	INPUT	[kg]	OUTPUT	[kg]	
	Aluminium	23,1	Organic waste	50,0	
	Plastics	100,5	Construction wastes	23,1	
	Water [m³]	129,7			
	Fertilizers	101,9	Plastics	101,1	
	Manure	78,5	Packaging	111,1	
	Pesticide	38,0	Exhausted oils	0,07	
	Packaging	111,1	Hazardous wastes	6,18	
	Diesel	84,9			

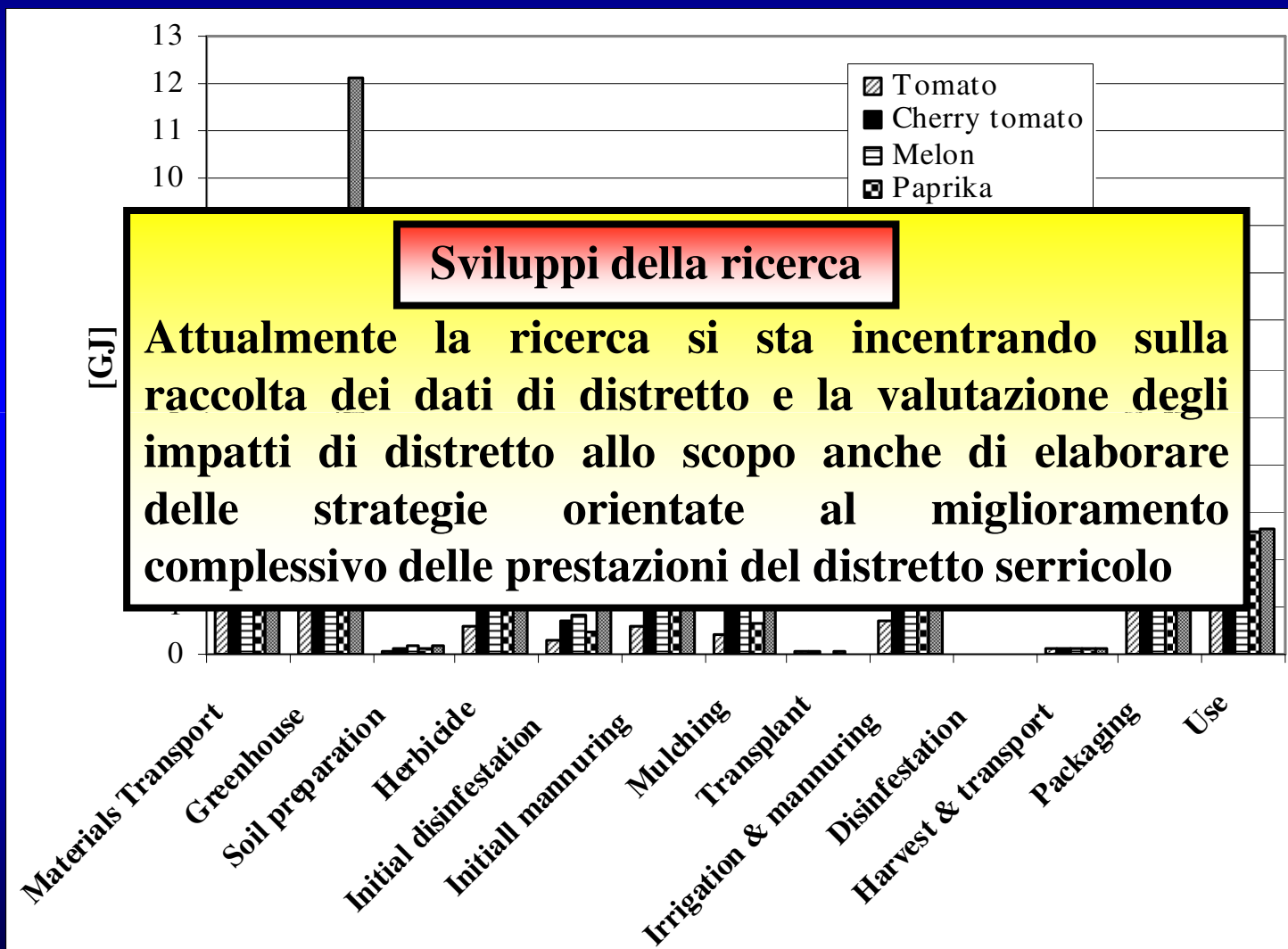
Analisi degli impatti

Index	Cherry tomato	Tomato C	Melon	Paprika	Zucchini
Global Energy Requirement - GER [GJ]	18,3	15,7	18,3	19,1	32,6
Global Warming Potential – GWP [ton CO ₂ -Eq.]	1,0	0,8	1,1	1,0	1,7
Ozone Depletion Potential – ODP [kg CFC ₁₁]	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0005
Acidification [kg SO ₂]	7,5	4,5	6,6	5,6	12,3
Eutrophication [kg PO ₄]	1,4	0,7	1,2	0,9	2,1
Photochemical oxidation [kg C ₂ H ₄]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Non hazardous wastes [kg]	331,3	321,2	491,0	245,4	296,6
Hazardous wastes [kg]	5,3	2,4	6,3	3,7	8,2

Grosse differenze tra un prodotto e l'altro, causate principalmente dai differenti valori di produttività e dalla tipologia di serra impiegata

(le serre a padiglione comportano mediamente impatti specifici minori delle serre a tunnel)

Analisi degli impatti: Consumo energetico per fase e per prodotto



LCA - BASI TEORICHE, CRITERI E METODOLOGIA

Grazie per l'attenzione

Prof. Ing Maurizio Cellura
e-mail: mcellura@dream.unipa.it

Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali (DREAM)
Università degli studi di Palermo Facoltà di Ingegneria,
Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italy