

ESERCITAZIONE SU SIMAPRO: LCA DI UNA MACCHINA ALIMENTARE

Ing. Ph.D. Roberta Stefanini
Ricercatrice RTDa presso UNIPR
roberta.stefanini@unipr.it



DI COSA PARLIAMO IN QUESTA LEZIONE?



Gli strumenti volontari di valutazione e certificazione della sostenibilità ambientale.

Metodologia Life Cycle Assessment (LCA): principi e linee guida. Le fasi dell'LCA. Caso studio aziendale di analisi LCA. Plastica o vetro? LCA come strumento di scelta.

Certificazione B Corporation: il percorso per l'ottenimento.

Carbon footprint di organizzazione e di prodotto: caratteristiche, norme di riferimento, vantaggi. Esempi pratici di certificazioni.

Water footprint: caratteristiche, norma di riferimento, vantaggi. Esempi pratici di casi aziendali.

I Sistemi di Gestione ambientale.

Etichette e dichiarazioni ambientali. Casi pratici di certificazioni di tipo I, II, III. Lettura di Environmental Product Declaration (EPD) di noti prodotti industriali.

Bilancio di sostenibilità: requisiti, contenuti, norme di riferimento. Approfondimento di bilanci di sostenibilità di due aziende scelte dagli studenti tra le proposte fornite.

Esercitazioni LCA in classe: guida al software SimaPro 9.5. Modellazione di un packaging.
Esercitazione avanzata: LCA di una macchina alimentare. Esercizio a gruppi sui confini del sistema.

INTRODUZIONE AL CASO STUDIO



Valutazione
d'impatto ambientale
di produzione e
sterilizzazione di un
impianto industriale



Quali sono i processi
che potenzialmente
causano più danni
all'ambiente?



Fase di produzione
VS
cicli di sterilizzazione:
quale impatta di più?

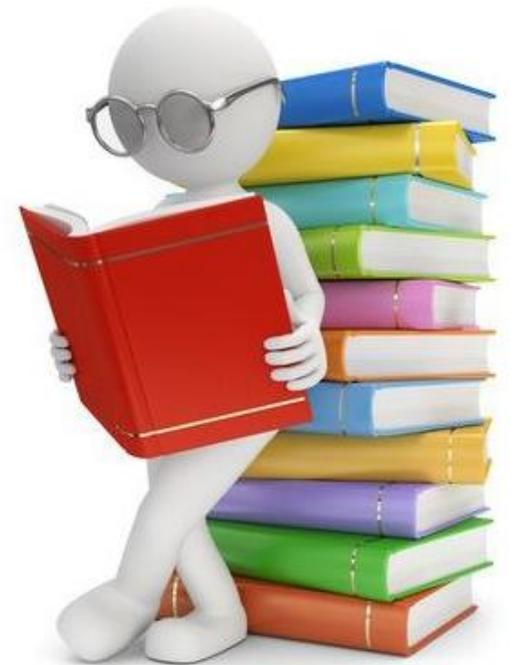


Quali miglioramenti si
potrebbero
apportare
all'impianto per
ridurne l'impatto?

CASO STUDIO

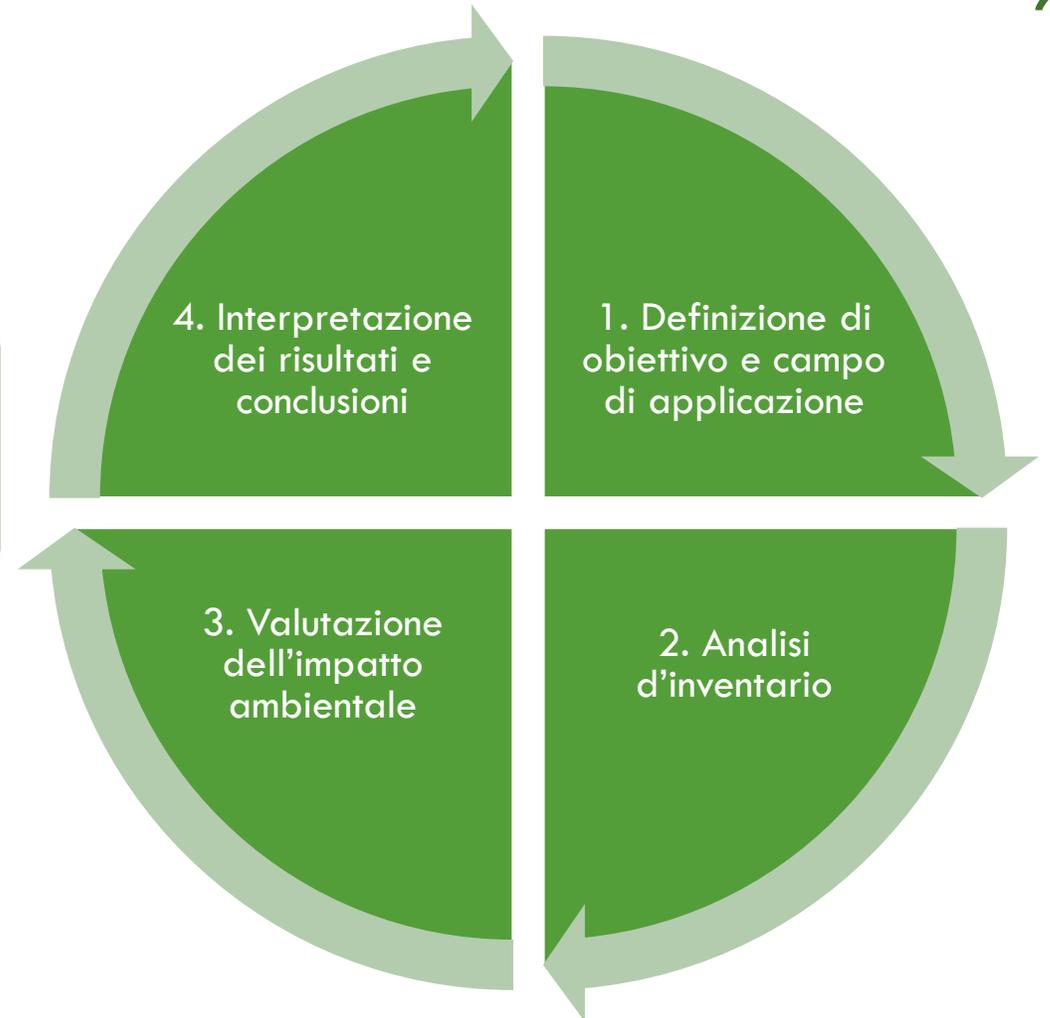


SISTEMA DI SOFFIAGGIO E STERILIZZAZIONE DELLE PREFORME PER LA CREAZIONE E RIEMPIMENTO DI BOTTIGLIE DI SUCCO D'ARANCIA



COME CONDURRE LO STUDIO?

- Conoscere le 4 fasi dell'LCA
- Seguirle per step (1-2-3-4), ma ricordarsi che sono iterative
- Vedere il processo/prodotto/servizio di persona
- Studiarne il funzionamento, i componenti, le caratteristiche e tutto ciò che potrebbe essere utile per svolgere più consapevolmente lo studio
- Serve un continuo confronto con l'azienda (soprattutto nelle fasi 1 e 2)
- Programmare meeting di aggiornamento
- Il lavoro in team è più produttivo



ESEMPIO DI MACCHINARIO PER LA SOFFIATURA DI PREFORME



1. DEFINIZIONE DI UF E CONFINI DEL SISTEMA

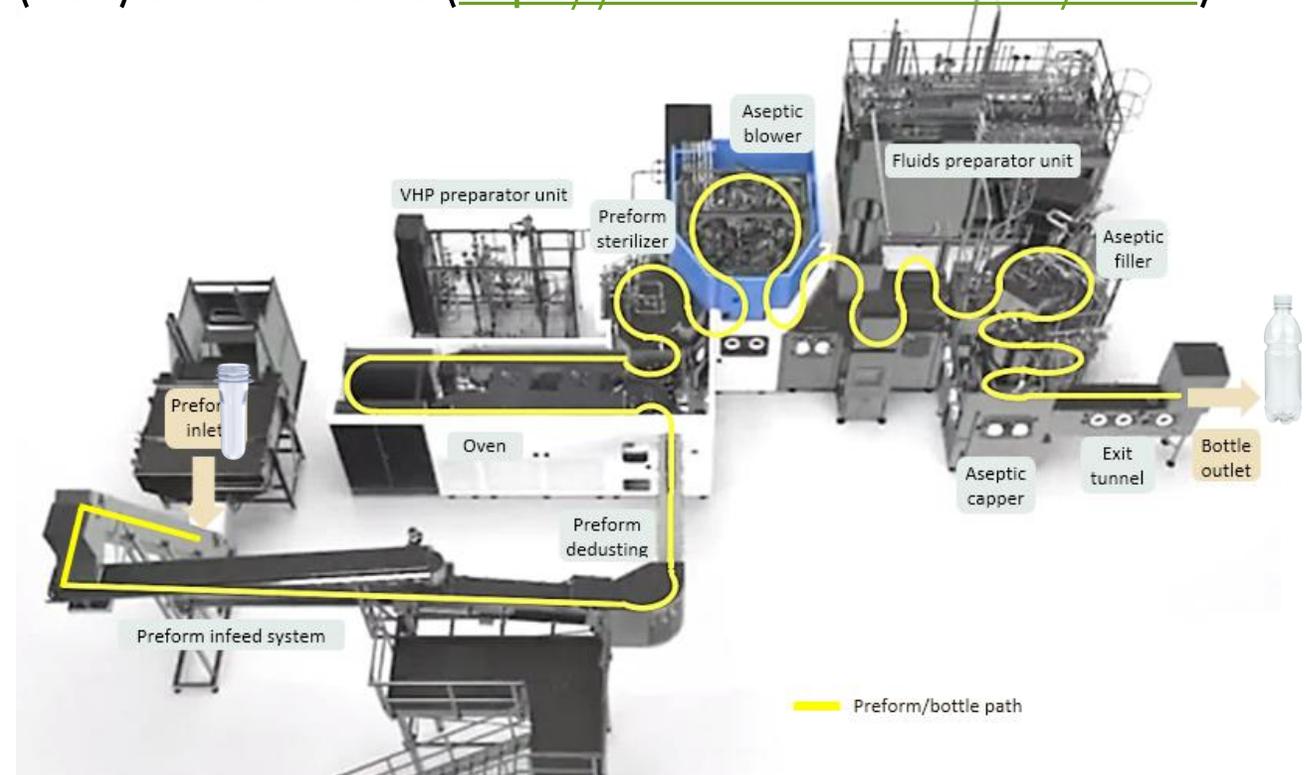


In base a cosa definisco l'Unità funzionale (UF)?

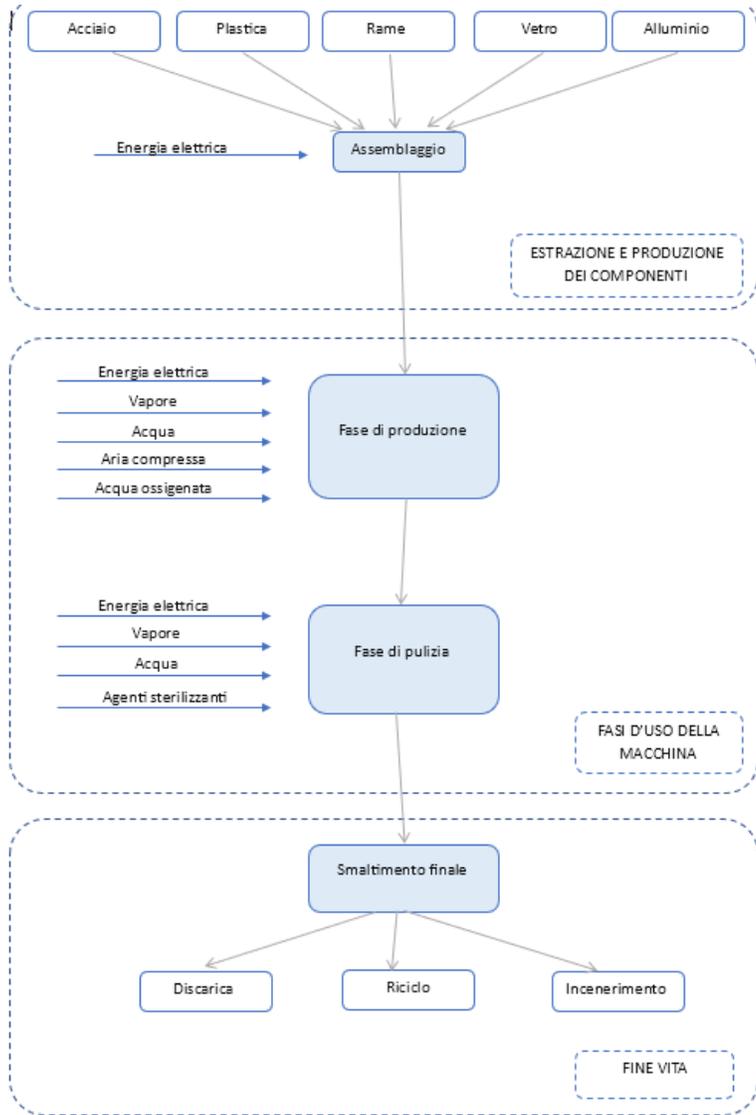
Possono esserci delle Product Category Rules (PCR) di riferimento (<https://www.environdec.com/home>).

In questo caso, la PCR di riferimento è *“Machines for filling and packaging of liquid food”*.

UF: *«1000 unità di packaging (bottiglie) approvate riempite (indipendentemente dal loro formato) create dalla macchina»*



ESERCIZIO: CONFINI DI SISTEMA DALLA CULLA ALLA TOMBA



Macrofasi:

ESTRAZIONE E PRODUZIONE DEI COMPONENTI

FASI D'USO DELLA MACCHINA

FINE VITA

Acqua ossigenata

Riciclo

Fase di pulizia

Vapore (x2)

Rame

Smaltimento finale

Assemblaggio

Discarica

Acciaio

Incenerimento

Energia elettrica (x3)

Alluminio

Acqua (x2)

Agenti sterilizzanti

Plastica

Fase di produzione

Aria compressa

Vetro

2. ANALISI D'INVENTARIO

Dove prendo i dati?

→ Dati primari

Li chiedo all'azienda (opzione migliore)

→ Dati secondari o terziari

Li ricavo ad esempio da macchine simili o da studi simili in letteratura (Database Scopus, Science Direct, Google Scholar, etc.)

Occorre uno spazio per salvare i dati

→ ES: TABELLE EXCEL



2. RACCOLTA DATI: MATERIALI COSTITUENTI



L'azienda ha fornito i materiali costituenti la macchina ed ha stimato il loro peso. La macchina ha 15 anni di vita utile e una produzione di 100 milioni di bottiglie/anno). Come riportare tali dati all'unità funzionale di 1000 bottiglie?

*Produzione bottiglie in 15 anni = 15 anni * 100000000 bottiglie/anno = 1650000000 bottiglie*

*Impatto riferito all'UF = Impatto componente / 1650000000 bottiglie * 1000 bottiglie*

Materiale	Peso [kg]	Valore riportato all'UF [kg/UF]
Acciaio 18/8	39578	2,6385E-05
Alluminio	1883	1,2556E-06
Plastiche (25% Nylon, 25% Poliuretano, 25% PVC, 25% Polietilene)	1228	8,1867E-07
Gomme sintetiche	319	2,1271E-07
Vetro	173	1,1522E-07

2. RACCOLTA DATI: CONSUMI PRODUZIONE



L'azienda ha fornito i seguenti consumi orari della macchina durante la fase di produzione. In un'ora si producono 22.000 bottiglie. Per riportare all'unità funzionale (1000 bottiglie), come si fa?

CONSUMI IN PRODUZIONE	Valore fornito	Unità di misura	Valore riportato all'UF	Unità di misura
ARIA COMPRESSA(600 kPa)	218	m ³ /h	9,91	m ³ /UF
ACQUA	1046	l/h	47,55	l/UF
VAPORE	217	kg/h	9,86	kg/UF
ACQUA OSSIGENATA 50%	13	kg/h	0,59	kg/UF
ENERGIA ELETTRICA	242	kWh	11,00	kWh/UF

NB: Poiché i consumi forniti sono orari, bisogna riportarli all'unità funzionale, dividendo il consumo per le 22.000 bottiglie prodotte in un'ora e moltiplicandolo per 1000.

$$\text{Consumo produzione riportato ad UF} = \frac{\text{Consumo}}{22.000 \text{ bottiglie}} * 1000 \text{ bottiglie}$$

2. RACCOLTA DATI: CONSUMI PULIZIA/STERILIZZAZIONE

L'azienda ha fornito i consumi della macchina durante le fasi di pulizia e sterilizzazione (detti CIP e SIP). Le operazioni si verificano ogni 162h di produzione. Per riportare all'unità funzionale (1000 bottiglie), come si fa?

NB: Poiché queste operazioni avvengono ogni 162 h, per trovare il consumo per unità funzionale, si divide per la produttività totale di bottiglie in 162h e si moltiplica per 1000.

$$\text{Bottiglie prodotte in 162h} = 22000 \frac{b}{h} * 162h = 3.564.000 \text{ bottiglie}$$

$$\text{Consumo CIP/SIP riportato ad UF} = \frac{\text{Consumo}}{3.564.000 \text{ bottiglie}} * 1000 \text{ bottiglie}$$

CONSUMI CIP/SIP	Valore	Unità di misura	Valore riportato all'UF	Unità di misura
ACQUA	12.682	l/ciclo	3,56	l/UF
ARIA COMPRESSA (600 kPa)	204	m ³ /ciclo	0,0572	m ³ /UF
VAPORE	1462	kg/ciclo	0,41	kg/UF
SODA CAUSTICA 50%	38	kg/ciclo	0,0107	kg/UF
ACIDO NITRICO 50%	20	kg/ciclo	0,0056	kg/UF
ACQUA OSSIGENATA 50%	6	kg/ciclo	0,0017	kg/UF
ENERGIA ELETTRICA	408	kWh/ciclo	0,114	kWh/UF



DATI RACCOLTI... E ORA?

Una volta raccolti i consumi (o più in generale tutti gli input e gli output da considerare nel proprio studio), bisogna **MODELLARLI** e ricrearli su SimaPro

→ Per fare questo, si usano le banche dati che sono disponibili nel software (ed esempio: Ecoinvent).

(...)

**MODELLAZIONE
SVOLTA IN CLASSE SU
SIMAPRO**

3. ANALISI DEGLI IMPATTI



Ricreati gli assemblaggi su SimaPro, ora è il momento di calcolarne l'impatto ambientale.

Scegliamo di utilizzare il **metodo Europeo - EPD (2018)**

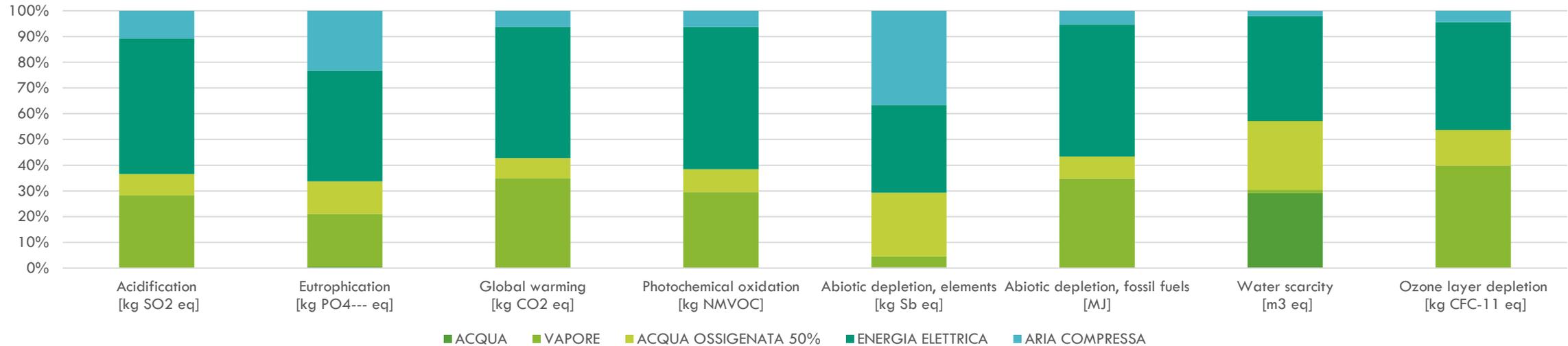
- Calcolare l'impatto dei materiali costituenti (→ tasto «Analizza»)
- Calcolare l'impatto della sola produzione (→ tasto «Analizza»)
- Calcolare l'impatto di CIP/SIP (→ tasto «Analizza»)



3. ANALISI DEGLI IMPATTI: PRODUZIONE



Impatto produzione (UF: 1000 bottiglie)

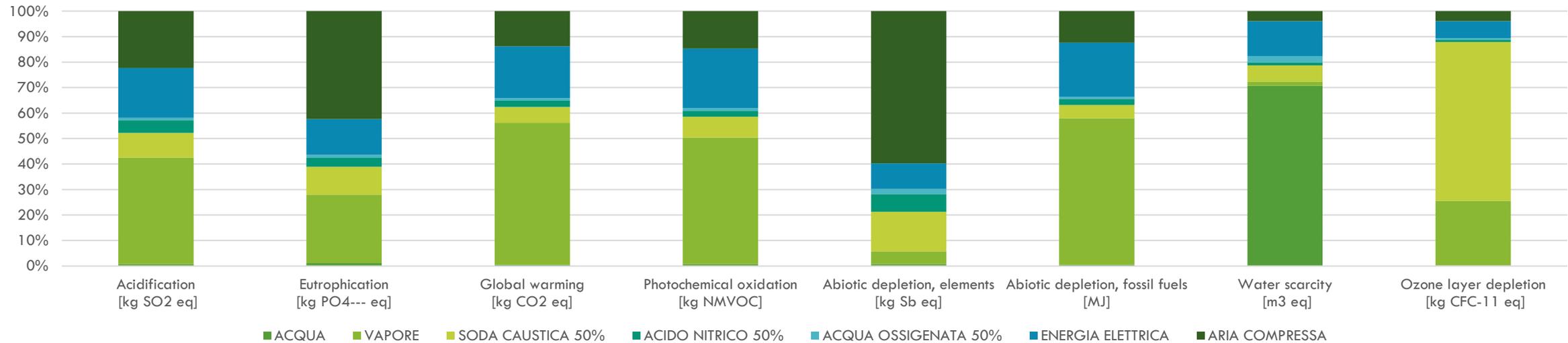


CATEGORIE DI IMPATTO (EPD 2018)	ACQUA	VAPORE	ACQUA OSSIGENATA 50%	ENERGIA ELETTRICA	ARIA COMPRESSA
Acidification [kg SO ₂ eq]	6.73E-05	6.91E-03	2.07E-03	1.30E-02	2.65E-03
Eutrophication [kg PO ₄ --- eq]	3.59E-05	1.53E-03	9.54E-04	3.22E-03	1.74E-03
Global warming [kg CO ₂ eq]	1.46E-02	2.98E+00	6.75E-01	4.37E+00	5.31E-01
Photochemical oxidation [kg NMVOC]	5.48E-05	6.96E-03	2.11E-03	1.31E-02	1.48E-03
Abiotic depletion, elements [kg Sb eq]	7.69E-08	9.72E-07	5.64E-06	7.78E-06	8.36E-06
Abiotic depletion, fossil fuels [MJ]	1.64E-01	3.92E+01	9.85E+00	5.82E+01	6.07E+00
Water scarcity [m ³ eq]	1.91E+00	7.92E-02	1.75E+00	2.66E+00	1.36E-01
Ozone layer depletion [kg CFC-11 eq]	4.13E-10	7.82E-08	2.74E-08	8.29E-08	8.68E-09

3. ANALISI DEGLI IMPATTI: CIP/SIP



Impatto durante i cicli CIP/SIP (UF: 1000 bottiglie)

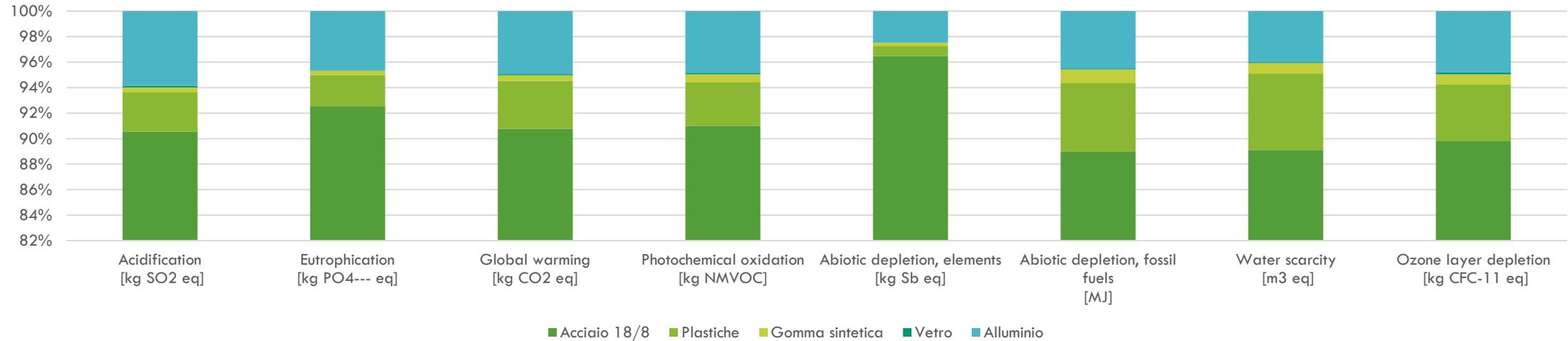


CATEGORIE DI IMPATTO (EPD 2018)	ACQUA	VAPORE	SODA CAUSTICA 50%	ACIDO NITRICO 50%	ACQUA OSSIGENATA 50%	ENERGIA ELETTRICA	ARIA COMPRESSA
Acidification [kg SO ₂ eq]	5.04E-06	2.87E-04	6.71E-05	3.46E-05	5.95E-06	1.35E-04	1.53E-04
Eutrophication [kg PO ₄ --- eq]	2.69E-06	6.36E-05	2.58E-05	8.37E-06	2.75E-06	3.33E-05	1.00E-04
Global warming [kg CO ₂ eq]	1.09E-03	1.24E-01	1.37E-02	5.68E-03	1.94E-03	4.53E-02	3.07E-02
Photochemical oxidation [kg NMVOC]	4.10E-06	2.89E-04	4.79E-05	1.35E-05	6.08E-06	1.36E-04	8.55E-05
Abiotic depletion, elements [kg Sb eq]	5.76E-09	4.04E-08	1.25E-07	5.65E-08	1.62E-08	8.06E-08	4.83E-07
Abiotic depletion, fossil fuels [MJ]	1.23E-02	1.63E+00	1.46E-01	6.40E-02	2.84E-02	6.03E-01	3.50E-01
Water scarcity [m ³ eq]	1.43E-01	3.29E-03	1.29E-02	2.42E-03	5.05E-03	2.76E-02	7.86E-03
Ozone layer depletion [kg CFC-11 eq]	3.09E-11	3.25E-09	8.02E-09	1.11E-10	7.89E-11	8.59E-10	5.01E-10

3. ANALISI DEGLI IMPATTI: MATERIALI COSTITUENTI



Impatto materiali costituenti (UF: 1000 bottiglie)

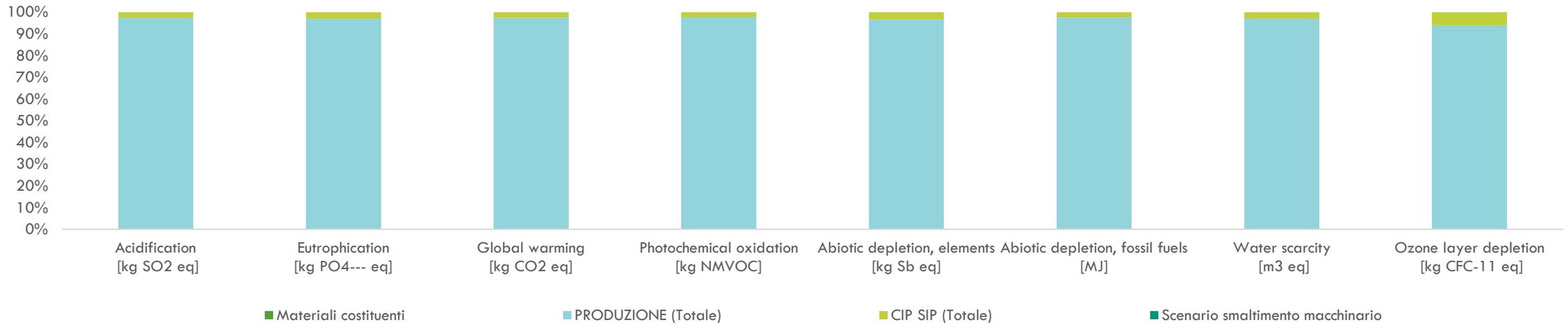


CATEGORIE DI IMPATTO (EPD 2018)	Acciaio 18/8	Plastiche	Gomma sintetica	Vetro	Alluminio
Acidification [kg SO ₂ eq]	6.33E-07	2.16E-08	2.64E-09	9.63E-10	4.09E-08
Eutrophication [kg PO ₄ --- eq]	2.03E-07	5.33E-09	7.3E-10	1.18E-10	1.01E-08
Global warming [kg CO ₂ eq]	0.00013	5.38E-06	6.25E-07	1.16E-07	7.07E-06
Photochemical oxidation [kg NMVOC]	4.82E-07	1.8E-08	3.39E-09	6.29E-10	2.56E-08
Abiotic depletion, elements [kg Sb eq]	3.31E-09	2.72E-11	8.36E-12	6.69E-13	8.46E-11
Abiotic depletion, fossil fuels [MJ]	0.001314	7.93E-05	1.59E-05	1.16E-06	6.63E-05
Water scarcity [m ³ eq]	3.68E-05	2.48E-06	3.34E-07	2.61E-08	1.65E-06
Ozone layer depletion [kg CFC-11 eq]	1.35E-12	6.69E-14	1.18E-14	2.14E-15	7.26E-14

CREAZIONE TABELLA E GRAFICI IN EXCEL (4 FASI):



Impatto di una sterilizzatrice e riempitrice aseptica (Unità funzionale: 1000 bottiglie)



CATEGORIE DI IMPATTO (EPD 2018)	Materiali costituenti	PRODUZIONE (Totale)	CIP SIP (Totale)	Scenario smaltimento macchinario
Acidification [kg SO ₂ eq]	6.99E-07	2.47E-02	6.88E-04	4.68E-10
Eutrophication [kg PO ₄ --- eq]	2.19E-07	7.47E-03	2.37E-04	1.58E-09
Global warming [kg CO ₂ eq]	1.43E-04	8.57E+00	2.22E-01	1.19E-06
Photochemical oxidation [kg NMVOC]	5.29E-07	2.37E-02	5.83E-04	5.87E-10
Abiotic depletion, elements [kg Sb eq]	3.43E-09	2.28E-05	8.07E-07	1.58E-13
Abiotic depletion, fossil fuels [MJ]	1.48E-03	1.14E+02	2.84E+00	7.08E-07
Water scarcity [m ³ eq]	4.13E-05	6.54E+00	2.02E-01	3.31E-08
Ozone layer depletion [kg CFC-11 eq]	1.51E-12	1.98E-07	1.29E-08	7.33E-15

4. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI



Commentare ad analizzare i risultati ottenuti (cercare di capire il perché dei risultati). E poi? Mi chiedo:

QUALI SUGGERIMENTI POTREI DARE ALL'AZIENDA?

- La fase più impattante del ciclo di vita è la produzione, come mai?
- Tra i consumi più impattanti in produzione, vi è l'energia elettrica. Come si potrebbe abbassare tale impatto?
- Confronto delle fasi: la produzione è molto più impattante del ciclo CIP/SIP. Da dove si suggerisce di partire per fare miglioramenti?



Infine: scrivere un report, fare un ppt, sintetizzare e presentare i dati.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Roberta Stefanini
roberta.stefanini@unipr.it

