



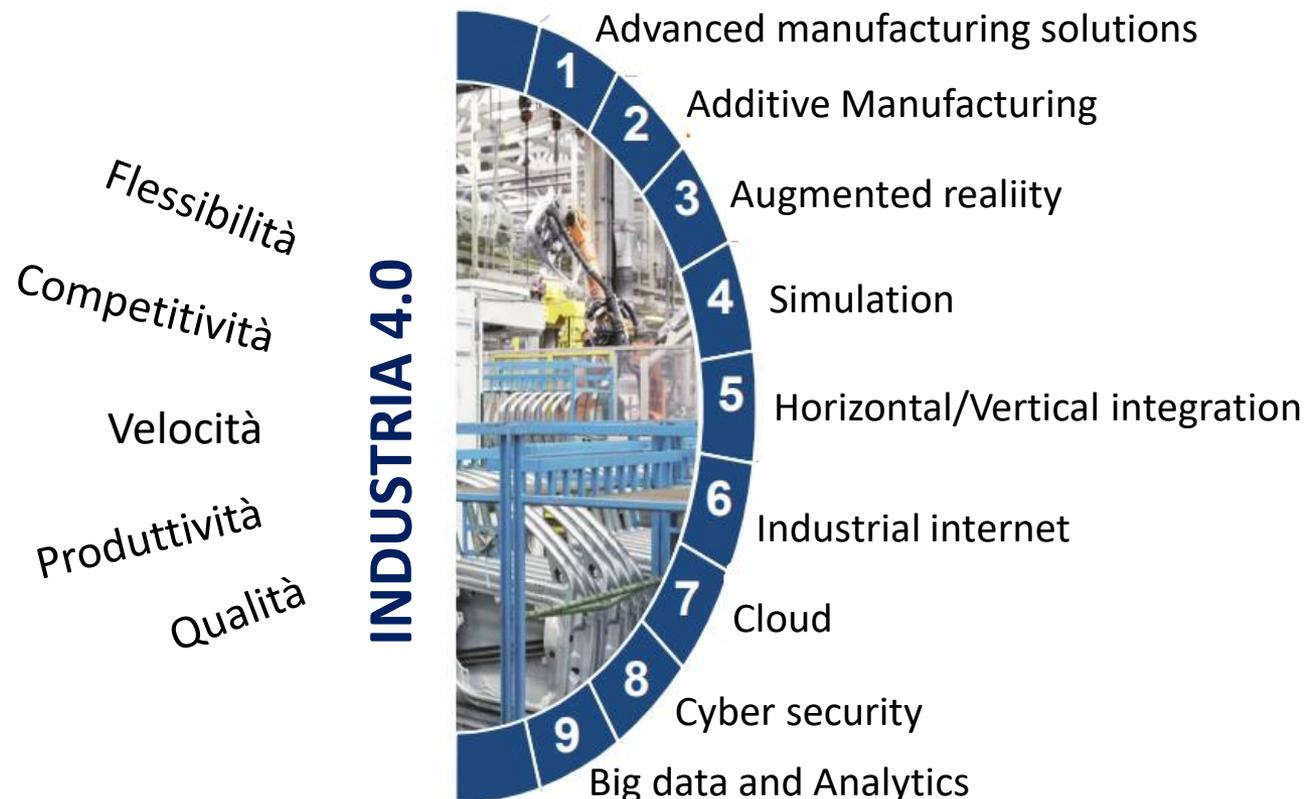
# “Il progetto H2020 – DREAM La sostenibilità ambientale della fabbricazione additiva di protesi femorali”

Marta Marassi



# Additive Manufacturing

«un processo di **unione** di materiali per realizzare oggetti a partire da dati di un **modello tridimensionale**, solitamente **strato su strato**, in contrapposizione alle tradizionali metodologie sottrattive»



# Additive Manufacturing



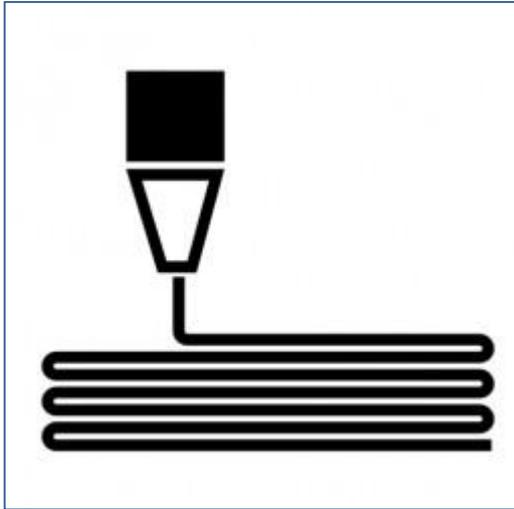
- Riduzione tempistiche tra idea e produzione
- No assemblaggio
- Flessibilità di progettazione
- No manodopera specializzata
- *Mass customization*
- Riduzione scarti
- Riciclo materiali
- Prodotti leggeri



- Qualità superficiale
- Dimensioni
- Varietà materiali
- Costi
- Tempistiche

# Il confronto

## ADDITIVE MANUFACTURING



Principio di fabbricazione

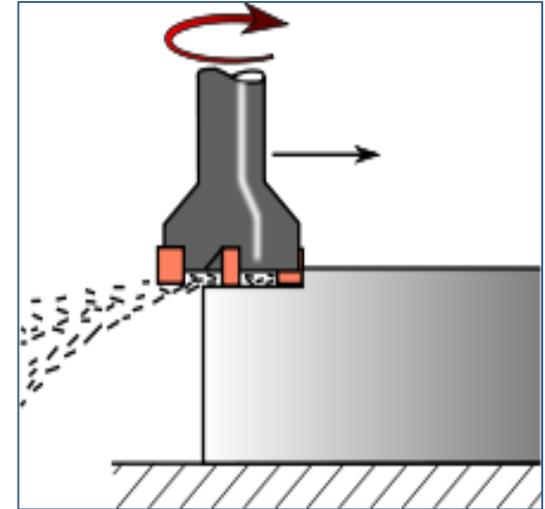
Velocità processo

Fasi di produzione

Scarti

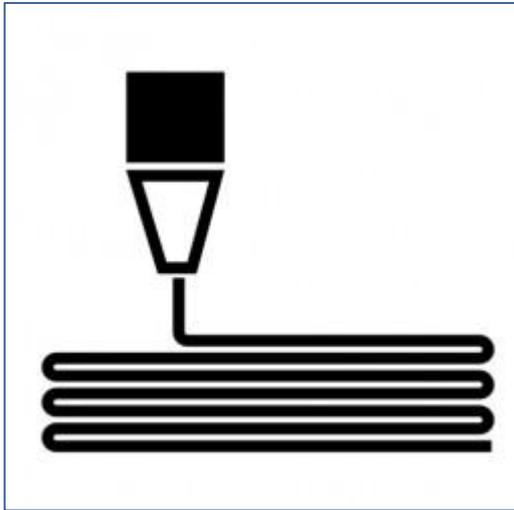
Costi

## PRODUZIONE TRADIZIONALE



# Il confronto

## ADDITIVE MANUFACTURING



Principio di fabbricazione

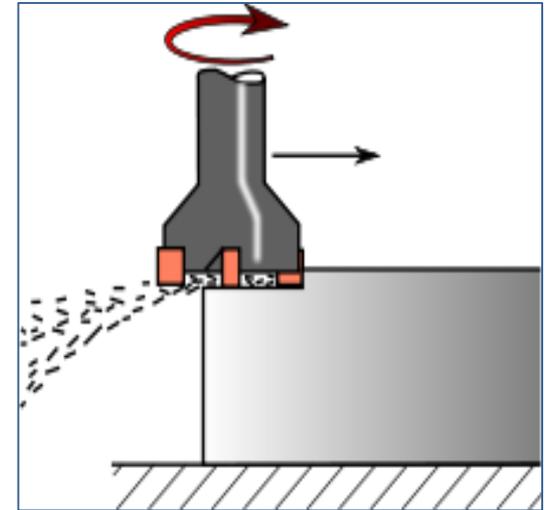
Velocità processo

Fasi di produzione

Scarti

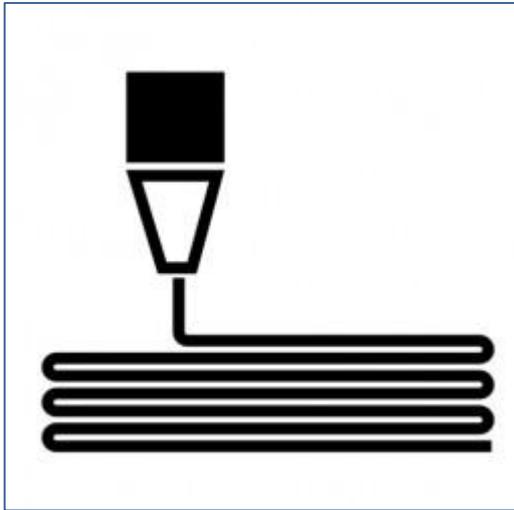
Costi

## PRODUZIONE TRADIZIONALE



# Il confronto

## ADDITIVE MANUFACTURING



Principio di fabbricazione

Velocità processo

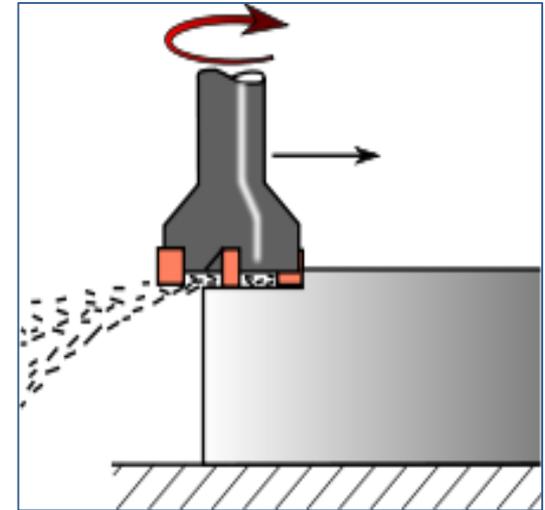
Fasi di produzione

Scarti

Costi

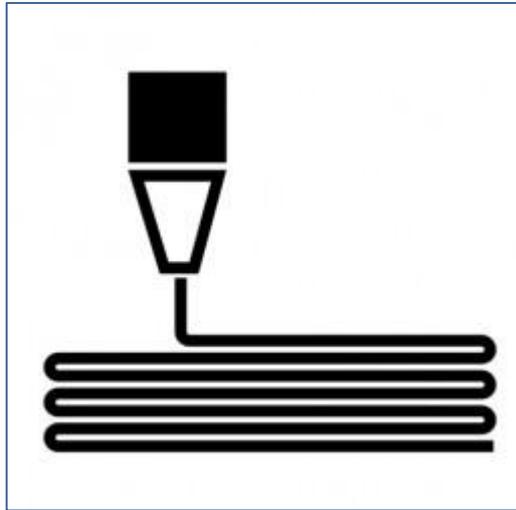


## PRODUZIONE TRADIZIONALE



# Il confronto

## ADDITIVE MANUFACTURING



Principio di fabbricazione

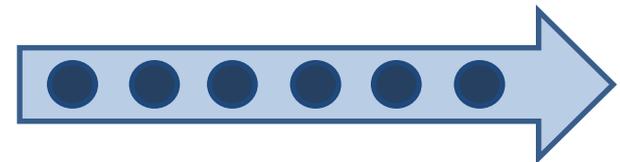
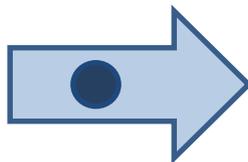
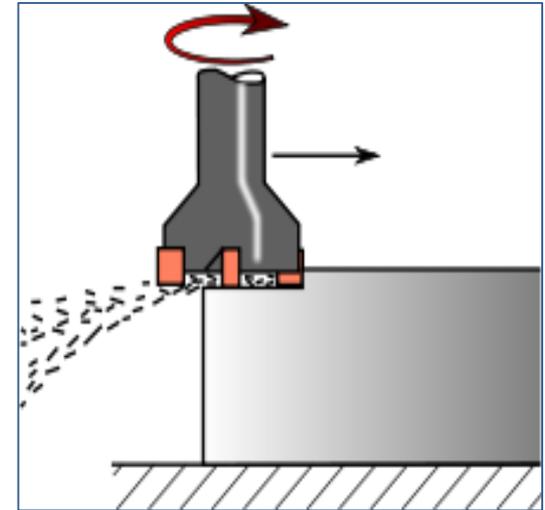
Velocità processo

Fasi di produzione

Scarti

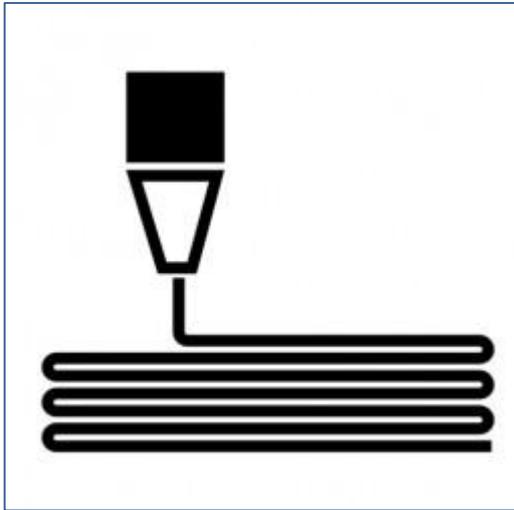
Costi

## PRODUZIONE TRADIZIONALE



# Il confronto

## ADDITIVE MANUFACTURING



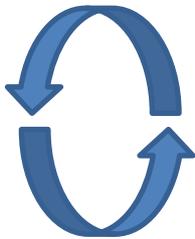
Principio di fabbricazione

Velocità processo

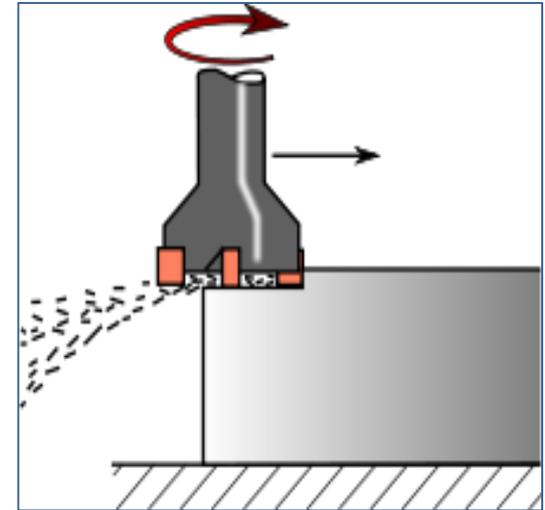
Fasi di produzione

Scarti

Costi

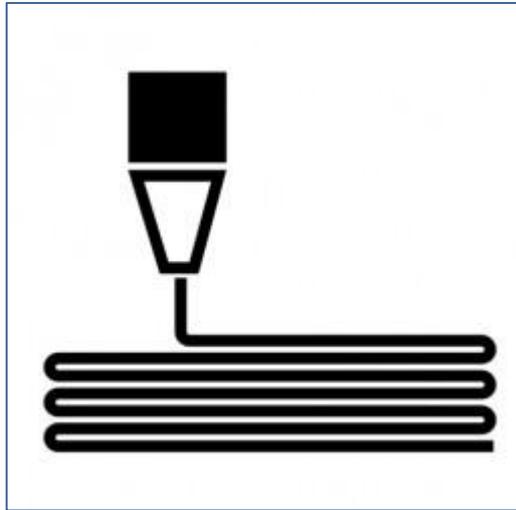


## PRODUZIONE TRADIZIONALE



# Il confronto

## ADDITIVE MANUFACTURING



Principio di fabbricazione

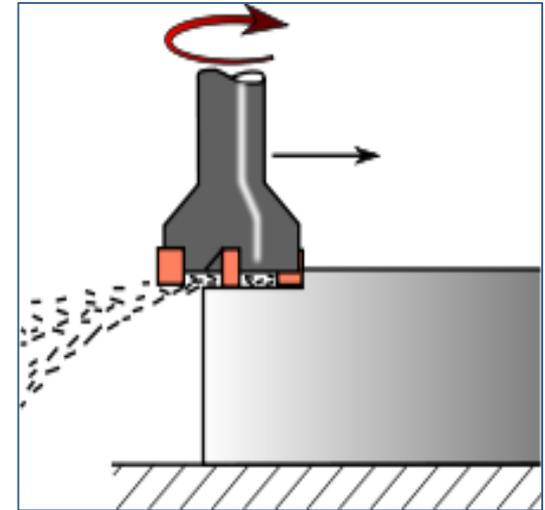
Velocità processo

Fasi di produzione

Scarti

Costi

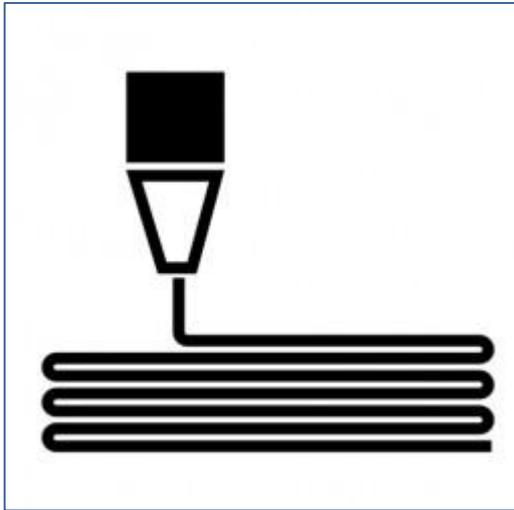
## PRODUZIONE TRADIZIONALE



**FISSI**

# Il confronto

## ADDITIVE MANUFACTURING



Principio di fabbricazione

Velocità processo

Fasi di produzione

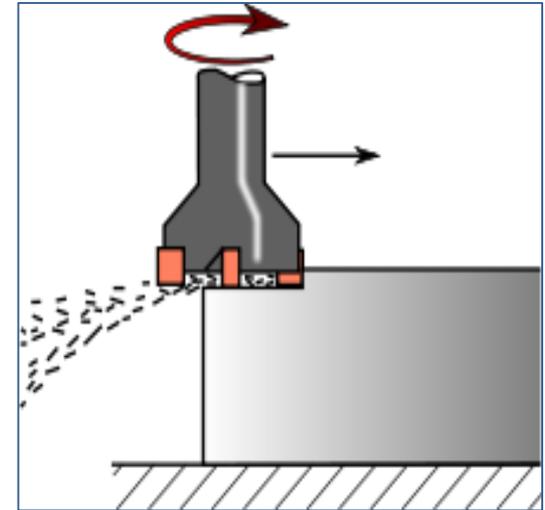
Scarti

Costi



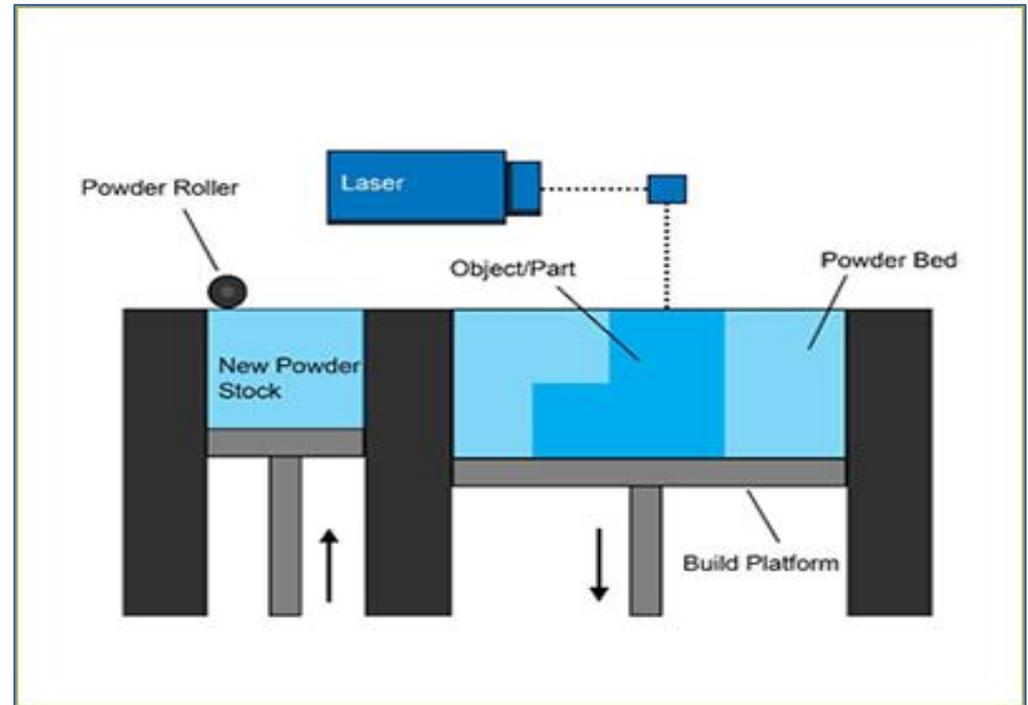
**VARIABILI**

## PRODUZIONE TRADIZIONALE



# La tecnologia studiata

- 1) Binder jetting
- 2) Direct energy deposition
- 3) Material extrusion
- 4) Material jetting
- 5) Powder bed fusion
- 6) Sheet welding
- 7) Vat photo-polymerization



# *Il sistema studiato: EOS M 290*



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA



**4° Seminario Tecnico LCA – Reggio Emilia, 11 Aprile 2018**

# LCA delle protesi femorali (ISO 14040/44)

## **Obiettivo dello studio:**

Valutazione d'impatto ambientale attraverso la metodologia LCA (*Life Cycle Assessment*) del danno dovuto alla produzione, all'uso e al fine vita di un impianto di additive manufacturing per la produzione di protesi femorali in lega di titanio (Ti6Al4V)

**Confini del sistema:** dalla culla al cancello.

**Qualità dei dati:** dati primari e secondari (analisi di letteratura).

**Software di calcolo:** Simapro 8.3.

**Metodo di valutazione:** IMPACT 2002+ modificato.

# Le modifiche al metodo

Categorie di impatto aggiunte:

- **Carcinogens, indoor**



Emissione indoor di **metalli**

- **Non-carcinogens, indoor**



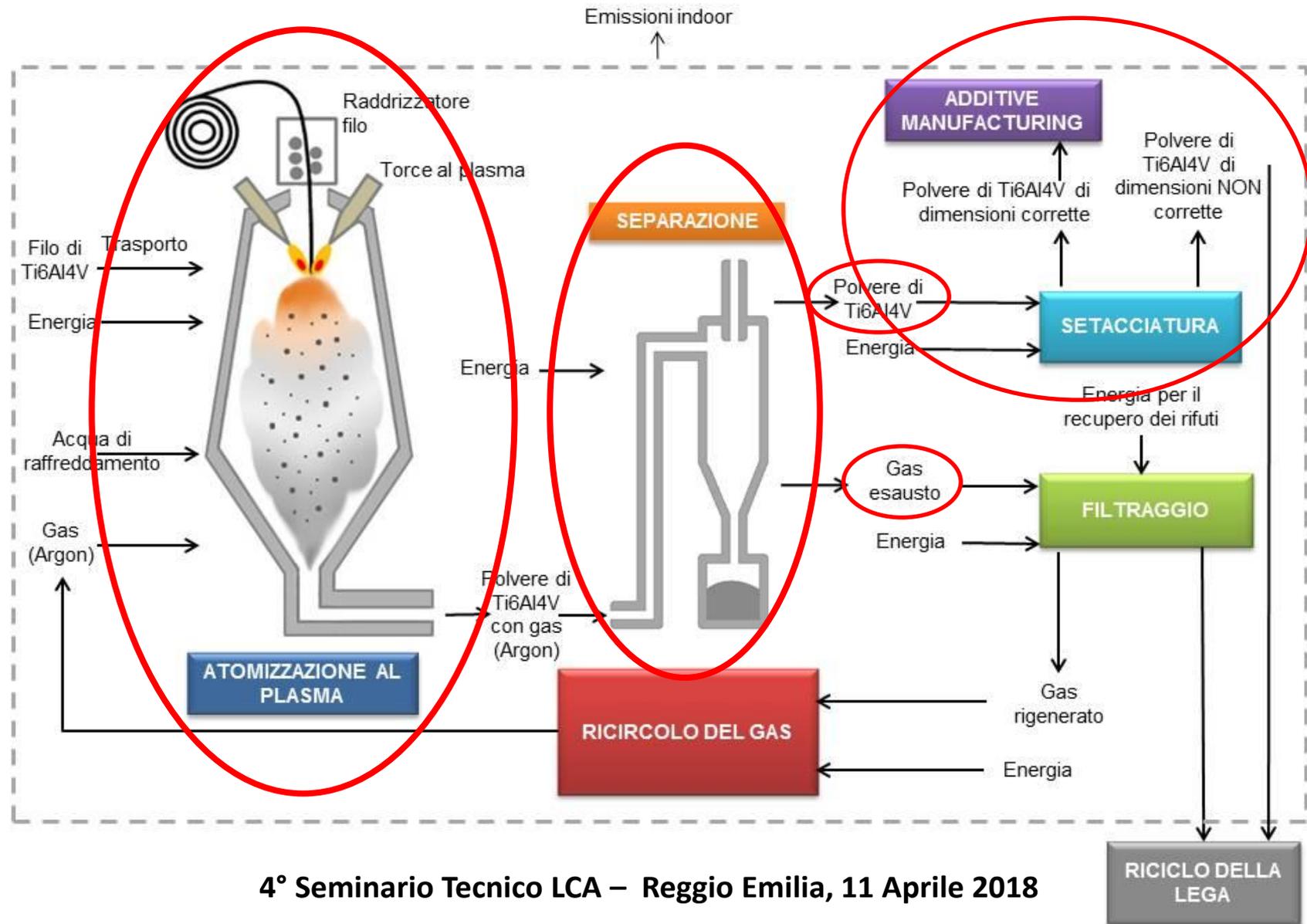
Emissione indoor di **argon**



Categoria di danno:

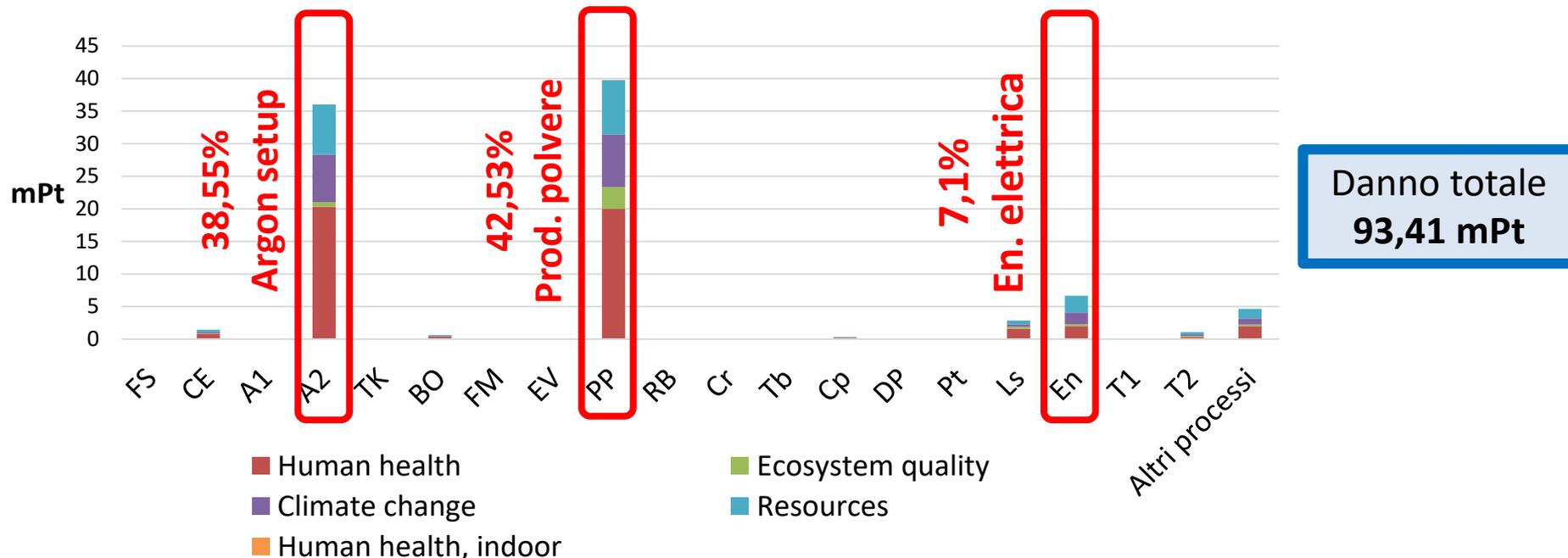
**Human health, indoor**

# Il processo di produzione della polvere



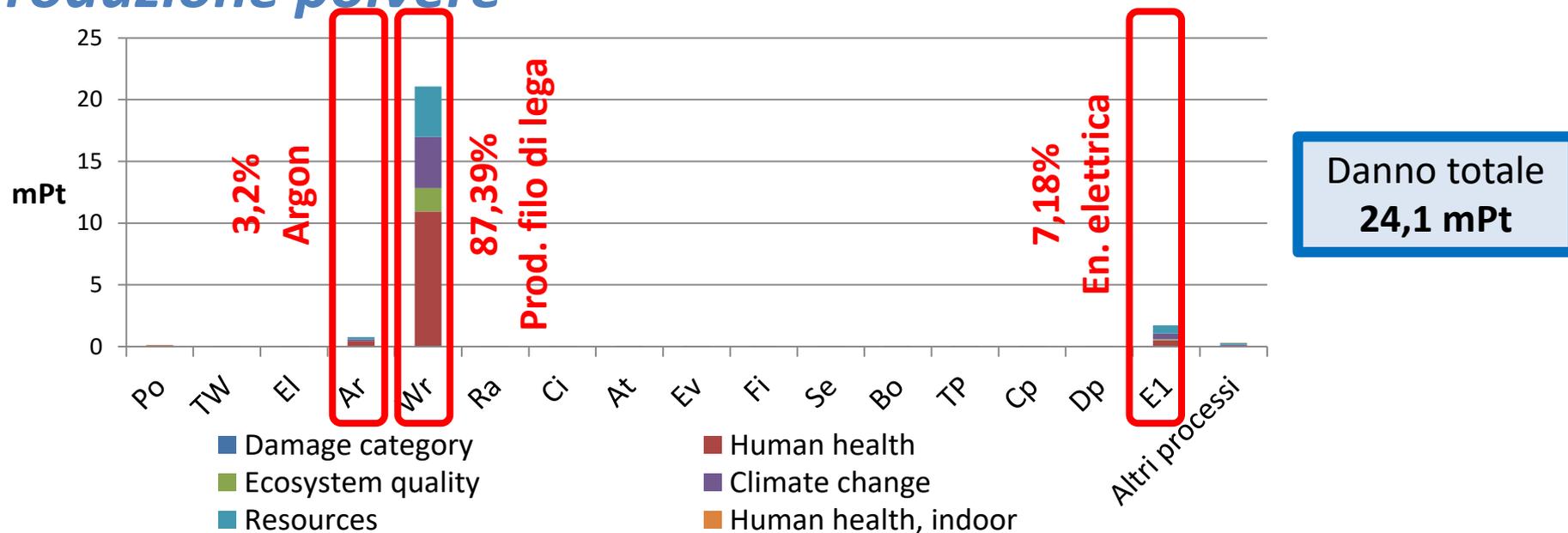


# Analisi dei risultati – Produzione protesi



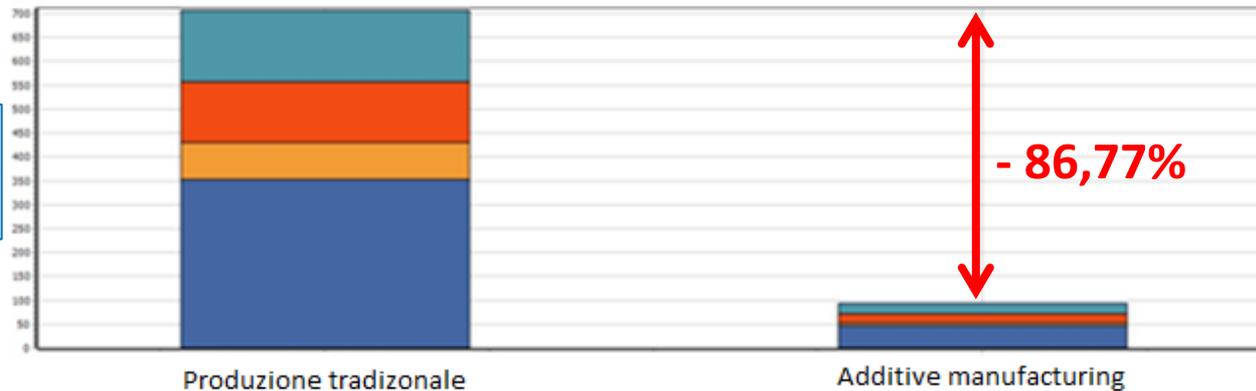
Categoria di danno	%	Causa principale	Processo
Human health	50,71	Particulates, <2,5 mm (air)	Argon setup
Resources	23,04	Coal, hard	Prod. polvere
Climate change	20,47	Carbon dioxide, fossil	Prod. polvere
Ecosystem quality	5,76	Occupation, industrial area	Prod. polvere
Human health, indoor	0,0041	Argon, indoor	Emissione diretta

# Analisi di sensibilità: Produzione polvere



Categoria di danno	%	Causa principale	Processo
Human health	50,35	Particulates, <2,5 mm (air)	Prod. filo di lega
Resources	20,99	Coal, hard	Prod. filo di lega
Climate change	20,23	Carbon dioxide, fossil	Prod. filo di lega
Ecosystem quality	8,42	Occupation, industrial area	Fornace prod. filo di lega
Human health, indoor	0,0095	Metals, unspecified indoor	Prod. polvere

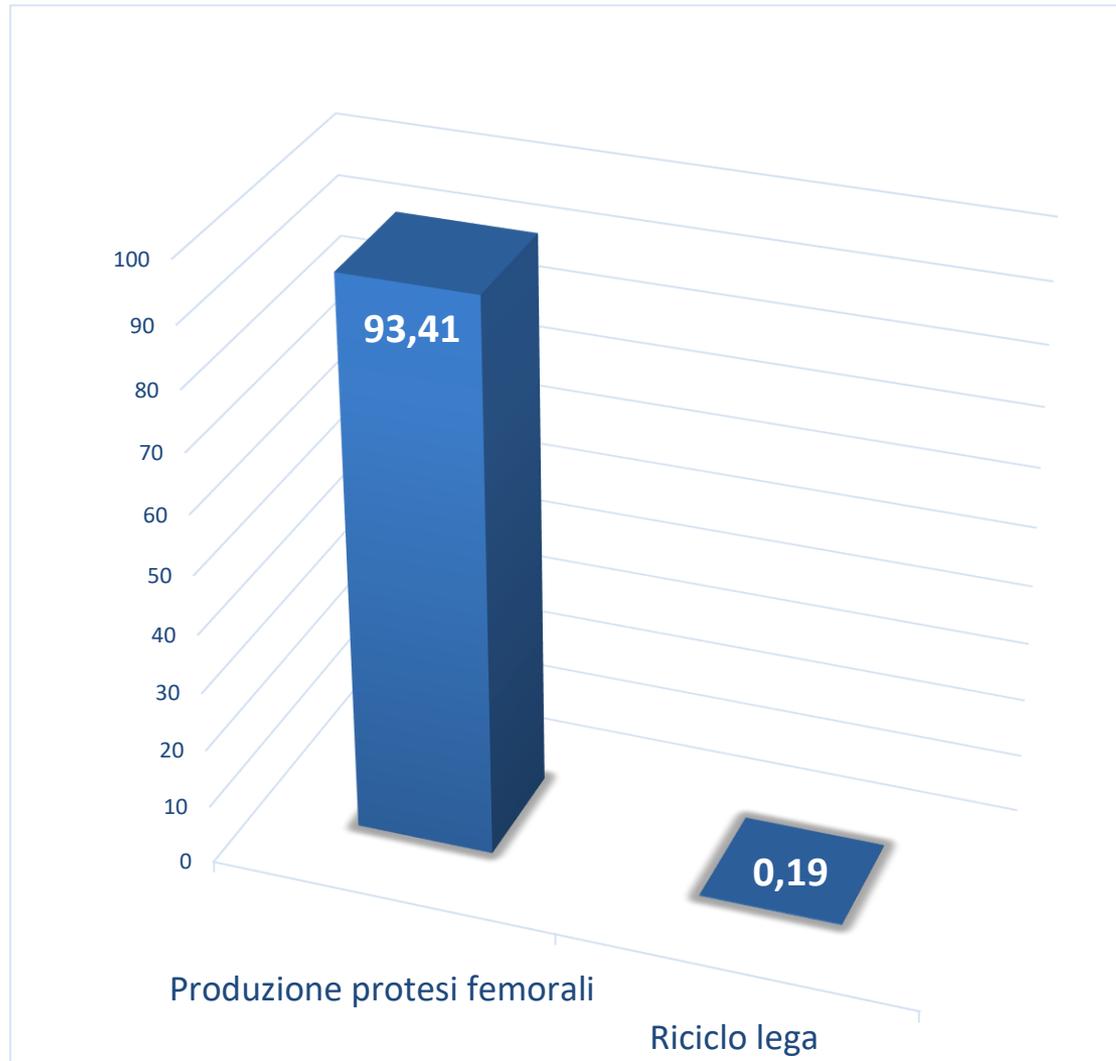
# Analisi di sensibilità : Confronto con produzione tradizionale



- Human health
- Ecosystem quality
- Climate change
- Resources
- Human health, indoor
- Energia rinnovabile

Categoria di danno	Riduzione %	Causa principale	Processo
Human health, indoor	94,67	<i>Metals, unspecified indoor</i>	Emissione diretta
Ecosystem quality	93,04	<i>Occupation, industrial area</i>	Fornace
Human health	86,58	<i>Particulates, &lt;2,5 mm</i>	Energia elettrica
Resources	85,52	<i>Carbon dioxide, fossil</i>	Energia elettrica
Climate change	84,93	<i>Carbon dioxide, fossil</i>	Energia elettrica

# Analisi di sensibilità : Fine vita delle protesi



Danno totale  
**93,6 mPt**

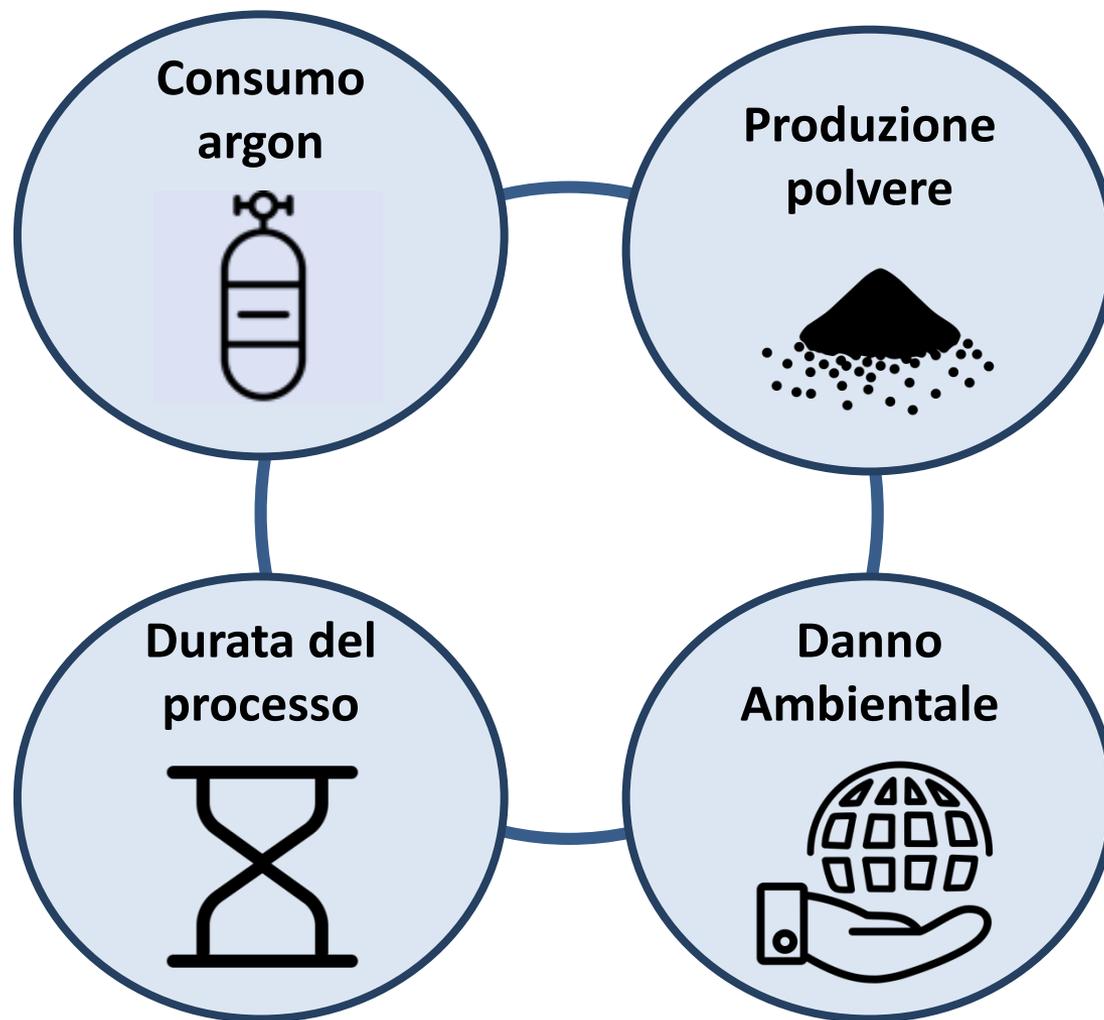
**0,02%**

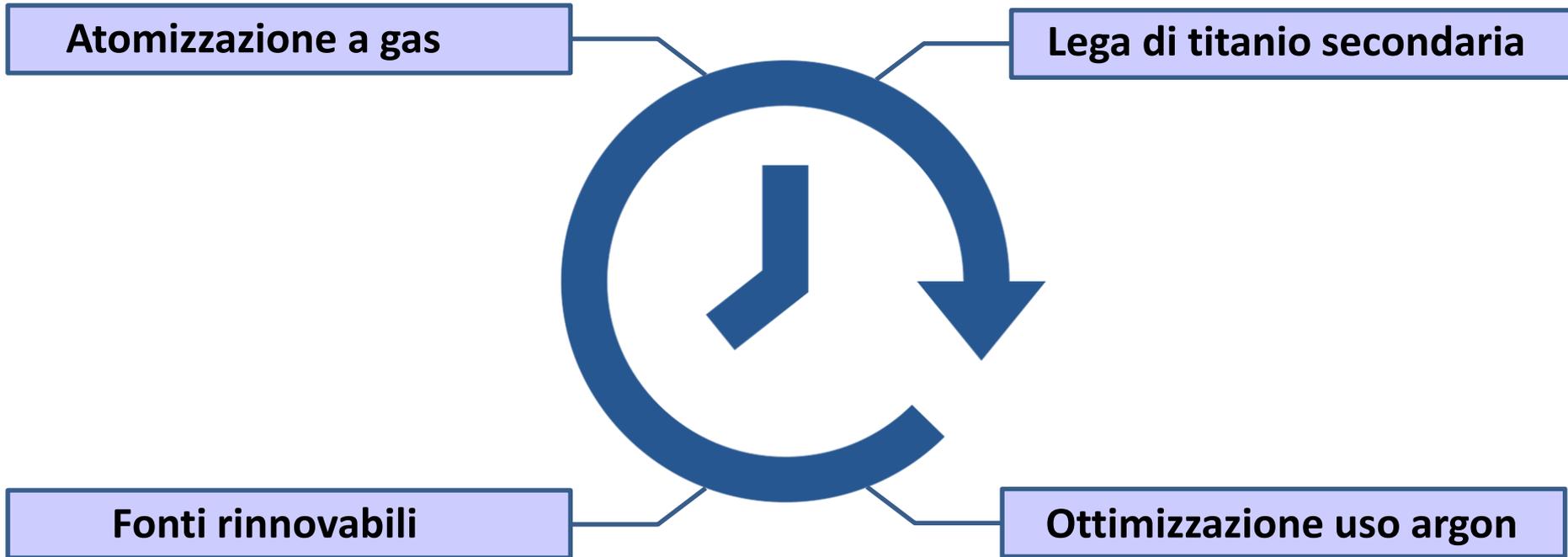
Danno totale  
**93,41 mPt**

# Calcolo dei costi esterni

Metodo	Abiotic stock resources [ELU]	Human health [ELU]	Building technology [ELU]	Biodiversity [ELU]	Access to water [ELU]	Ecosystem services [ELU]		Totale [GELU]
EPS 2015	200,76 ELU	60,07 ELU	0,0054 ELU	0,0023 ELU	0,041 ELU	0,6854 ELU	/	261,56 ELU
Metodo	Resources [€]	Human health [€]	Climate change [€]	Ecosystem quality [€]			Non-carcinogens indoor [€]	Totale [G€]
IMPACT 2002+	61,78 €	10,34 €	1,48 €	0,3113716 €	/	/	0,00089 €	73,91 €

# Conclusioni







**UNIMORE**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

***Grazie per l'attenzione***

**This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 723699.**

**This presentation reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.**

**4° Seminario Tecnico LCA – Reggio Emilia, 11 Aprile 2018**