

Life Cycle Assessment (LCA) e Life Cycle Costing (LCC) nel Green Public Procurement

1. Perché e quando?
2. Come? Alcuni esempi di LCA e LCC.

METTIAMOCI IN RIGA



LCA (Life Cycle Assessment) e LCC (Life Cycle Costing)

Che cosa sono

Cosa s'intende per "analisi del ciclo di vita" (LCA)?

→ Metodologia per valutare l'impatto ambientale e il consumo di risorse in tutte le fasi del ciclo di vita di prodotti, servizi e lavori



Alberta Congeduti FE

LCA (Life Cycle Assessment) e LCC (Life Cycle Costing)

Che cosa sono

Cosa s'intende per "analisi del ciclo di vita" (LCA)?

→ Metodologia per valutare l'impatto ambientale e il consumo di risorse in tutte le fasi del ciclo di vita di prodotti, servizi e lavori



LCA: come può essere usato?



→ 100 soluzioni più efficaci per invertire il riscaldamento globale:
Project Drawdown

DRAWDOWN

100
SOLUTIONS
TO REVERSE
GLOBAL
WARMING
BY 2050

RANKED BY IMPACT

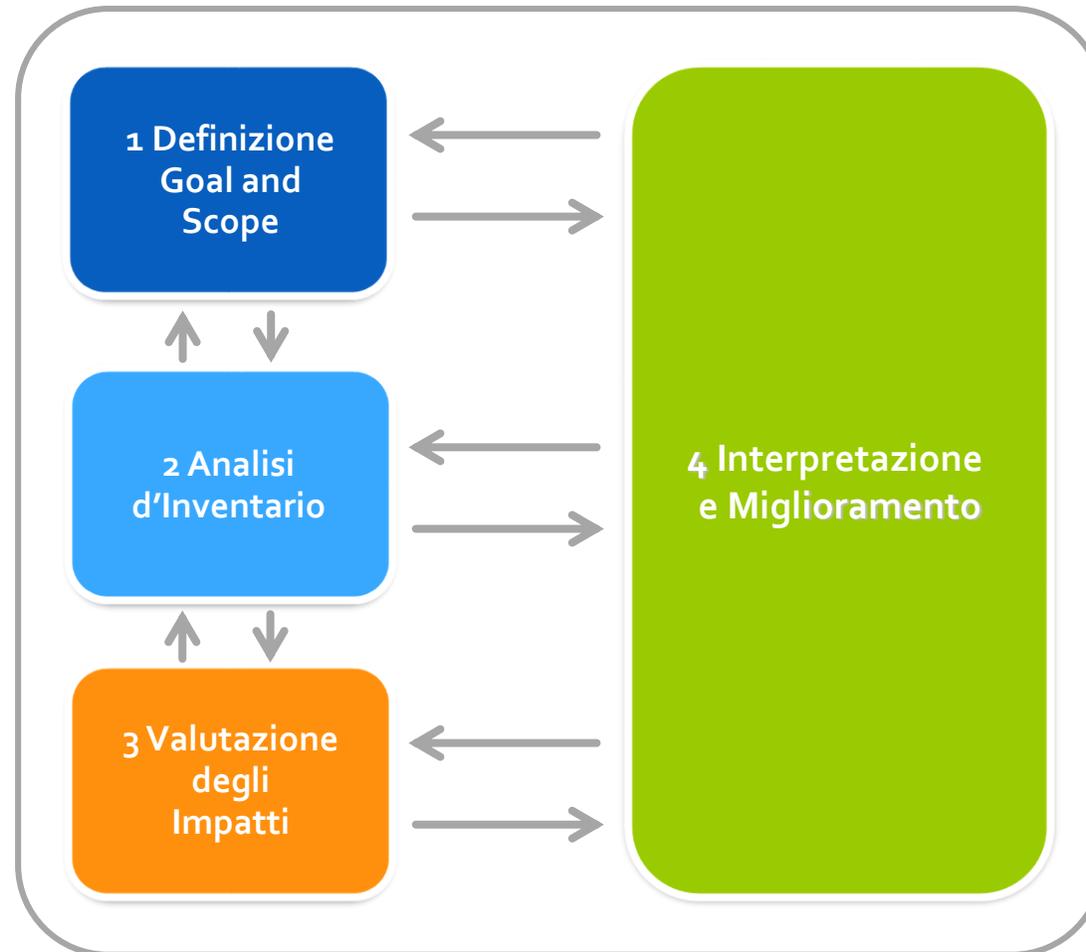
drawdown.org

* Gigatons CO2 Equivalent Reduced / Sequestered (2020–2050)

◆ SOLUTION	◆ SECTOR(S)	▼ SCENARIO 1*	◆ SCENARIO 2*
Reduced Food Waste	Food, Agriculture, and Land Use / Land Sinks	87.45	94.56
Health and Education	Health and Education	85.42	85.42
Plant-Rich Diets	Food, Agriculture, and Land Use / Land Sinks	65.01	91.72
Refrigerant Management	Industry / Buildings	57.75	57.75
Tropical Forest Restoration	Land Sinks	54.45	85.14
Onshore Wind Turbines	Electricity	47.21	147.72
Alternative Refrigerants	Industry / Buildings	43.53	50.53
Utility-Scale Solar Photovoltaics	Electricity	42.32	119.13
Improved Clean Cookstoves	Buildings	31.34	72.65
Distributed Solar Photovoltaics	Electricity	27.98	68.64
Silvopasture	Land Sinks	26.58	42.31
Peatland Protection and Rewetting	Food, Agriculture, and Land Use / Land Sinks	26.03	41.93
Tree Plantations (on Degraded Land)	Land Sinks	22.24	35.94

LCA (Life Cycle Assessment): Normativa di riferimento

Struttura dell'LCA secondo la ISO 14040





1-Definizione goal and scope

Definizione degli obiettivi e del contenuto, e del campo di applicazione

È la fase preliminare in cui vengono definiti:
le **finalità dello studio**,
l'**unità funzionale**,
i **confini del sistema** studiato,
il **fabbisogno e l'affidabilità dei dati**,
le **assunzioni e i limiti**.

LCA (Life Cycle Assessment): ISO 14040



Esempio unità funzionale

Esempio 1:

Nella funzione "asciugare le mani", sono studiati sia il sistema con asciugamano di carta sia il sistema ad aria. L'unità funzionale scelta può essere espressa come identico numero di paia di mani asciugate per entrambi i sistemi. Per ciascun sistema è possibile determinare il flusso di riferimento, per esempio la massa media di carta o il volume medio di aria calda richiesti rispettivamente per asciugare un paio di mani. Per entrambi i sistemi è possibile compilare un inventario degli elementi in ingresso e in uscita, sulla base dei flussi di riferimento. Al livello più semplice, il caso dell'asciugamano di carta sarebbe relativo al consumo di carta. Il caso dell'asciugatura ad aria sarebbe relativo al volume e alla temperatura di aria calda necessaria per asciugare le mani.

Esempio 2: L'unità funzionale di un tonnellata di acciaio non può essere determinata perché una tonnellata di acciaio può essere trasformata in vari prodotti che possono soddisfare varie funzioni. In questo caso, è appropriato l'utilizzo dell'unità dichiarata.

Standard per la Carbon Footprint di Prodotto (CFP): ISO 14067

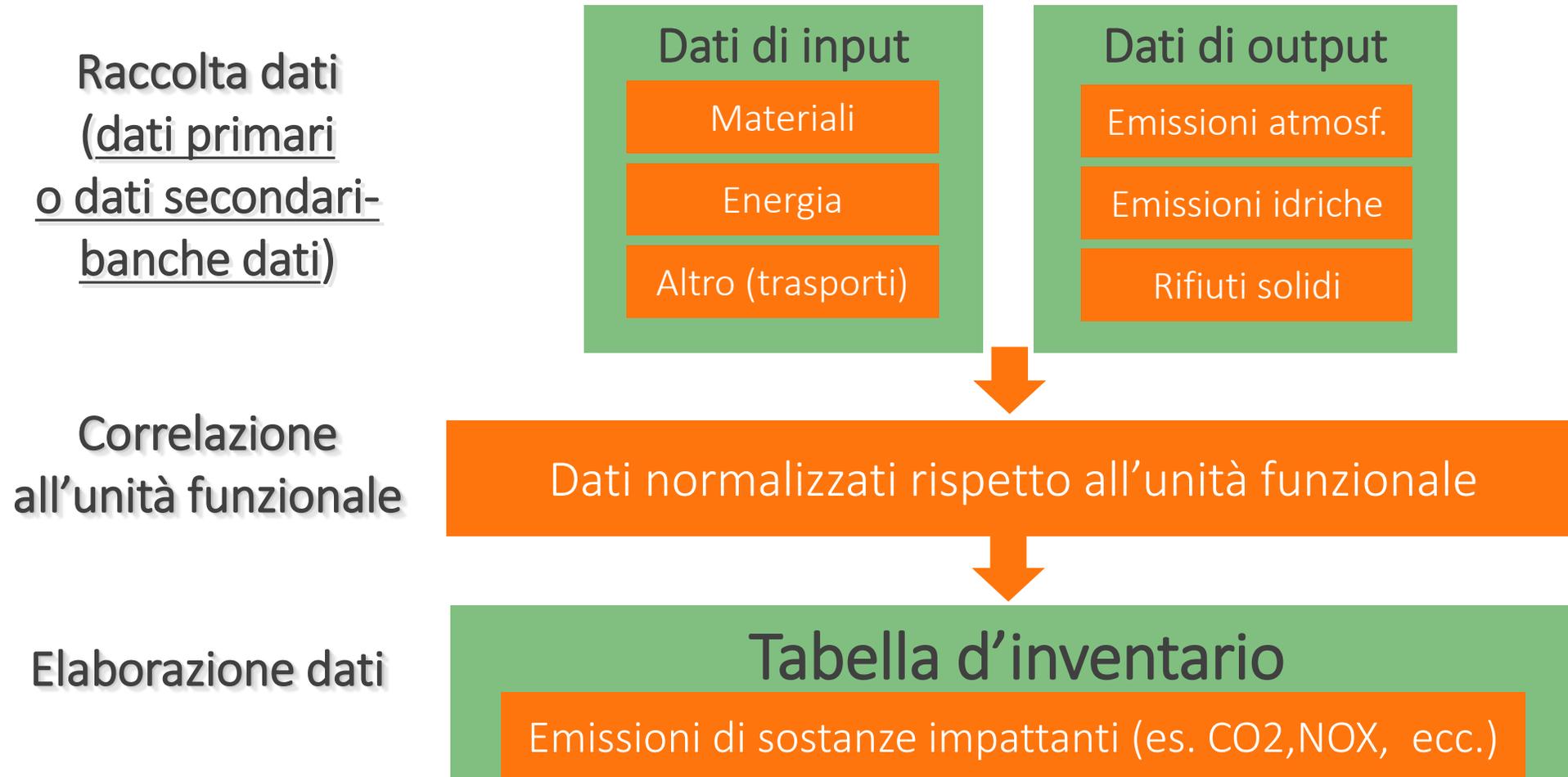
LCA (Life Cycle Assessment): serie ISO 14040

2- Life Cycle Inventory Analysis, LCI



LCA (Life Cycle Assessment): serie ISO 14040

2- Life Cycle Inventory Analysis, LCI





LCA (Life Cycle Assessment): serie ISO 14040

3- Life Cycle Impact Assessment, LCIA

INDICATORI SINTETICI DI IMPATTO

1. Materie prime (in kg), rinnovabili o non rinnovabili
2. Energia primaria non rinnovabile PEI_{nr} (in MJ)
3. Energia primaria rinnovabile PEI_{rinn} (in MJ)
4. Energia Incorporata (EI) in MJ/kg
5. Effetto serra (Global Warming Potential, GWP) in kg CO₂ equivalente
6. Acidificazione (AP), in kg di SO₂ equivalente
7. Eutrofizzazione (EP) in kg di PO₄ equivalente
8. Smog fotochimico (POCP) kg C₂H₄ equivalente
9. Riduzione dello strato di ozono (Ozone Depletion Potential, ODP) in CFC11 equivalente
10. Rifiuti, scarti, sottoprodotti, riciclabili
11. Rifiuti, scarti, sottoprodotti, non riciclabili
12. Consumi idrici e relativa provenienza (litri)

LCA (Life Cycle Assessment) e LCC (Life Cycle Costing)

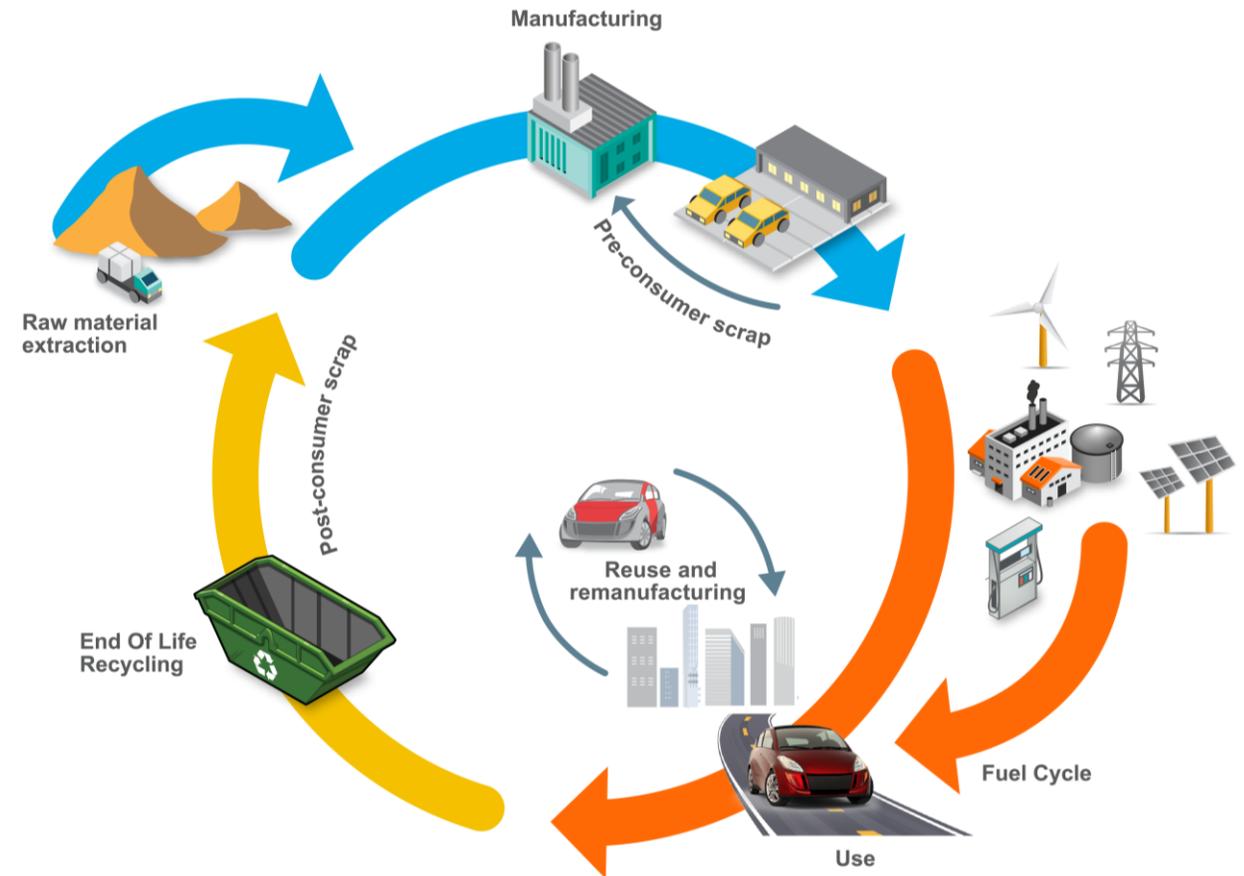
Che cosa sono

Cosa s'intende per "analisi del ciclo di vita" (LCA)?

→ Metodologia per valutare l'impatto ambientale e il consumo di risorse in tutte le fasi del ciclo di vita di prodotti, servizi e lavori

Cosa s'intende per analisi del "costo del ciclo di vita" (LCC)?

→ Metodologia, basata sull' LCA, che consente di valutare i costi lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti, servizi e lavori, inclusi i COSTI AMBIENTALI

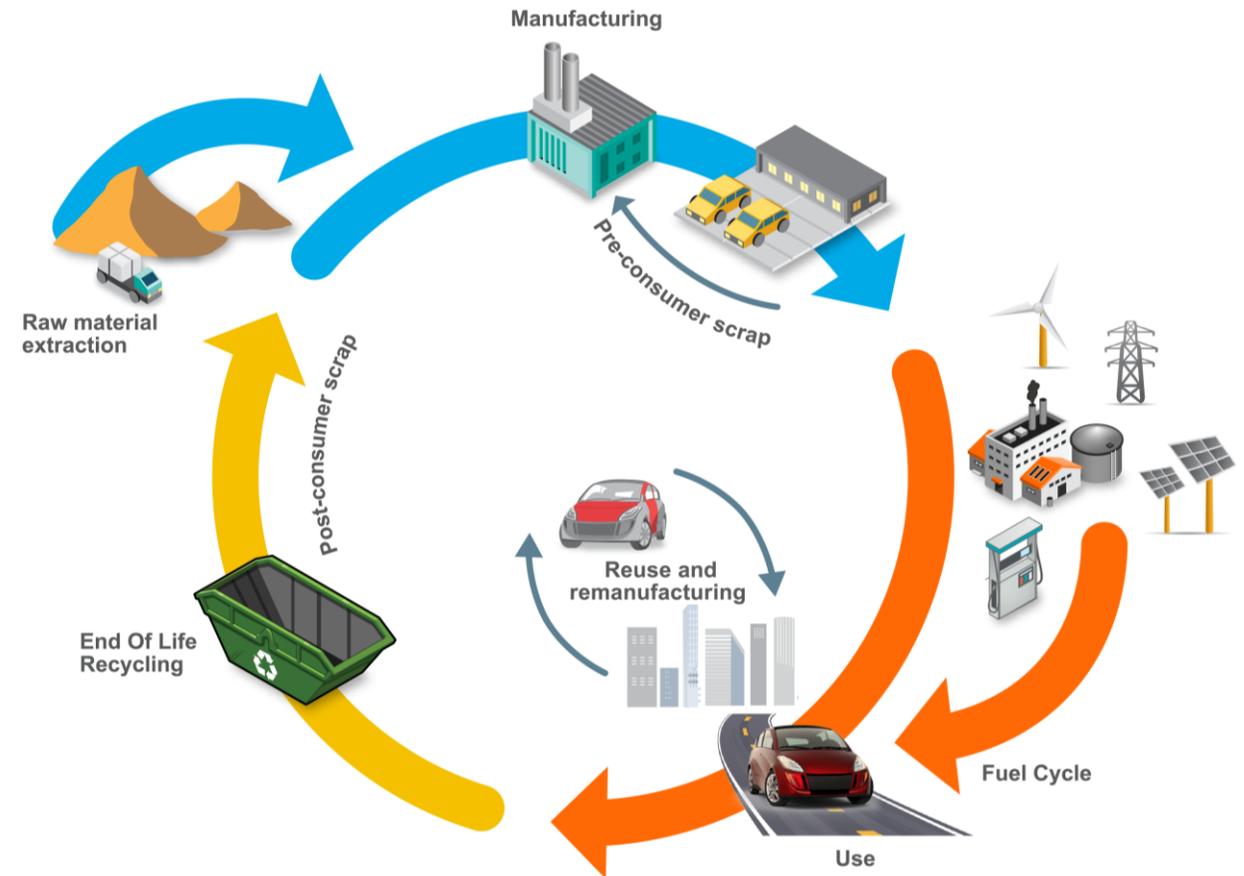


LCA (Life Cycle Assessment) e LCC (Life Cycle Costing)

Che cosa sono

Codice dei Contratti Pubblici D.Lgs 50/2016 Art. 95 Comma 6c:

*"il costo di utilizzazione e manutenzione avuto anche riguardo ai consumi di energia e delle risorse naturali, alle emissioni inquinanti e ai costi complessivi, inclusi quelli **esterni** e di **mitigazione** degli impatti dei cambiamenti climatici, **riferiti all'intero ciclo di vita dell'opera, bene o servizio, con l'obiettivo strategico di un uso più efficiente delle risorse e di un'economia circolare che promuova ambiente e occupazione"***





LCC per il calcolo degli impatti del GPP

→ Quando usarlo?

- **Progettazione**: orientare la gara verso prodotti più economici/a minor impatto ambientale + **motivare** questo orientamento.
- **Valutazione delle offerte**: confronto LCC delle offerte pervenute → **graduatoria delle offerte** dal punto di vista del LCC.
- **Monitoraggio**: confrontare impatti di ciascun bando e **monitorare in corso d'opera** l'attuazione di politiche sostenibili.
- **Visibilità e sensibilizzazione**: **supportare le politiche** ambientali messe in opera e di **sensibilizzare** i dipendenti, gli utenti e l'**opinione pubblica**.



Alberta Congeduti

Life Cycle Assessment (LCA) e Life Cycle Costing (LCC) nel Green Public Procurement

2. Come? Alcuni esempi di LCA e LCC.

METTIAMOCI IN RIGA



Come si calcola l'LCC?



Ciclo di Vita	Costi diretti	Costi indiretti
❖ Produzione/Acquisto	→ €	→ €
❖ Uso	→ €	→ €
❖ Gestione	→ €	→ €
❖ Manutenzione	→ €	→ €
❖ ...	→ €	→ €
❖ Smaltimento	→ €	→ €

Costi dovuti a
esternalità ambientali:
**QUANTO COSTA
PER LA SOCIETÀ
L'IMPATTO AMBIENTALE
LUNGO TUTTO IL
CICLO DI VITA?**



Come si calcola l'LCC?

Costi diretti



Costi in € di acquisto/manutenzione/gestione/ecc. del prodotto/servizio

Costi indiretti



Come si calcolano?

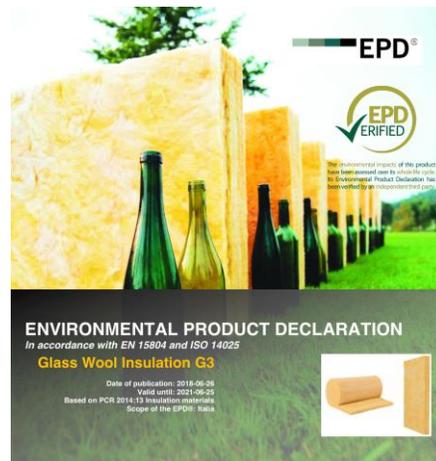
- **Valutazione dell'entità dell'impatto ambientale**
(p.es. kg di CO₂ emessi)
- **Valutazione economica dell'impatto ambientale**
(p.es. a quanti € corrisponde un kg di CO₂?)

Come si calcola l'LCC?

Costi indiretti: come si valuta l'ENTITÀ dell'impatto ambientale?

→ A seconda dei casi si possono ricavare informazioni da:

- Certificazioni
- Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)



Registration number
The International EPD® System:
S-P-01137

ISOVER
SAINT-GOBAIN

General information

Manufacturer: Saint-Gobain PPC Italia S.p.A.
Programme used: The International EPD® System. More information at www.environdec.com
EPD® registration number: S-P-01137
PCR identification: PCR Multiple CPC codes Insulation materials version 1.2 (2014-13)
Product name and manufacturer represented: Glass Wool type 4+; Saint-Gobain PPC Italia S.p.A.
Owner of the declaration: Saint-Gobain PPC Italia S.p.A.
Company Contact: Email: paola.bonfigli@stg-ppc.com
EPD® prepared by: Politecnico di Milano, Department DASTU
Contact: Giancarlo Paganini / Monica Lavagna Email: giancarlo.paganini@polimi.it / monica.lavagna@polimi.it
Declaration issued: 2018-06-26, valid until: 2021-06-25

EPD program operator	The International EPD® System, Operated by EPD® International AB, www.environdec.com
PCR review conducted by	The Technical Committee of the International EPD® System
EPD owner:	Saint-Gobain PPC Italia S.p.A.
LCA author:	Politecnico di Milano
Independent verification of the environmental declaration and data according to standard EN ISO 14025:2016	
Internal <input type="checkbox"/>	External <input checked="" type="checkbox"/>
Verifier Vito D'Incognito appointed by the International EPD System Committee	

Product description

Product description and description of use:

This Environmental Product Declaration (EPD®) describes the environmental impacts of 1 m³ of mineral wool with a thermal resistance of 1.0 K·m²·W⁻¹.
The declared unit is therefore the amount of material necessary to achieve 1 m³·K·W⁻¹ of thermal resistance as requested by the applicable PCR.

The production site of Saint-Gobain PPC Italia SpA in Vidalengo di Caravaggio (BG) uses natural and abundant raw materials (sand), using fusion and fibering techniques to produce glass wool. The products obtained come in the form of a "mineral wool mat" consisting of a soft, airy structure.

On Earth, naturally, the best insulator is dry immobile air at 20°C; its thermal conductivity factor, expressed in λ , is 0.025 W/(m·K) (watts per meter Kelvin degree). The thermal conductivity of glass wool is close to immobile air as its lambda varies from 0.031 W/(m·K) for the most efficient to 0.045 W/(m·K) to the least.

With its entangled structure, glass wool is a porous material that traps the air, making it one of the best insulating materials. The porous and elastic structure of the wool also absorbs noise in the air, knocks and offers acoustic correction inside premises. Mineral wool containing incombustible materials does not fuel fire or propagate flames.

Glass wool insulation (glass wool) is used in buildings as well as industrial facilities. It ensures a high level of comfort, lowers energy costs, minimizes carbon dioxide (CO₂) emissions, prevents heat loss through pitched roofs, walls, floors, pipes and boilers, reduces noise pollution and protects homes and industrial facilities from the risk of fire.

Glass wool products last for the average building's lifetime (which is often set at 50 years as a default), or as long as the insulated building component is part of the building.
The glass wool products in this EPD are identified as products belonging to a family called "G3".
In this document the environmental impacts are described for three different configurations of the glass wool "G3":

- Insulating products without facing (the reference product assumed is "E60 S G3" with a density of 30 kg/m³ and a thermal conductivity of 0.032 W/mK);
- Insulating products with facing (the facing is normally made up of paper and bitumen) (the reference product assumed is "E60 S rolled up G3 KAR" with a density of 30 kg/m³ and a thermal conductivity of 0.032 W/mK);
- Insulating products with bitumen layer type BAC (the facing is a high thickness layer of bitumen) (the reference product assumed is "BAC CF Roofline G3" with a density of 90 kg/m³ and a thermal conductivity of 0.037 W/mK).

Technical data/physical characteristics

Thermal resistance of the Product: 1.0 K·m²·W⁻¹ (EN 12667) according to the PCR.
The thermal conductivity of the Glass wool is: 0.032 W/(m·K) (EN 12667) (product without facing)
The thermal conductivity of the Glass wool is: 0.037 W/(m·K) (EN 12667) (product with facing type BAC)
The thermal conductivity of the Glass wool is: 0.032 W/(m·K) (EN 12667) (product with facing)

Reaction to fire: Euroclasses as follows:
A1 (products without facing or with glass veil)
A2,s1-d0 (products without facing or with glass veil)
B,s1-d0 (leaver Cimcover Roll Alu B G3)
F (bituminized facing)

PRODUCT WITHOUT FACING

(nominal values of density = 30 kg/m³ and thermal conductivity = 0.032 W/mK)
Description of the main components and/or materials for 1 m² of product without facing with a thermal resistance of 1 K·m²·W⁻¹ for the calculation of the EPD®:

PARAMETER	VALUE
Quantity of wool for 1 m ² of product	0,96 Kg
Thickness of wool	32 mm
Surfacing	No facing or glass mat
Packaging for the transportation and distribution	Polyethylene Wood pallet Paper for the label
Product used for the installation	None

General information

Manufacturer: Saint- Gobain PPC Italia S.p.A.

Programme used: The International EPD® System. More information at www.environdec.com

EPD® registration number: S-P-01137

PCR identification: PCR Multiple CPC codes Insulation materials version 1.2 (2014:13)

Product name and manufacturer represented: Glass Wool type 4+; Saint- Gobain PPC Italia S.p.A.

Owner of the declaration: Saint- Gobain PPC Italia S.p.A.

Company Contact: Email: paola.bonfiglio@saint-gobain.com

EPD® prepared by: Politecnico di Milano, Department DASTU

Contact: Giancarlo Paganin / Monica Lavagna Email: giancarlo.paganin@polimi.it / monica.lavagna@polimi.it

Declaration issued: 2018-06-26, **valid until:** 2021-06-25

EPD program operator	The International EPD® System. Operated by EPD® International AB. www.environdec.com .
PCR review conducted by	The Technical Committee of the International EPD® System
EPD owner:	Saint-Gobain PPC Italia S.p.A.
LCA author:	Politecnico di Milano
Independent verification of the environmental declaration and data according to standard EN ISO 14025:2010	
Internal <input type="checkbox"/>	External <input checked="" type="checkbox"/>
Verifier Vito D'Incognito appointed by the International EPD System Committee	

Product description

Product description and description of use:

This Environmental Product Declaration (EPD®) describes the environmental impacts of 1 m² of mineral wool with a thermal resistance of 1.0 K·m²·W⁻¹. The declared unit is therefore is the amount of material necessary to achieve 1 m²·K·W⁻¹ of thermal resistance as requested by the applicable PCR.

The production site of Saint- Gobain PPC Italia SpA in Vidalengo di Caravaggio (BG) uses natural and abundant raw materials (sand), using fusion and fiberising techniques to produce glass wool. The products obtained come in the form of a "mineral wool mat" consisting of a soft, airy structure

On Earth, naturally, the best insulator is dry immobile air at 20°C: its thermal conductivity factor, expressed in λ, is 0.025 W/(m.K) (watts per meter Kelvin degree). The thermal conductivity of glass wool is close to immobile air as its lambda varies from 0.031 W/(m.K) for the most efficient to 0.043 W/(m.K) to the least.

With its entangled structure, glass wool is a porous material that traps the air, making it one of the best insulating materials. The porous and elastic structure of the wool also absorbs noise in the air, knocks and offers acoustic correction inside premises. Mineral wool containing incombustible materials does not fuel fire or propagate flames.

Glass wool insulation (glass wool) is used in buildings as well as industrial facilities. It ensures a high level of comfort, lowers energy costs, minimizes carbon dioxide (CO₂) emissions, prevents heat loss through pitched roofs, walls, floors, pipes and boilers, reduces noise pollution and protects homes and industrial facilities from the risk of fire.

Glass wool products last for the average building's lifetime (which is often set at 50 years as a default), or as long as the insulated building component is part of the building.

The glass wool products in this EPD are identified as products belonging to a family called "G3".

In this document the environmental impacts are described for three different configurations of the glass wool "G3":

- Insulating products without facing (the reference product assumed is "E60 S G3" with a density of 30 kg/m³ and a thermal conductivity of 0,032 W/mK);
- Insulating products with facing (the facing is normally made up of paper and bitumen) (the reference product assumed is "E60 S rolled up G3 KAR" with a density of 30 kg/m³ and a thermal conductivity of 0,032 W/mK);
- Insulating products with bitumen layer type BAC (the facing is a high thickness layer of bitumen) (the reference product assumed is "BAC CF Roofline G3" with a density of 90 kg/m³ and a thermal conductivity of 0,037 W/mK).

Technical data/physical characteristics

Thermal resistance of the Product: **1.0 K.m².W⁻¹** (EN 12667) according to the PCR.

The thermal conductivity of the Glass wool is: **0,032 W/(m.K)** (EN 12667) (product without facing)

The thermal conductivity of the Glass wool is: **0,037 W/(m.K)** (EN 12667) (product with facing type BAC)

The thermal conductivity of the Glass wool is: **0,032 W/(m.K)** (EN 12667) (product with facing)

Reaction to fire: **Euroclasses as follows:**

A1 (products without facing or with glass veil)

A2,s1-d0 (products without facing or with glass veil)

B,s1-d0 (Isover Climcover Roll Alu B G3)

F (bituminized facing)

PRODUCT WITHOUT FACING

(nominal values of **density = 30 kg/m³** and **thermal conductivity = 0,032 W/mK**)

Description of the main components and/or materials for 1 m² of product without facing with a thermal resistance of 1 K.m².W⁻¹ for the calculation of the EPD®:

PARAMETER	VALUE
Quantity of wool for 1 m ² of product	0,96 Kg
Thickness of wool	32 mm
Surfacing	No facing or glass mat
Packaging for the transportation and distribution	Polyethylene Wood pallet Paper for the label
Product used for the Installation	None

Product description

Product description and description of use:

This Environmental Product Declaration (EPD[®]) describes the environmental impacts of 1 m² of mineral wool with a thermal resistance of 1.0 K*m²*W⁻¹.

The declared unit is therefore is the amount of material necessary to achieve 1 m²*K*W⁻¹ of thermal resistance as requested by the applicable PCR.

The production site of Saint- Gobain PPC Italia SpA in Vidalengo di Caravaggio (BG) uses natural and abundant raw materials (sand), using fusion and fiberising techniques to produce glass wool. The products obtained come in the form of a "mineral wool mat" consisting of a soft, airy structure

On Earth, naturally, the best insulator is dry immobile air at 20°C: its thermal conductivity factor, expressed in λ , is 0.025 W/(m.K) (watts per meter Kelvin degree). The thermal conductivity of glass wool is close to immobile air as its lambda varies from 0.031 W/(m.K) for the most efficient to 0.043 W/(m.K) to the least.

With its entangled structure, glass wool is a porous material that traps the air, making it one of the best insulating materials. The porous and elastic structure of the wool also absorbs noise in the air, knocks and offers acoustic correction inside premises. Mineral wool containing incombustible materials does not fuel fire or propagate flames.



FUNCTIONAL UNIT	Providing a thermal insulation on 1 m ² of product with a thermal resistance of 1 K.m ² .W ⁻¹
SYSTEM BOUNDARIES	Cradle to Grave: Mandatory stages = A1-3, A4-5, B1-7, C1-4. Optional stage = D not taken into account
REFERENCE SERVICE LIFE (RSL)	50 years
CUT-OFF RULES	<p>In the case that there is not enough information, the process energy and materials representing less than 1% of the whole energy and mass used can be excluded (if they do not cause significant impacts). The addition of all the inputs and outputs excluded cannot be bigger than the 5% of the whole mass and energy used, as well of the emissions to environment occurred.</p> <p>Flows related to human activities such as employee transport are excluded.</p> <p>The construction of plants, production of machines and transportation systems are excluded since the related flows are supposed to be negligible compared to the production of the building product when compared at these systems lifetime level.</p>
ALLOCATIONS	<p>Allocation criteria are based on mass</p> <p>The polluter pays as well the modularity principles have been followed</p>
GEOGRAPHICAL COVERAGE AND TIME PERIOD	<p>Production data: Italy, 2019</p> <p>Transportation data: Italy, 2019.</p> <p>Background data: Ecoinvent (from 2015 to 2018) and GaBi (from 2013 to 2019)</p>



- Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) – (segue)

TABLE 1.1_ENVIRONMENTAL IMPACTS G3 without facing

Parameters	Product stage	Construction stage		Use stage							End of life stage				D Reuse, recovery, recycling
	A1 / A2 / A3	A4 Transport	A5 Installation	B1 Use	B2 Maintenance	B3 Repair	B4 Replacement	B5 Refurbishment	B6 Operational energy use	B7 Operational water use	C1 Deconstruction / demolition	C2 Transport	C3 Waste processing	C4 Disposal	
Global Warming Potential (GWP) - kg CO ₂ equiv/FU	1,93 E+00	9,00 E-02	7,37 E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	3,60 E-03	0	4,63 E-03	MND
The global warming potential of a gas refers to the total contribution to global warming resulting from the emission of one unit of that gas relative to one unit of the reference gas, carbon dioxide, which is assigned a value of 1.															
Ozone Depletion (ODP) kg CFC 11 equiv/FU	2,20 E-07	1,75 E-08	1,82 E-10	0	0	0	0	0	0	0	0	7,03 E-10	0	1,64 E-09	MND
Destruction of the stratospheric ozone layer which shields the earth from ultraviolet radiation harmful to life. This destruction of ozone is caused by the breakdown of certain chlorine and/or bromine containing compounds (chlorofluorocarbons or halons), which break down when they reach the stratosphere and then catalytically destroy ozone molecules.															
Acidification potential (AP) kg SO ₂ equiv/FU	1,49 E-02	3,61 E-04	3,91 E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45 E-05	0	3,67 E-05	MND
Acid depositions have negative impacts on natural ecosystems and the man-made environment incl. buildings. The main sources for emissions of acidifying substances are agriculture and fossil fuel combustion used for electricity production, heating and transport.															
Eutrophication potential (EP) kg (PO ₄) ³⁻ equiv/FU	4,20 E-03	8,12 E-05	8,55 E-07	0	0	0	0	0	0	0	0	3,25 E-06	0	7,78 E-06	MND
Excessive enrichment of waters and continental surfaces with nutrients, and the associated adverse biological effects.															
Photochemical ozone creation (POPC) kg Ethene equiv/FU	7,90 E-03	4,97 E-04	5,37 E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	1,99 E-05	0	5,04 E-05	MND E-03
Chemical reactions brought about by the light energy of the sun. The reaction of nitrogen oxides with hydrocarbons in the presence of sunlight to form ozone is an example of a photochemical reaction.															
Abiotic depletion potential for non-fossil resources (ADP-elements) - kg Sb equiv/FU	4,44 E-06	2,55 E-07	1,69 E-09	0	0	0	0	0	0	0	0	1,02 E-08	0	5,59 E-09	MND
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADP-fossil fuels) - MJ/FU	3,97 E+01	1,39 E+00	1,48 E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	5,56 E-02	0	1,37 E-01	MND
Consumption of non-renewable resources, thereby lowering their availability for future generations.															

Come si calcola l'LCC?



Costi indiretti: come si valuta l'ENTITÀ dell'impatto ambientale?

→ A seconda dei casi si possono ricavare informazioni da:

- Certificazioni
- Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)
- Dati tecnici del prodotto
 - Contenuto di riciclato, contenuto biologico, consumi elettrici, consumi di carburante, allevamento senza antibiotici/free range, riciclabilità a fine vita, ecc.

Come si calcola l'LCC?

Costi indiretti: come si valuta l'ENTITÀ dell'impatto ambientale?

→ A seconda dei casi si possono ricavare informazioni da:

- Certificazioni
- Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)
- Dati tecnici del prodotto
- Pubblicazioni scientifiche



Life cycle assessment of city buses powered by electricity, hydrogenated vegetable oil or diesel



Anders Nordelöf^{a,*}, Mia Romare^b, Johan Tivander^a

^a Chalmers University of Technology, Division of Environmental Systems Analysis, 412 96 Gothenburg, Sweden

^b IVL Swedish Environmental Research Institute, Box 530 21, 400 14 Gothenburg, Sweden

ARTICLE INFO

Keywords:

LCA
City
Bus
Battery
Electric
.....

ABSTRACT

This study explores life cycle environmental impacts of city buses, depending on the: (1) degree of electrification; (2) electricity supply mix, for chargeable options; and (3) choice of diesel or hydrogenated vegetable oil (HVO), a biodiesel, for options with combustion engine. It is a case study, which uses industry data to investigate the impact on climate change, a key driver for electrification, and a wider set of impacts, for average operation in Sweden, the European Union and the United States of America. The results show that non-chargeable hybrid electric vehicles



- Pubblicazioni scientifiche – (segue)

Emissioni di CO₂ di autobus elettrici, ibridi o diesel in funzione delle emissioni della rete elettrica

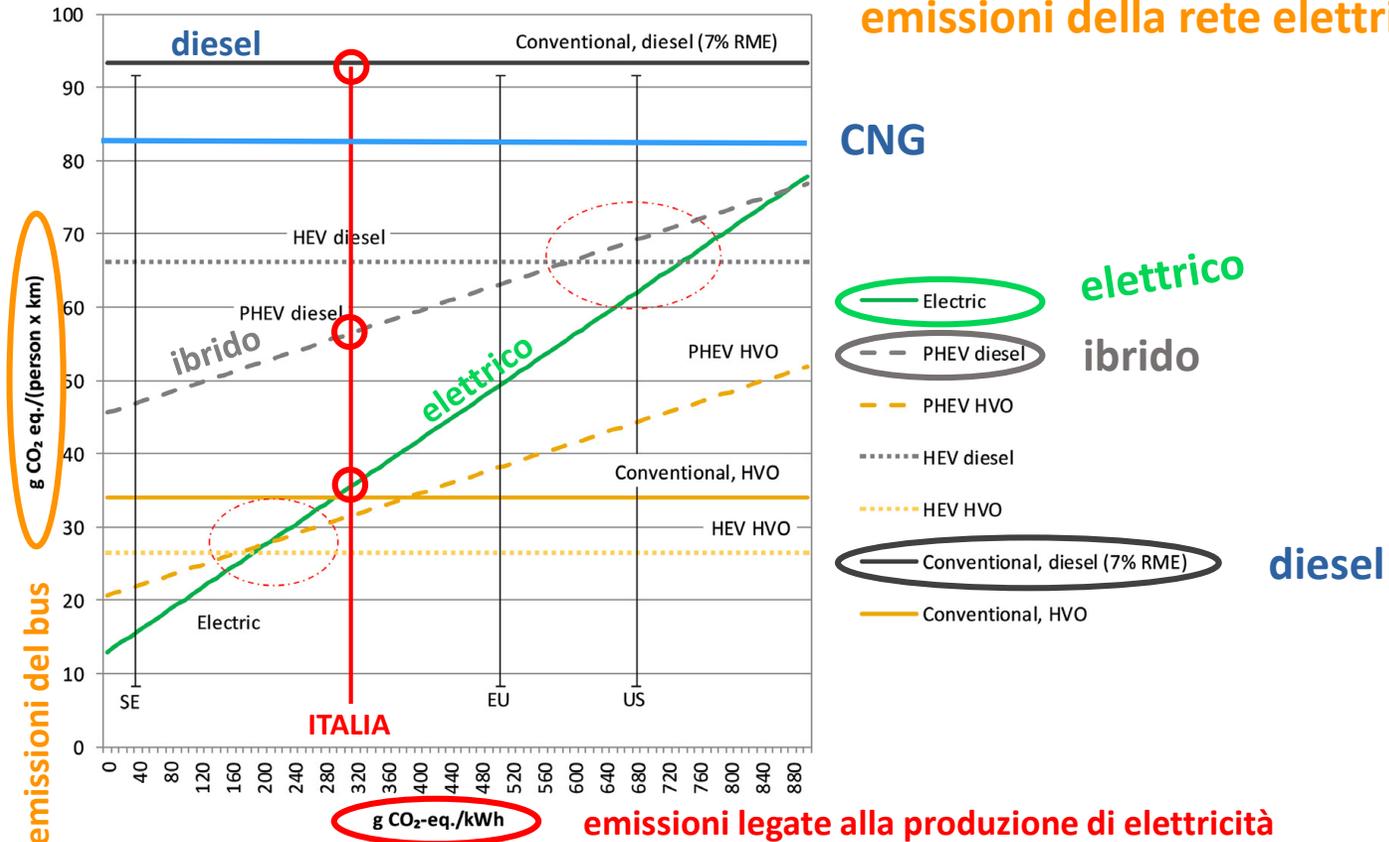


Fig. 1. Total results per vehicle option for the climate change impact category, presented as a function of grid mix greenhouse gas intensity (measured in CO₂ equivalents) of the electricity supplied for charging.

“Life cycle assessment of city buses powered by electricity, T hydrogenated vegetable oil or diesel”

A. Nordelöf, et al.

Transportation Research Part D 75 (2019) 211–222

Come si calcola l'LCC?

Costi diretti



Costi in € di acquisto/manutenzione/gestione/ecc. del prodotto/servizio

Costi indiretti



Come si calcolano?

→ **Valutazione dell'entità dell'impatto ambientale**
(p.es. kg di CO₂ emessi)

→ **Valutazione economica dell'impatto ambientale**
(p.es. a quanti € corrisponde un kg di CO₂?)

Come si calcola l'LCC?

Costi diretti



Costi in € di acquisto/manutenzione/gestione/ecc. del prodotto/servizio

Costi indiretti



Come si calcolano?

→ **Valutazione dell'entità dell'impatto ambientale**
(p.es. kg di CO₂ emessi)

→ **Valutazione economica dell'impatto ambientale**
(p.es. a quanti € corrisponde un kg di CO₂?)



Come si calcola l'LCC?

Costi indiretti: come si valuta il COSTO ECONOMICO dell'impatto ambientale?

ESEMPIO: valore monetario delle emissioni di gas serra.

- Il CAM Veicoli (del 2012) fornisce un valore ormai datato, di 0.04 €/kgCO₂eq, derivato dalla Direttiva Europea 2009/33/EC che forniva un intervallo di 0.03-0.04 €/kgCO₂eq.
 - I Fogli di Calcolo LCC del GPP europeo propongono il valore di 0.09 €/kgCO₂eq. Essi fanno riferimento alla pubblicazione del 2014 *"Update of the Handbook on External Costs of Transport"* di Ricardo-AEA, in cui gli autori ottengono 0.09 €/kgCO₂eq come valore centrale di un intervallo che varia da 0.048 a 0.168 €/kgCO₂eq.
 - Utilizzando la metodologia delle Linee guida ISPRA per il calcolo della capacità di assorbimento della CO₂ di un ettaro di bosco, insieme ai risultati di uno studio della Regione Veneto per la compensazione della CO₂ prodotta da attività agricola, si stima che in Italia la piantumazione di un ettaro di bosco misto (con densità di 1200 alberi per ettaro) assorba 111 tonnellate di CO₂ l'anno e costi 10000€, il che corrisponde a un costo di 0.09 €/kgCO₂eq.
- Per i nostri Fogli di calcolo proponiamo il valore di 0.09 €/kgCO₂eq, in accordo con i Fogli di calcolo LCC del GPP europeo ed anche con i calcoli relativi alla piantumazione necessaria per l'assorbimento della CO₂.



Come si calcola l'LCC?

Costi indiretti: ALTRI IMPATTI AMBIENTALI legati al cambiamento climatico

Produzione di cibo/cotone/carta

- Inquinamento da fertilizzanti: deterioramento di suolo, acque, biodiversità, salute umana
- Alterazione degli ecosistemi per creazione di terreni agricoli/ allevamenti intensivi/disboscamento
- Uso di antibiotici: proliferazione di batteri resistenti

Inquinamento dell'aria da gas non serra

- P. es. polveri sottili: effetti sulla salute

Uso di materie prime

- P. es. metalli, terre rare, roccia/sabbia, legno...

Ecc.

Anche per questi impatti si possono valutare ENTITA e COSTO ECONOMICO!

Come si calcola l'LCC?



Costi indiretti: la valutazione economica dell'impatto ambientale nel Codice dei Contratti Pubblici

Il Codice dei Contratti Pubblici Art. 96 comma 2 sottolinea che *“per la valutazione dei costi imputati alle esternalità ambientali, il metodo deve soddisfare tutte le seguenti condizioni:*

- a) essere basato su **criteri oggettivi, verificabili e non discriminatori**. Se il metodo non è stato previsto per un'applicazione ripetuta o continua, lo stesso non deve favorire né svantaggiare indebitamente taluni operatori economici;*
- b) essere **accessibile a tutte le parti interessate**;*
- c) i **dati richiesti devono poter essere forniti con ragionevole sforzo** da operatori economici normalmente diligenti, compresi gli operatori economici di altri Stati membri, di paesi terzi parti dell'AAP o di altri accordi internazionali che l'Unione è tenuta a rispettare o ratificati dall'Italia”.*



Come si calcolano i benefici economici ed ambientali del GPP?

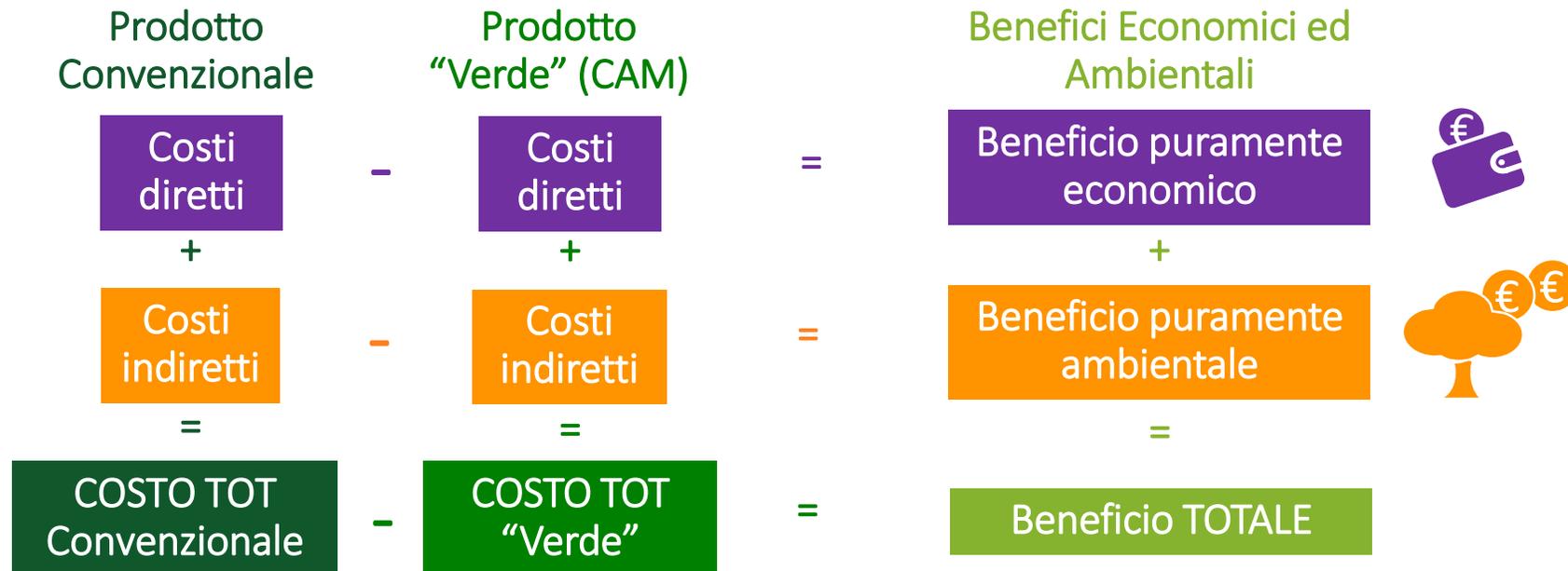
Ciclo di Vita	Costi diretti	Costi indiretti
❖ Produzione/Acquisto	→ €	→ €
❖ Uso	→ €	→ €
❖ Gestione	→ €	→ €
❖ Manutenzione	→ €	→ €
❖ ...	→ €	→ €
❖ Smaltimento	→ €	→ €

Costi dovuti a
esternalità ambientali:
**QUANTO COSTA
PER LA SOCIETÀ
L'IMPATTO AMBIENTALE
LUNGO TUTTO IL
CICLO DI VITA?**





Come si calcolano i benefici economici ed ambientali del GPP?





Tool LCC per il GPP: Esempi di Fogli di Calcolo

→ AUTOBUS

Prodotto di riferimento

Prodotto "Verde" (CAM)

	Tipo di motore	Quantità di veicoli	Costo Unitario	Percorrenza durante l'arco di vita (km)	TOT COSTI DIRETTI	TOT COSTI INDIRETTI	TOT COSTI DIRETTI E INDIRETTI (include emissioni)	% del costo di acquisto sul costo totale	% del costo diretto sul costo totale	BENEFICIO ECONOMICO DIRETTO	BENEFICIO AMBIENTALE	BENEFICIO TOTALE
PRODOTTO CONVENZIONALE												
Prodotto medio -->	Diesel Euro 6	1	€ 240'000	800'000	€ 976'626	€ 106'001	€ 1'082'627	22%	90%	€ 0	€ 0	€ 0
Offerta Diesel 1	Diesel Euro 6	1	€ 300'000	800'000	€ 1'036'626	€ 106'001	€ 1'142'627	26%	91%	-€ 60'000	€ 0	-€ 60'000
Offerta Diesel 2	Diesel Euro 6	1	€ 0	800'000								
PRODOTTO A EMISSIONI ZERO												
Prodotto medio -->	Elettrico	1	€ 500'000	800'000	€ 739'921	€ 38'585	€ 778'506	64%	95%	€ 236'705	€ 67'415	€ 304'120
Offerta Elettrico 1	Elettrico	1	€ 600'000	800'000	€ 839'921	€ 38'585	€ 878'506	68%	96%	€ 136'705	€ 67'415	€ 204'120
Offerta Elettrico 2	Elettrico	1	€ 700'000	800'000	€ 939'921	€ 38'585	€ 978'506	72%	96%	€ 36'705	€ 67'415	€ 104'120
Offerta Elettrico 3	Elettrico	1	€ 800'000	800'000	€ 1'039'921	€ 38'585	€ 1'078'506	74%	96%	-€ 63'295	€ 67'415	€ 4'120
Offerta Elettrico 4	Elettrico	1	€ 900'000	800'000	€ 1'139'921	€ 38'585	€ 1'178'506	76%	97%	-€ 163'295	€ 67'415	-€ 95'880
Offerta Elettrico 5	Elettrico	1	€ 0	800'000								
Offerta Elettrico 6	Elettrico	1	€ 0	800'000								
Offerta Elettrico 7	Elettrico	1	€ 0	800'000								
Offerta Elettrico 8	Elettrico	1	€ 0	800'000								
Offerta Elettrico 9	Elettrico	1	€ 0	800'000								
Offerta Elettrico 10	Elettrico	1	€ 0	800'000								

↑
Dati da inserire

versione ridotta (i dati sono solo esemplificativi)



Tool LCC per il GPP: Esempi di Fogli di Calcolo

→ AUTOBUS

	Tipo di motore	Quantità di veicoli	COSTO DIRETTO		Consumi	Costo Unitario Carburante	COSTO DIRETTO		Costo Unitario Manutenz	COSTO DIRETTO		COSTI INDIRETTI		TOT			RISPARMIO			
			Costo Unitario	Percorr. durante l'arco di vita (km)			Costo Totale Carburante nell'arco di vita	Costo Manutenz nell'arco di vita		Emissioni Totali nell'arco di vita kg CO2eq	Costo Emiss €/kg CO2eq	TOT COSTI DIRETTI	TOT COSTI INDIRETTI	TOT COSTI DIRETTI E INDIRETTI (include emissioni)	BENEFICIO ECONOMICO DIRETTO	BENEFICIO AMBIENTALE	BENEFICIO TOTALE			
PRODOTTO CONVENZIONALE																				
Prodotto medio -->	Diesel Euro 6	1	€ 240'000	800'000	2.2 km/l	1.5367 €/l	€ 558'811	0.22 €/km	€ 177'815	1'177'788	0.09	€ 976'626	€ 106'001	€ 1'082'627	€ 0	€ 0	€ 0			
Offerta Diesel 1	Diesel Euro 6	1	€ 300'000	800'000	2.2 km/l	1.5367 €/l	€ 558'811	0.22 €/km	€ 177'815	1'177'788	0.09	€ 1'036'626	€ 106'001	€ 1'142'627	-€ 60'000	€ 0	-€ 60'000			
Offerta Diesel 2	Diesel Euro 6	0	€ 0	800'000	2.2 km/l	1.5367 €/l	€ 0	0.22 €/km	€ 0	0	0.09									
PRODOTTO A EMISSIONI ZERO																				
Prodotto medio -->	Elettrico	1	€ 500'000	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 133'232	0.13 €/km	€ 106'689	428'727	0.09	€ 739'921	€ 38'585	€ 778'506	€ 236'705	€ 67'415	€ 304'120			
Offerta Elettrico 1	Elettrico	1	€ 600'000	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 133'232	0.13 €/km	€ 106'689	428'727	0.09	€ 839'921	€ 38'585	€ 878'506	€ 136'705	€ 67'415	€ 204'120			
Offerta Elettrico 2	Elettrico	1	€ 700'000	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 133'232	0.13 €/km	€ 106'689	428'727	0.09	€ 939'921	€ 38'585	€ 978'506	€ 36'705	€ 67'415	€ 104'120			
Offerta Elettrico 3	Elettrico	1	€ 800'000	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 133'232	0.13 €/km	€ 106'689	428'727	0.09	€ 1'039'921	€ 38'585	€ 1'078'506	-€ 63'295	€ 67'415	€ 4'120			
Offerta Elettrico 4	Elettrico	1	€ 900'000	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 133'232	0.13 €/km	€ 106'689	428'727	0.09	€ 1'139'921	€ 38'585	€ 1'178'506	-€ 163'295	€ 67'415	-€ 95'880			
Offerta Elettrico 5	Elettrico	0	€ 0	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 0	0.08 €/km	€ 0	0	0.09									
Offerta Elettrico 6	Elettrico	0	€ 0	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 0	0.08 €/km	€ 0	0	0.09									
Offerta Elettrico 7	Elettrico	0	€ 0	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 0	0.08 €/km	€ 0	0	0.09									
Offerta Elettrico 8	Elettrico	0	€ 0	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 0	0.08 €/km	€ 0	0	0.09									
Offerta Elettrico 9	Elettrico	0	€ 0	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 0	0.08 €/km	€ 0	0	0.09									
Offerta Elettrico 10	Elettrico	0	€ 0	800'000	1.1 kwh/km	0.1514 €/kWh	€ 0	0.13 €/km	€ 0	0	0.09									

versione ridotta (i dati sono solo esemplificativi)



Tool LCC per il GPP: Esempi di Fogli di Calcolo

→ RISTORAZIONE

TIPO DI ALIMENTO		PROPRIETA ALIMENTO		IMPATTI AMBIENTALI				COSTI			BENEFICI		
Scuola	Prim+2veg	g/ pasto	% BIO	Emiss gCO2/ pasto	Emiss CO2 costo/ pasto	Suolo, biod, inq, tossic costo/pasto	Rischio epidemico costo/pasto	Costo DIRETTO a pasto	Costo INDIRETTO a pasto	Costo TOTALE a pasto	Beneficio DIRETTO a pasto	Beneficio INDIRETTO a pasto	Beneficio TOTALE a pasto
Prezzo a pasto	€5.8												
Frutta		150	50%	73	€0.007	€0.002	€0.000	solo aggregato	€0.009	solo aggregato	solo aggregato	€0.0031	solo aggregato
Ortaggi e verdure		109	50%	43	€0.004	€0.001	€0.000		€0.005			€0.0017	
Legumi		30	50%	30	€0.003	€0.005	€0.000		€0.008			-€0.0046	
Cereali (farinacei, riso, pane, ecc.)		200	50%	286	€0.026	€0.011	€0.000		€0.037			€0.0123	
Uova		10	100%	19	€0.002	€0.001	€0.000		€0.003			€0.0180	
Carne bovina		0	50%	0	€0.000	€0.000	€0.000		€0.000			€0.1503	
Carne suina		1	10%	14	€0.001	€0.000	€0.003		€0.004			€0.0183	
Carne avicola		7	20%	63	€0.006	€0.001	€0.013		€0.021			€0.0206	
Salumi e formaggi		4	30%	65	€0.006	€0.004	€0.005		€0.014			€0.0329	
Olio		10	40%	42	€0.004	€0.004	€0.000		€0.008			€0.0017	
Pelati, polpa e passata di pomod		30	33%	51	€0.005	€0.000	€0.000	€0.005	€0.0011				
TOTALE		552	44% pasto a soglia CAM	686	€0.062	€0.030	€0.021	€5.8	€0.112	€5.9	-€0.200	€0.2554	€0.055



Tool LCC per il GPP: Esempi di Fogli di Calcolo

→ RISTORAZIONE

GESTIONE ECCEDENZE													
Costo/anno gestione eccedenze	€2,000	kg/ anno	% del TOT acquist	Emiss kgCO2/ anno	Emiss CO2 costo/ anno	Suolo, biod, inq, tossic costo/anno	Rischio epidemico costo/anno	Costo DIRETTO annuo	Costo INDIRETTO annuo	Costo TOTALE annuo	Beneficio DIRETTO annuo	Beneficio INDIRETTO annuo	Beneficio TOTALE annuo
Costo/anno donaz. umanitaria	€0												
Costo/anno destinaz. animali	€0												
SPRECO INIZIALE no gest. eccedenze		13107	40%	53693	€4,832	€706	€500	€139,538	€6,038	€145,576	€0	€0	€0
SPRECO EVITATO con gest. eccedenz		6553	20%	-26846	-€2,416	-€353	-€250	-€67,769	-€3,019	-€70,788	€67,769	€3,019	€70,788
ECCEDENZE NON SERVITO DONATO		1638	5%	-4675	-€421	€0	€0	-€216	-€421	-€637	€216	€421	€637
ECCEDENZE destinate ad ANIMALI		3277	10%	-9350	-€841	€0	€0	-€433	-€841	-€1,274	€433	€841	€1,274
ECCEDENZE dest. COMPOSTAGGIO		1092	3%	1944	€175	€0	€0	€144	€175	€319	-€144	-€175	-€319
ECCEDENZE dest. INDIFFERENZIATO		546	2%	2731	€246	€0	€0	€72	€246	€318	-€72	-€246	-€318
TOTALE				12822	€1,154	€353	€250	€71,120	€1,757	€72,877	€68,418	€4,281	€72,699

COSTI e BENEFICI TOTALI dell'acquisto di						
pasto a soglia CAM						
+ eccedenze gestite						
	Costo DIRETTO annuo	Costo INDIRETTO annuo	Costo TOTALE annuo	Beneficio DIRETTO annuo	Beneficio INDIRETTO annuo	Beneficio TOTALE annuo
	€206,712	€4,009	€210,721	-€7,128	€9,102	€1,974
	€71,120	€1,757	€72,877	€68,418	€4,281	€72,699
	€277,832	€5,766	€283,598	€61,290	€13,383	€74,673



Grazie per l'attenzione!

Alberta Congeduti

Fondazione Ecosistemi - Roma

METTIAMOCI IN RIGA

