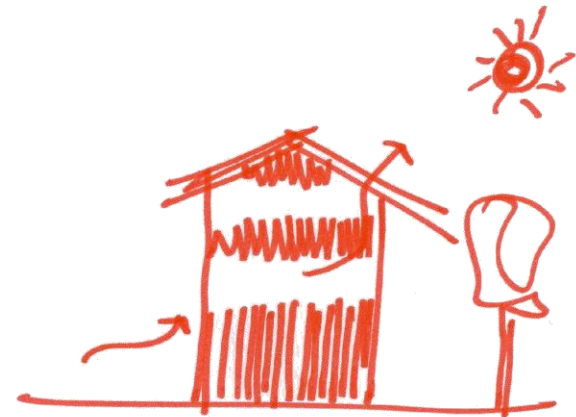


Valutazione economico ambientale di soluzioni di involucro edilizio

arch. Francesca Thiébat
Politecnico di Torino | Dipartimento DINSE

francesca.thiebat@polito.it

1. Valutare la sostenibilità degli edifici
2. Uso dei metodi LCC e LCA per il calcolo delle prestazioni economiche e ambientali
3. Applicazione di un modello di valutazione economico-ambientale a componenti edilizi di chiusura opaca verticale
4. Conclusioni e outlook



Definizione economica di “sviluppo sostenibile”

“Lo sviluppo sostenibile implica la massimizzazione dei benefici netti dello sviluppo economico [benessere] sotto il vincolo del mantenimento dei servizi e della qualità delle risorse naturali nel tempo”

(da: D. Pearce, K. Turner, 1991)



“Sviluppo sostenibile”

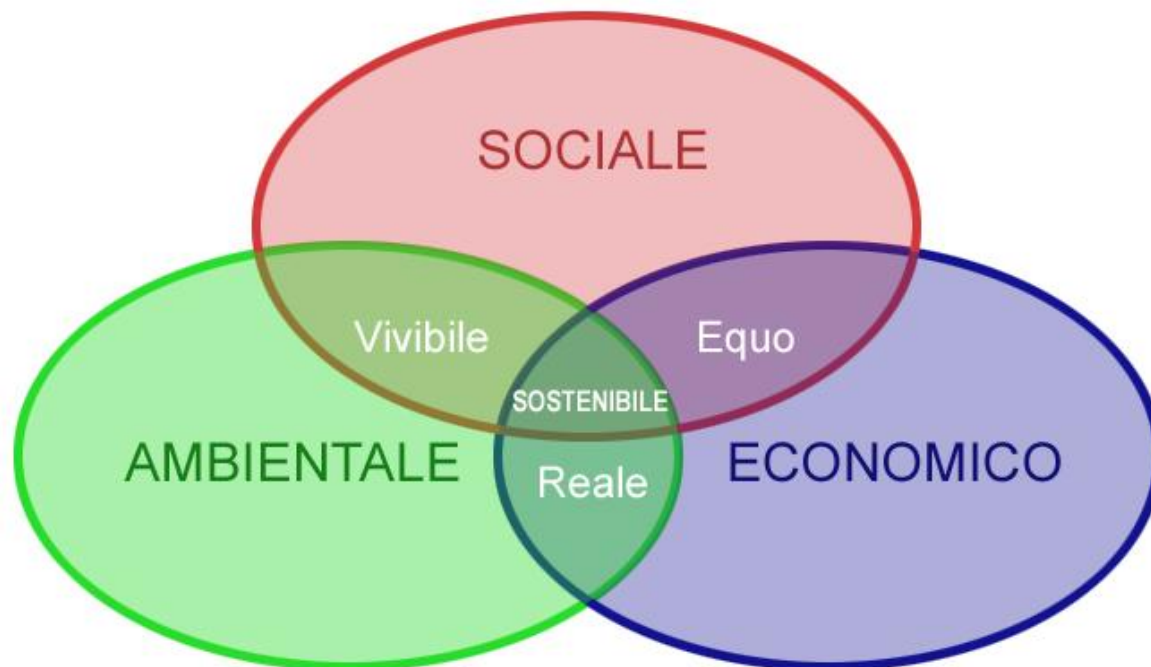
“Lo sviluppo è sostenibile se soddisfa i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere quelli delle generazioni future”

(da: *Our Common Future*, WCED, 1987)

Sviluppo sostenibile

“Sviluppo che offre servizi ambientali, sociali e opportunità economiche a tutti i membri di una comunità, senza minacciare la vitalità dei sistemi naturali, urbani e sociali da cui dipende la fornitura di tali servizi”

(fonte: ICLEI *International Council for Local Environmental Initiatives*, 1994)



Ambiente e sistema economico

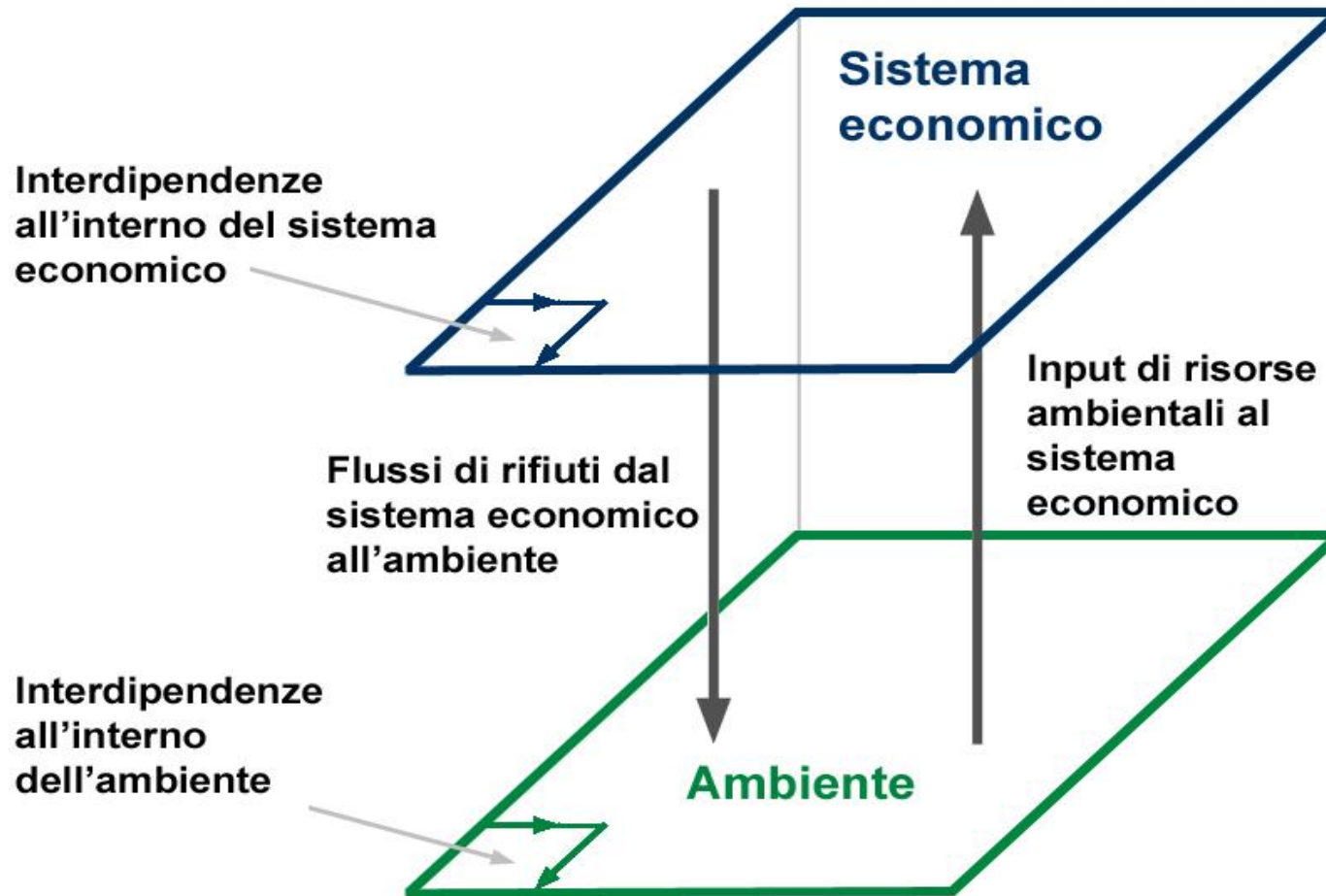
Il collegamento tra ambiente ed economia avviene attraverso il concetto di capacità di carico

→ capacità di un ambiente e delle sue risorse di sostenere un certo numero di organismi viventi senza provocare impatti negativi rilevanti verso l'organismo stesso e il suo ambiente

Tutti hanno diritto di attingere ma **se qualcuno preleva di più di quanto gli spetta** c'è un altro che deve digiunare.



Ambiente e sistema economico



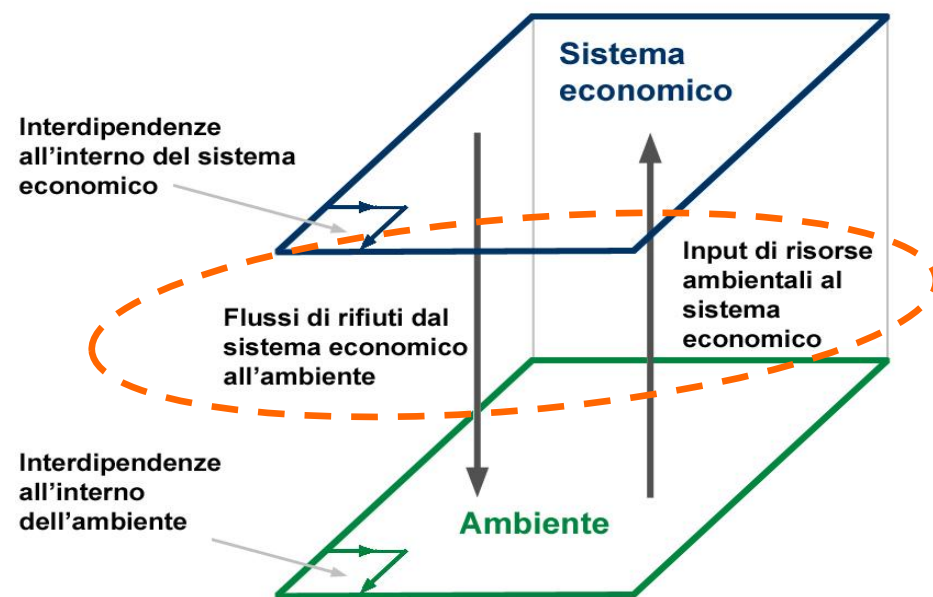
Teoria del sistema circolare (Pearce)

Ambiente e sistema economico

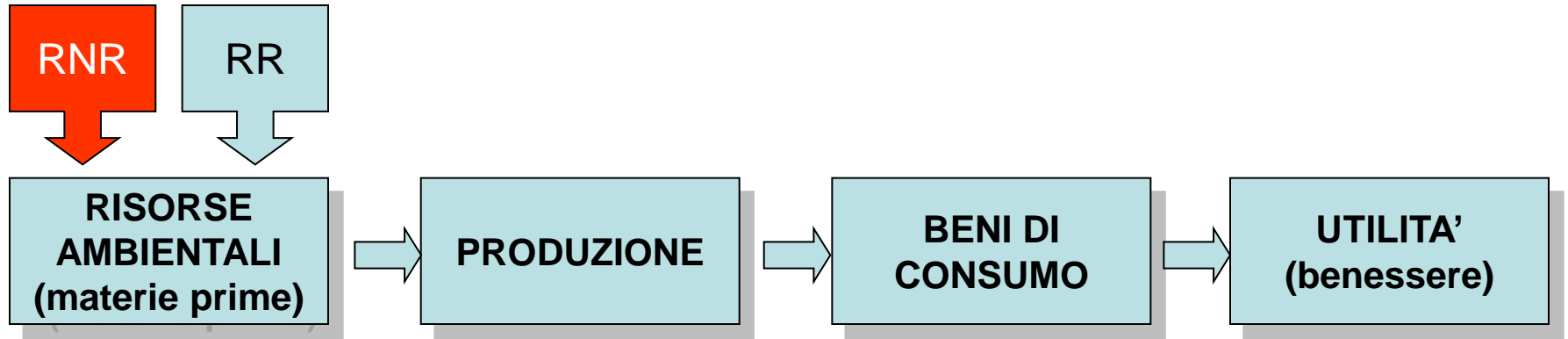
L'economia ambientale studia gli effetti provocati dalla variazione della dimensione del sistema economico (crescita economica) sulle funzioni dell'ambiente. (D. Pearce)

1° problema:
Esaurimento delle risorse

2° problema:
Inquinamento



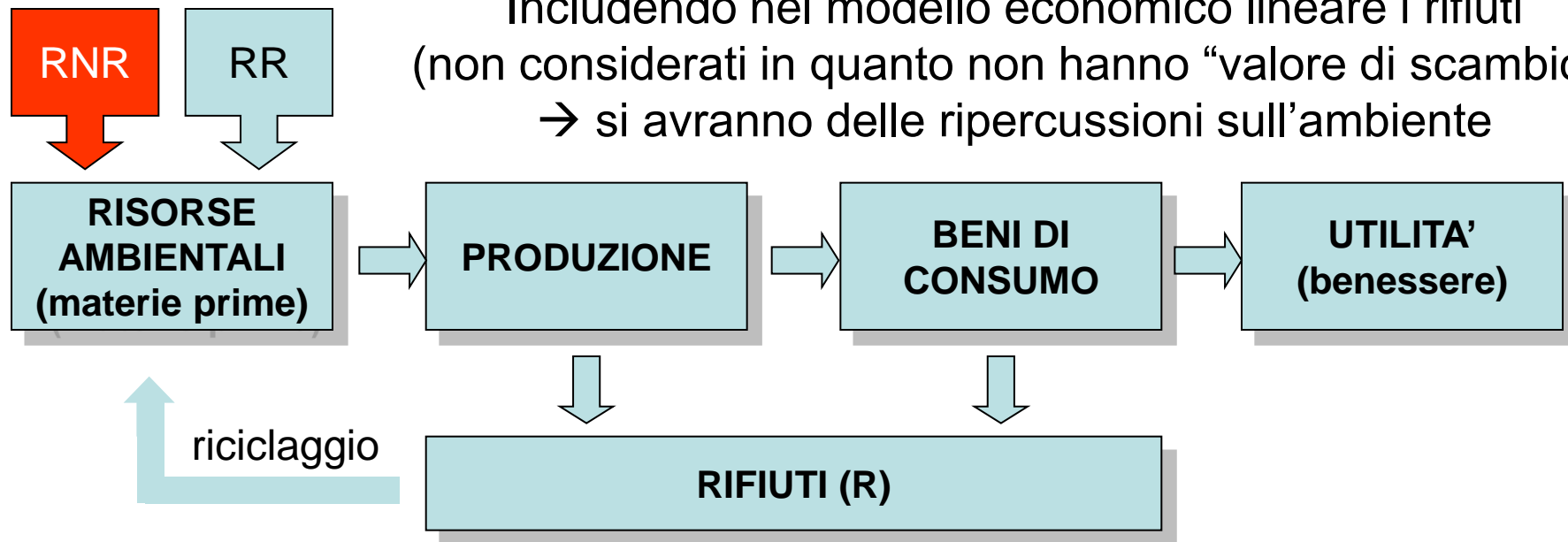
Ambiente e sistema economico



Teoria del sistema circolare (Pearce)

Ambiente e sistema economico

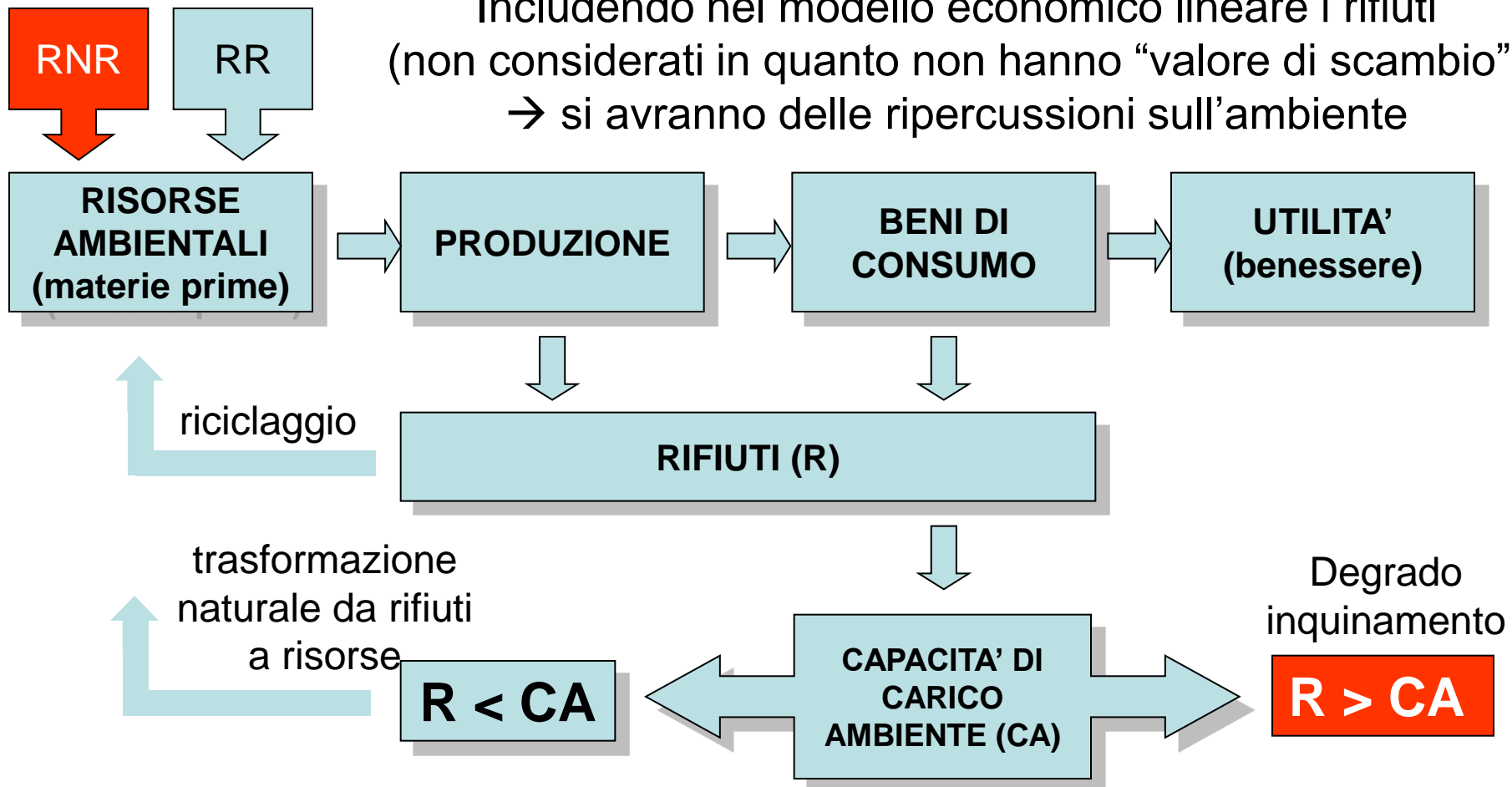
Includendo nel modello economico lineare i rifiuti
(non considerati in quanto non hanno “valore di scambio”)
→ si avranno delle ripercussioni sull’ambiente



Teoria del sistema circolare (Pearce)

Ambiente e sistema economico

Includendo nel modello economico lineare i rifiuti
(non considerati in quanto non hanno “valore di scambio”)
→ si avranno delle ripercussioni sull’ambiente



Teoria del sistema circolare (Pearce)

Ambiente e sistema economico

L'economia è la disciplina che studia come allocare **risorse scarse** per produrre beni e servizi, allo scopo di **soddisfare i bisogni**.

Risorse (scarse)



Bisogni (numerosi)

Risorse

(fonti per creare
beni e servizi)

- NATURALI (terra)
- UMANE (lavoro)
- PRODOTTE (capitale)

Ambiente e sistema economico

INQUINAMENTO

Privo di un
valore
di scambio

RISORSE AMBIENTALI RNR

Esauribili

Gli strumenti dell'economia classica non sanno come gestirli
Esclusione dal meccanismo di autoregolazione del mercato

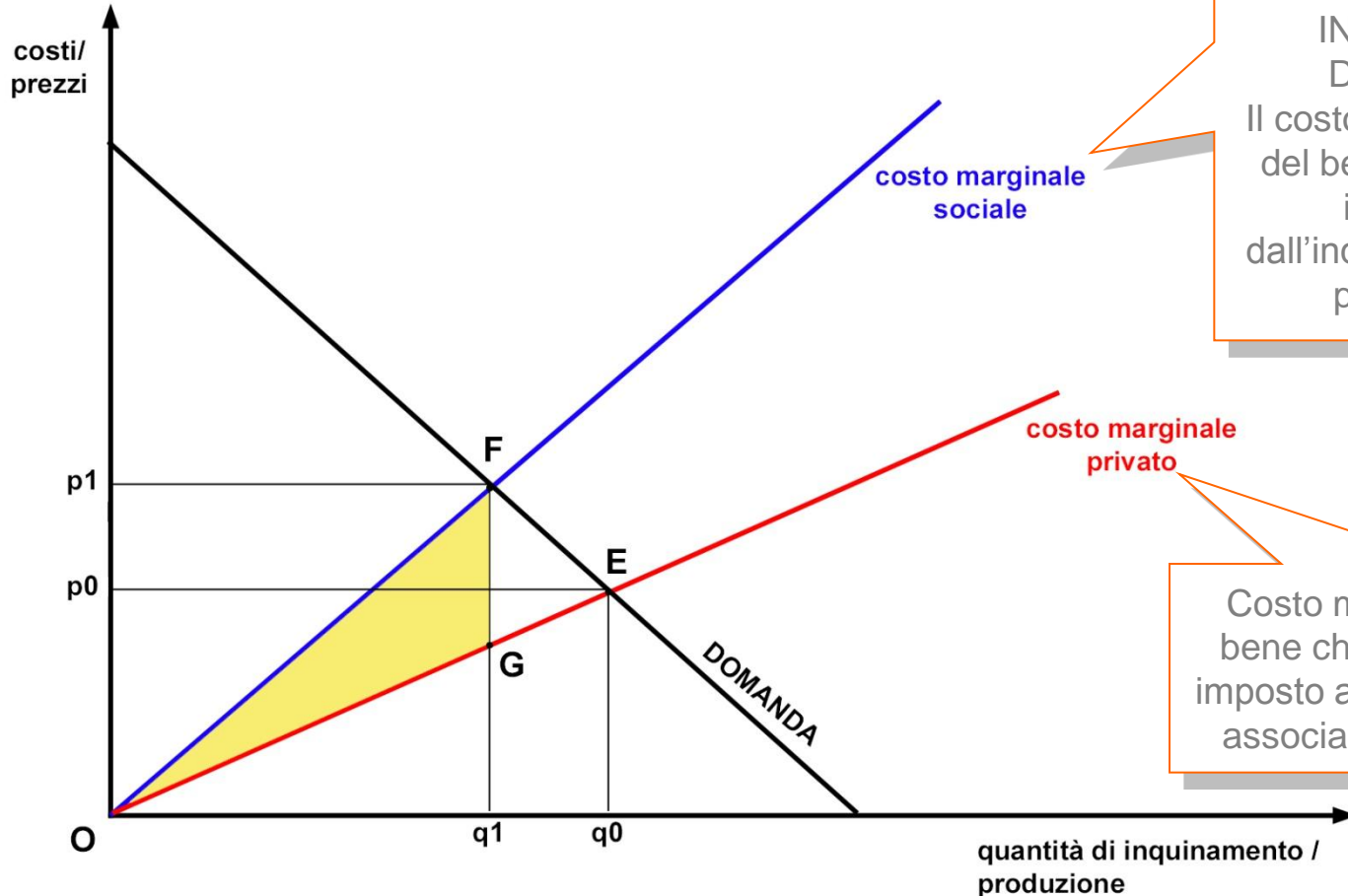


L'economia ambientale propone di affrontare i problemi dell'ambiente
attraverso l'integrazione nel mercato degli effetti esterni delle attività economiche:

internalizzazione delle esternalità

Ciò significa dare un prezzo ai beni "liberi" (aria, acqua, etc) diventati
artificialmente "scarsi" e tenerne conto nel calcolo dei costi di produzione

Ambiente e sistema economico



INTERNALIZZAZIONE DELL'ESTERNALITA'
Il costo marginale di produzione del bene tiene conto del costo imposto alla società dall'inquinamento associato alla produzione del bene.

Costo marginale di produzione del bene che non tiene conto del costo imposto alla società dall'inquinamento associato alla produzione del bene

ESTERNALITÀ → costo o beneficio sociale conseguente ad attività economiche che non si riflette in transizioni di mercato

“Sviluppo sostenibile” significa:

“accrescimento progressivo della società (concetto legato al futuro) nel rispetto degli equilibri sociali ed ecologici preesistenti (concetto legato al presente)”

Primo passo verso uno sviluppo sostenibile:

da strategie a “breve periodo”

ante 1970

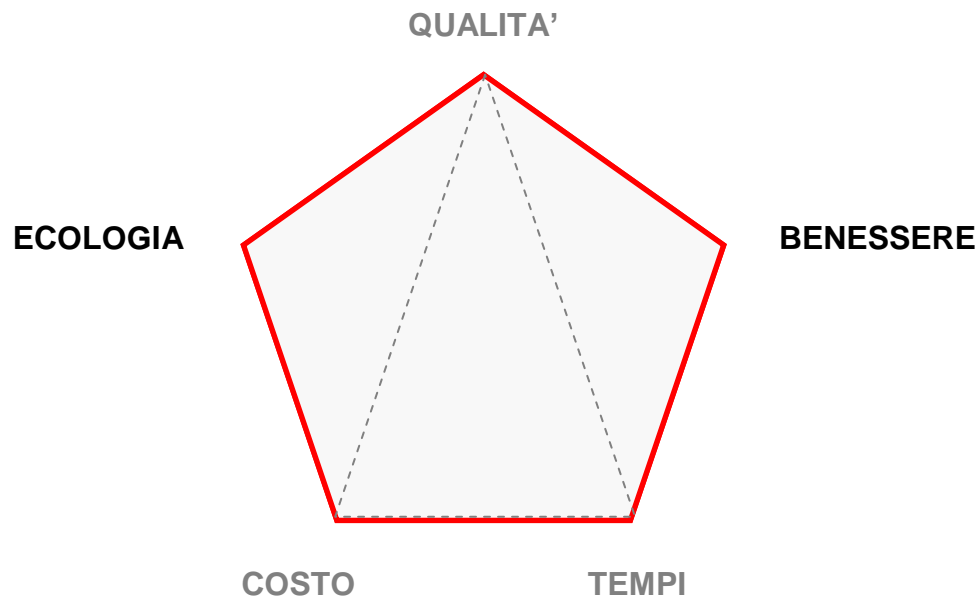


a strategie a “lungo periodo”

post 1970

Effetti sul processo progettuale

Parametri del processo progettuale basato sulla sostenibilità:
costo, tempi, qualità, ecologia e benessere



QUALITA' AMBIENTALE, SOCIALE ED ECONOMICA

Strumenti per misurare la sostenibilità

**COSA
VALUTANO?**

Permettono di definire la performance dell'edificio e la qualità ambientale della costruzione durante tutto il suo ciclo di vita.

**CHE
FUNZIONE
HANNO?**

Valutano gli edifici dal punto di vista della sostenibilità attraverso valori assoluti o con un punteggio finale fornendo indicazioni utili in fase di progetto.

**STRUMENTI
OBBLIGATORI
O VOLONTARI?**

Oggi l'applicazione è di tipo volontario. Amministrazioni pubbliche, istituti di credito, e altri organi stanno introducendo l'utilizzo di questi strumenti, per attribuire incentivi e finanziamenti.

Metodi multicriteri

Si presentano sotto forma di check-list e prevedono ad ogni voce (**indicatori qualitativi e/o quantitativi**), l'abbinamento di un punteggio. Il punteggio totalizzato rappresenta il grado di ecocompatibilità raggiunto.



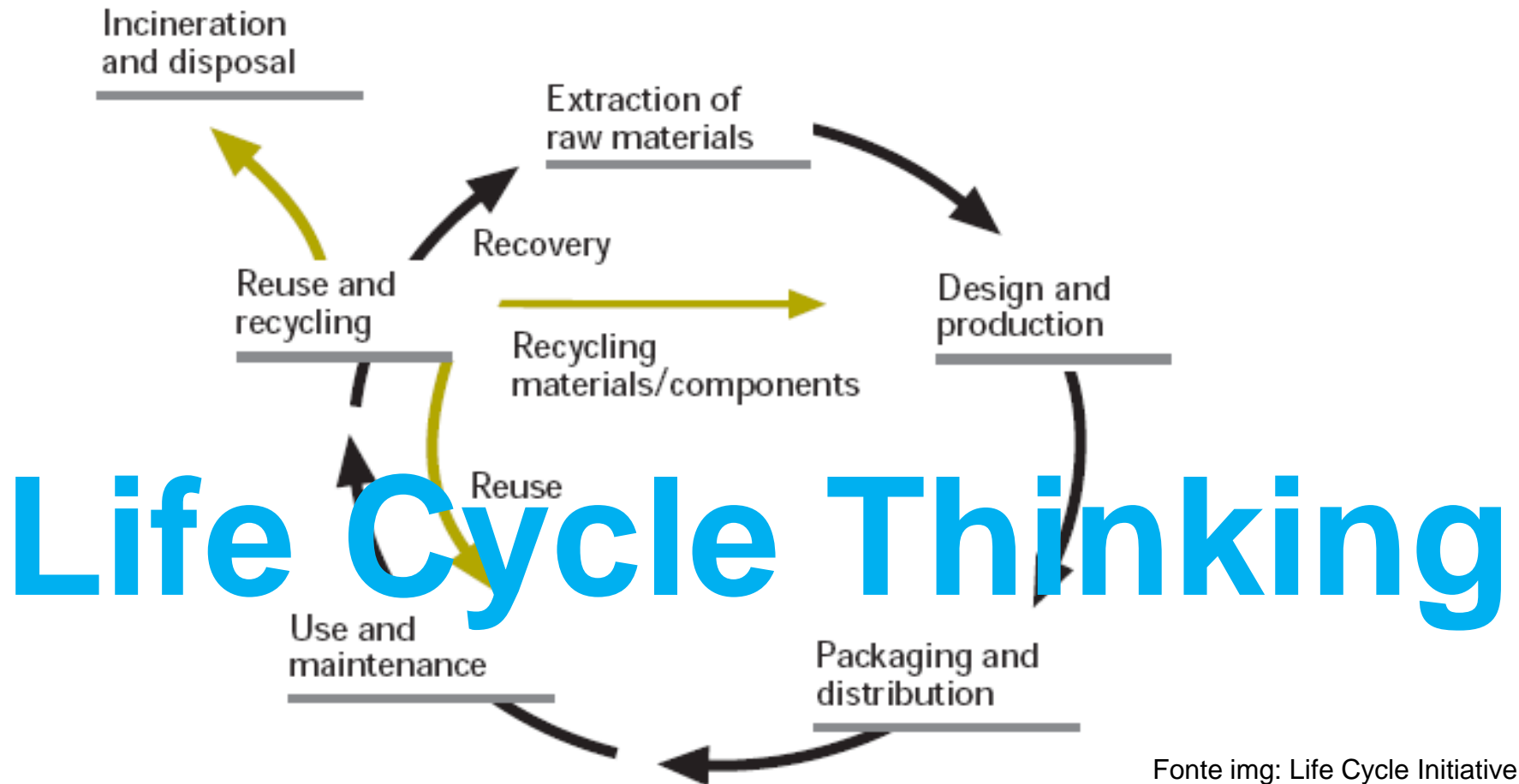
Metodi analitici

Considerano un numero ridotto di parametri, ma forniscono **dati di tipo quantitativo** tramite lo sviluppo di algoritmi (possono essere inclusi all'interno dei metodi a punteggio).

Tali metodi quantificano ogni parametro singolarmente e mirano ad una riduzione dei singoli tipi di impatto, indicatore per indicatore. (es. effetto serra, consumo di risorse, etc.)

- LCA (*life cycle assessment*)
- LCC (*life cycle costing*)
- VIA (Valutazione di impatto ambientale)
- VAS (Valutazione ambientale strategica)
- ABC (analisi costi-benefici)
- WLC (*whole life cost*)
-





“dalla culla alla tomba” (from cradle to grave)

TENDENZA EMERGENTE
integrare strumenti di contabilità (es. **LCC**)
con sistemi e strumenti di gestione ambientale (es. **LCA**)



sviluppo di metodologia di valutazione basata su tre modelli:

- **Environmental LCC (SETAC 2008)**
- **Life Cycle Costing (ISO 15686-5:2008)**
- **Life Cycle Assessment (ISO 14040/44:2006)**

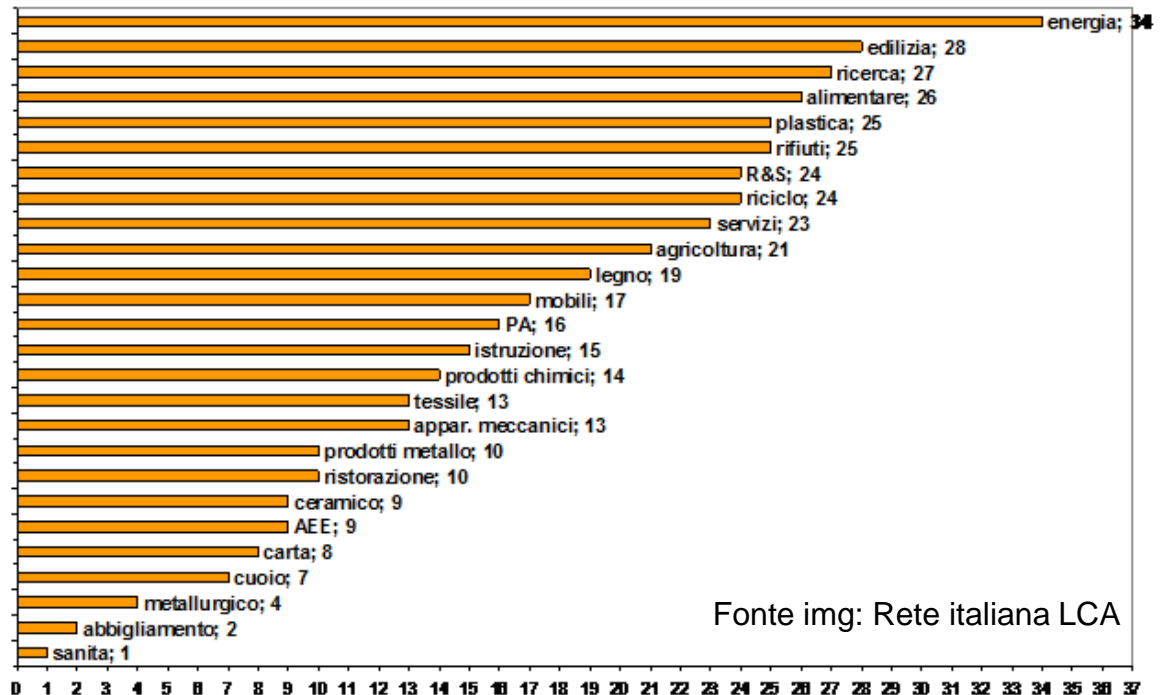
Life Cycle Assessment - LCA

La LCA, acronimo di *Life Cycle Assessment* (Valutazione del Ciclo di Vita), è uno strumento per valutare l'impatto ambientale di un prodotto, processo o servizio lungo l'intero ciclo di vita.

Anni '60

2011

Ricorrenza dei settori di applicazione



Fonte img: Rete italiana LCA

Applicazioni - LCA

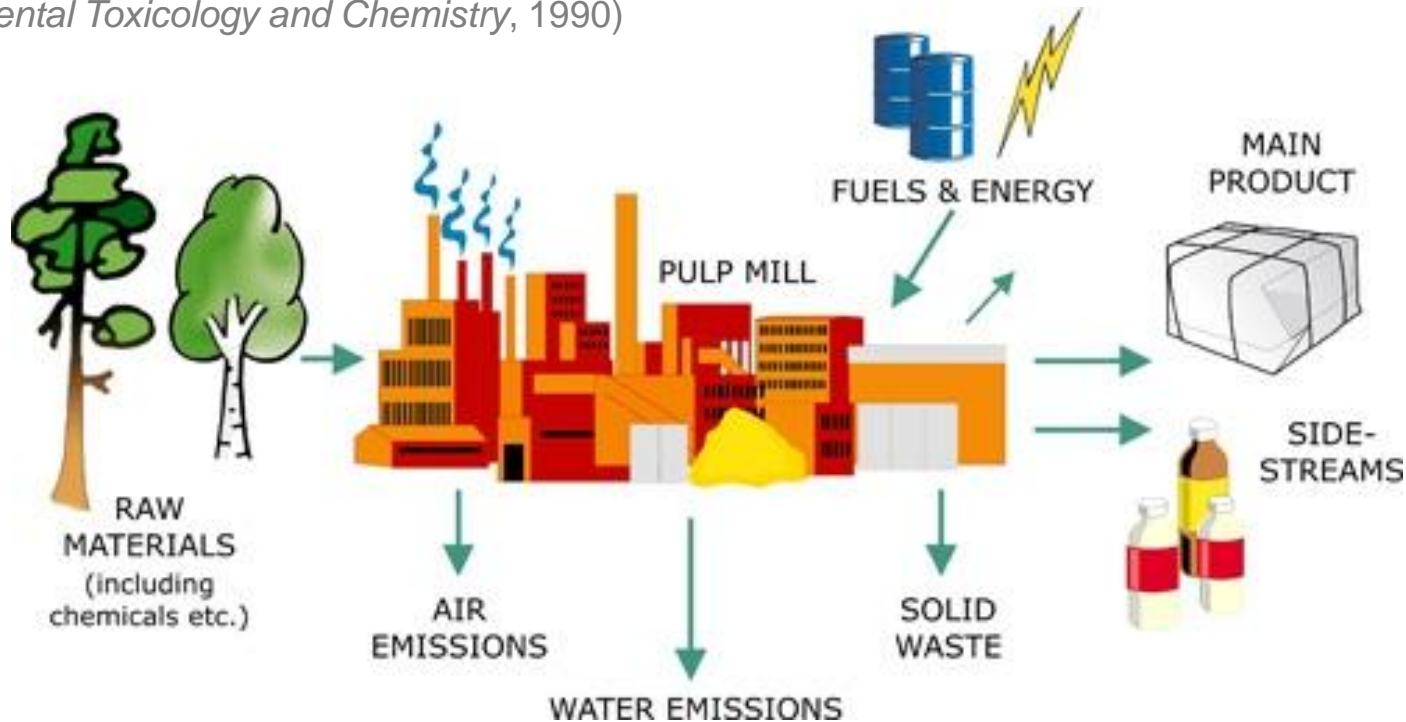
→ supporto di processi decisionali o strategie di politica ambientale (ad es. mobilità, turismo, rifiuti, edilizia, migliori tecnologie disponibili, ecc.).

- **Packaging**
- modalità di gestione dei **rifiuti**
- Confronto tra diverse tipologie di **trasporto**
- Uso e produzione di **energia**
- **Ecodesign** nel settore edilizio.

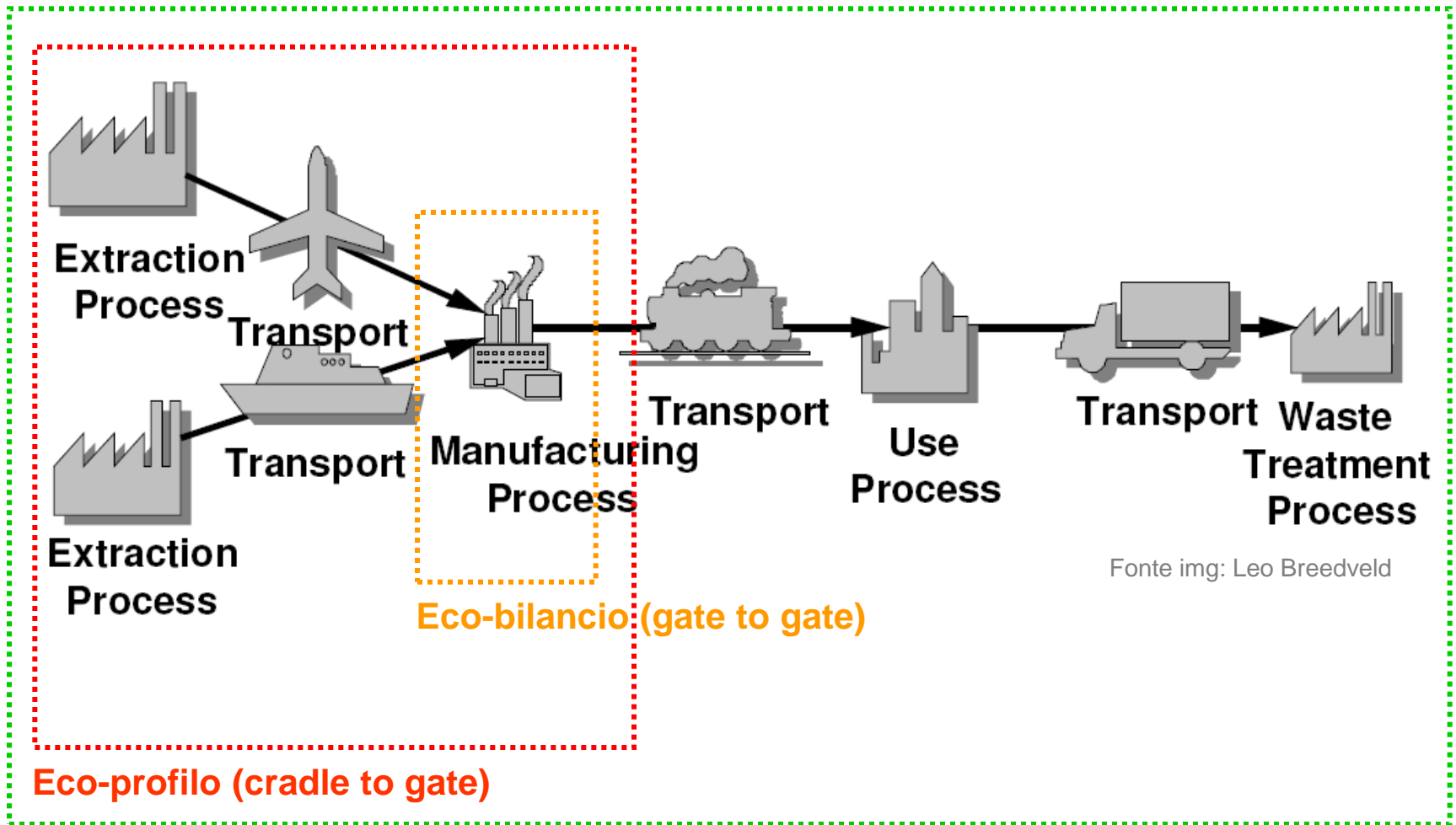


Life Cycle Assessment - LCA

Procedimento oggettivo di valutazione dei carichi ambientali relativi ad un prodotto (compreso l'edificio), un processo o un servizio durante l'intero ciclo di vita, attraverso la quantificazione dei **flussi di materia e energia in ingresso (consumi) e in uscita (emissioni)** nelle fasi di estrazione delle materie prime, trasporto, produzione, distribuzione, uso e dismissione. (SETAC – *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, 1990)



Ambito di applicazione - LCA



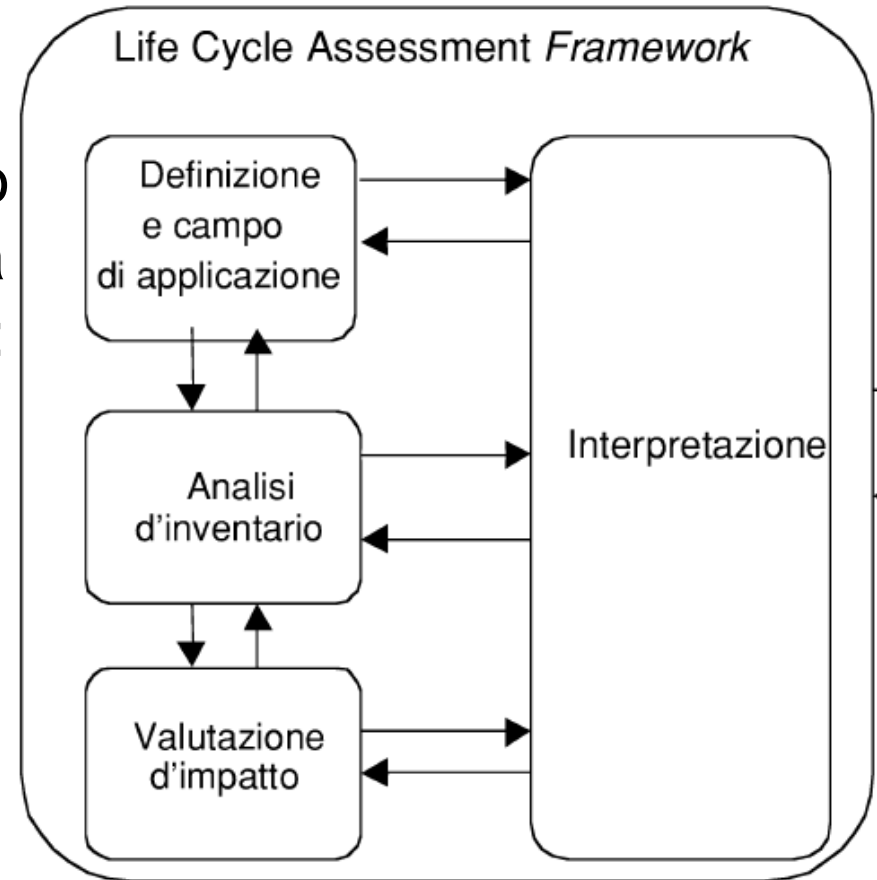
Fonte img: Leo Breedveld

LCA completa (cradle to grave)

ISO 14040 / 44 - LCA

Le norme internazionali
ISO 14040 - 14044 definiscono
la procedura per effettuare una
LCA, composta da quattro fasi:

1. Obiettivo e ambito di applicazione
2. Analisi di inventario
3. Valutazione degli impatti
4. Interpretazione dei risultati



Struttura della LCA (ISO 14040)

Life Cycle Costing - LCC

Costo globale di un edificio o di parti di esso, nel suo arco di vita. Comprende i costi di pianificazione, di progettazione, d'acquisto, d'uso, di gestione e manutenzione e di dismissione, escluso l'eventuale valore residuo (ISO 15686-5).

1930



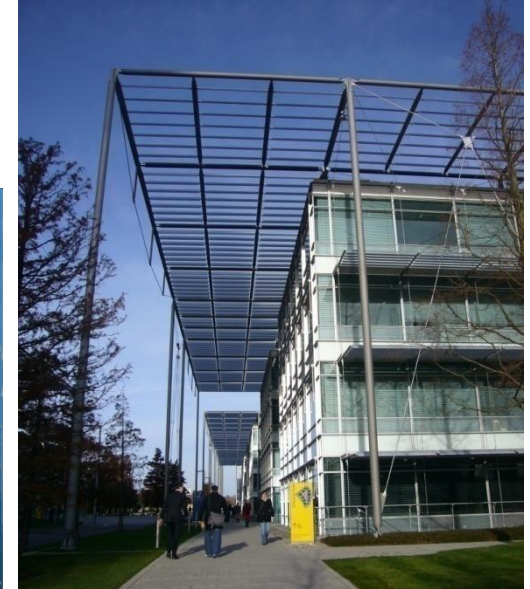
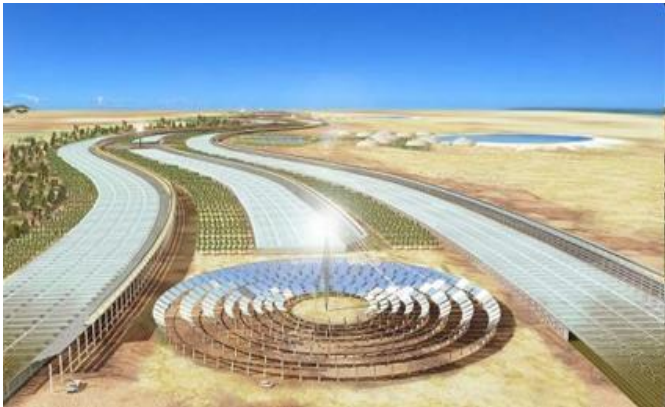
2011



Applicazioni - LCC

→ **PROCESSO DECISIONALE** per l'acquisto di equipaggiamenti o prodotti di lunga durata con un alto costo di investimento per unità.

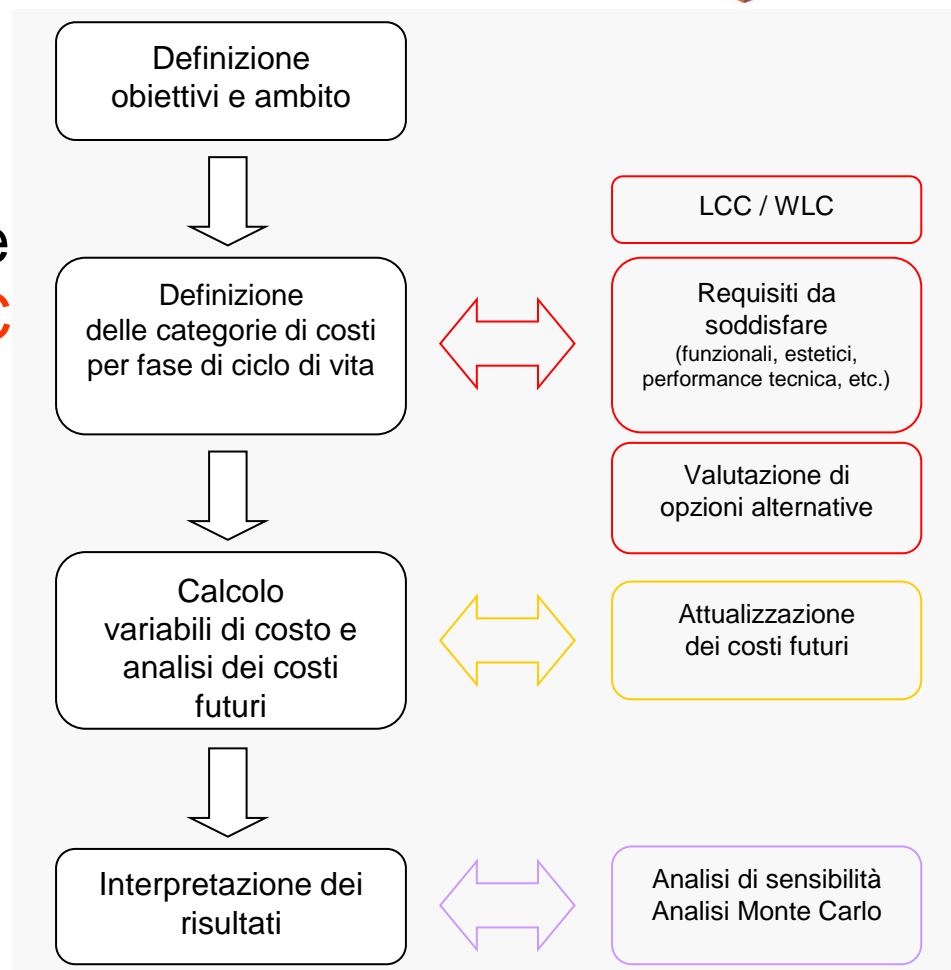
- **Edifici (in particolare pubblici o commerciali)**
- uso e produzione di **energia**
- veicoli di **trasporto** ad alto costo di investimento (soprattutto nel settore aerospaziale)
- **Equipaggiamenti militari e armi**



ISO 15686-5 / SETAC

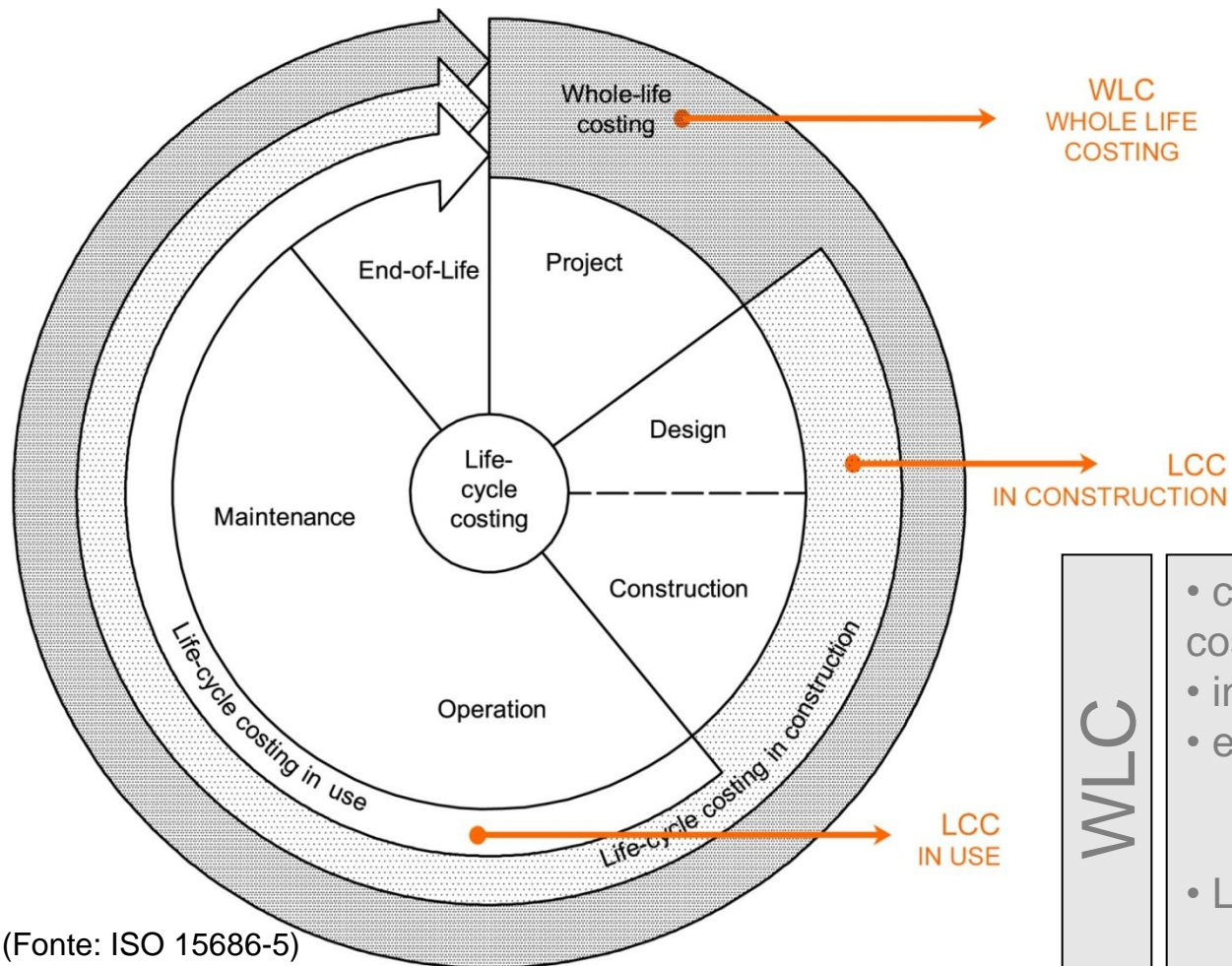
Dalla norma **ISO 15686-5** e dalle indicazioni del **SETAC** si possono ricavare le fasi operative di una LCC:

1. Obiettivi e ambito di applicazione
2. Definizione categorie costi
3. Analisi dei costi futuri
4. Interpretazione dei risultati



Struttura della LCC

Categorie di costo



ESTERNALITÀ → costo o beneficio sociale conseguente ad attività economiche che non si riflette in transizioni di mercato

WLC	<ul style="list-style-type: none"> • costi esterni alla fase di costruzione • investimenti • esternalità
	<ul style="list-style-type: none"> • LCC • Costruzione • Usò • Manutenzione • Fine vita

(Fonte: ISO 15686-5)

TENDENZA EMERGENTE
integrare strumenti di contabilità (es. **LCC**)
con sistemi e strumenti di gestione ambientale (es. **LCA**)



FATTORE DI EFFICIENZA ENERGETICO-AMBIENTALE €CO



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



Regione Autonoma Valle d'Aosta
Région Autonome Vallée d'Aoste
Presidenza della Regione
Présidence de la Région

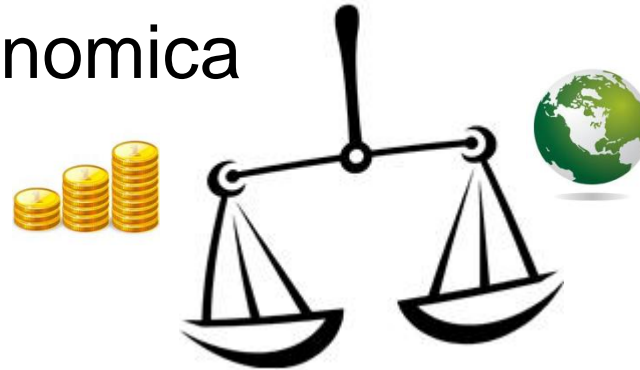


**MINISTERO DEL LAVORO
E DELLA PREVIDENZA SOCIALE**

Direzione Generale per le Politiche
per l'Orientamento e la Formazione

Finalità del modello di valutazione economico-ambientale

1° → **valutare** la performance ambientale associata a quella economica



2° → **confrontare** diverse alternative al fine di scegliere quella economicamente e ambientalmente più vantaggiosa



Destinatari del modello

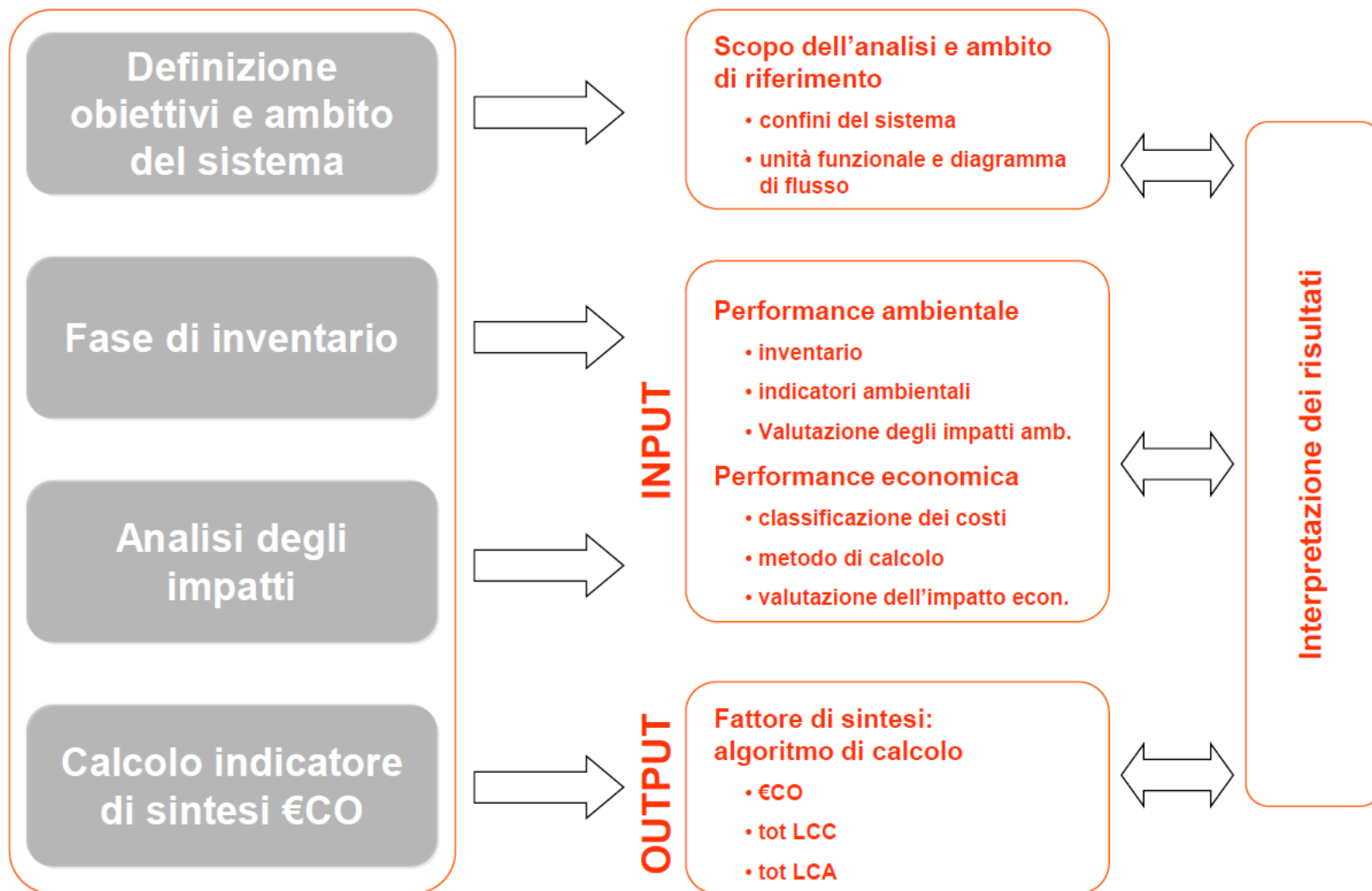
1° → **progettista**
per orientare le scelte



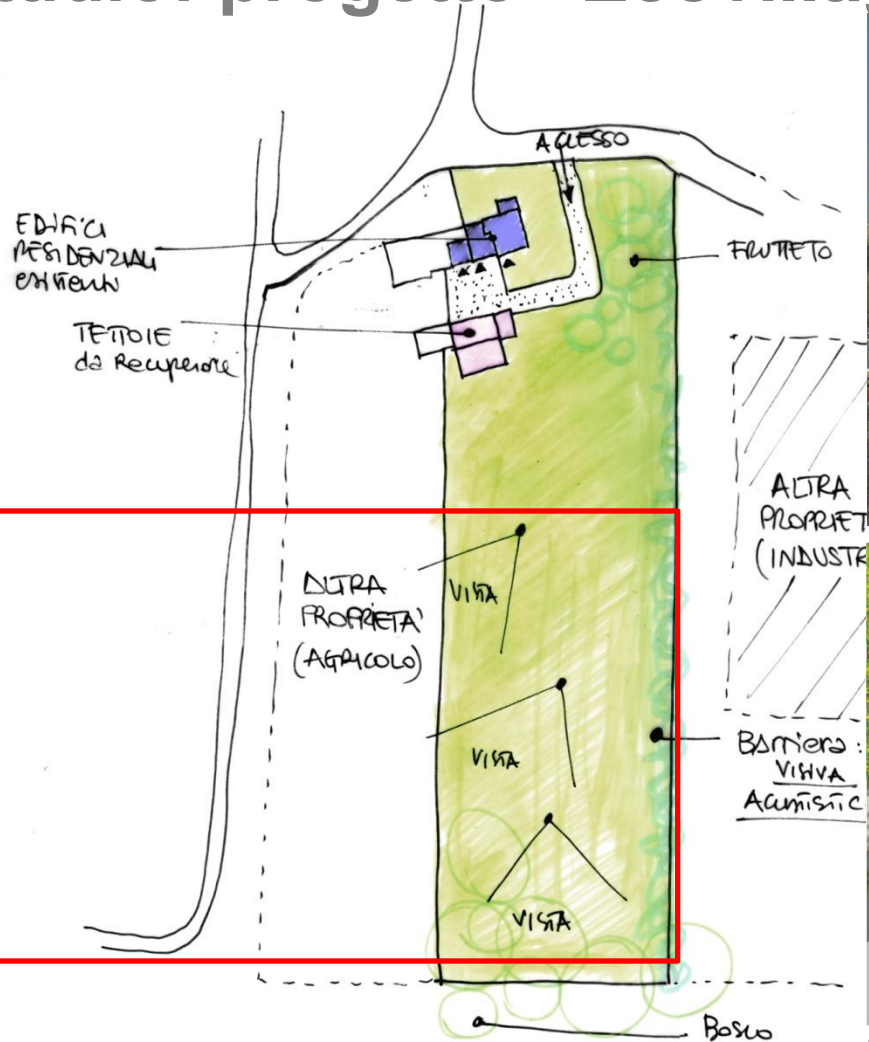
2° → **committente**
pubblico o privato, come
strumento di primo
controllo



Struttura del modello



Caso studio: progetto "Ecovillage a Leini"



Nuovi edifici
residenziali
a schiera

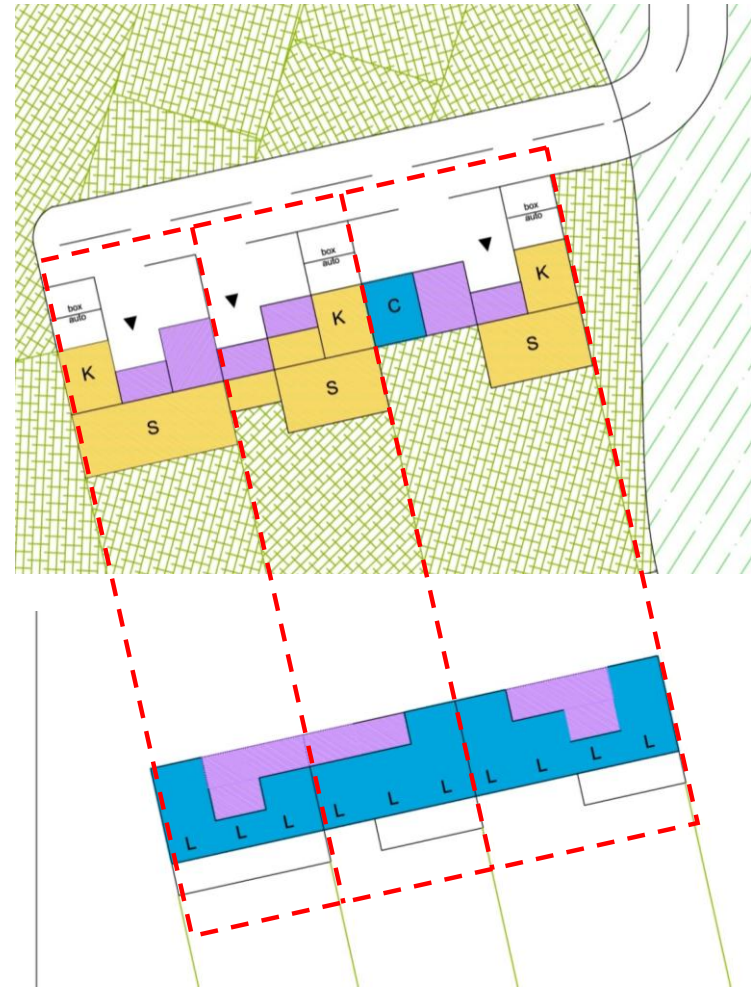


PAT. ARCHITETTI ASSOCIATI

Caso studio: progetto “Ecovillage a Leini”

legenda:

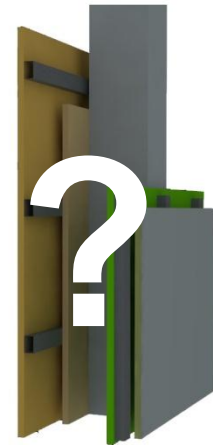
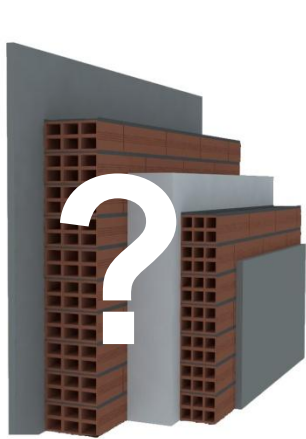
-  ZONA GIORNO
-  ZONA SERVIZIO
-  ZONA NOTTE
-  VERDE PRIVATO
-  VERDE COMUNE
CON ALBERI
-  S soggiorno
-  K cucina
-  C camera/studio
-  L camera da letto



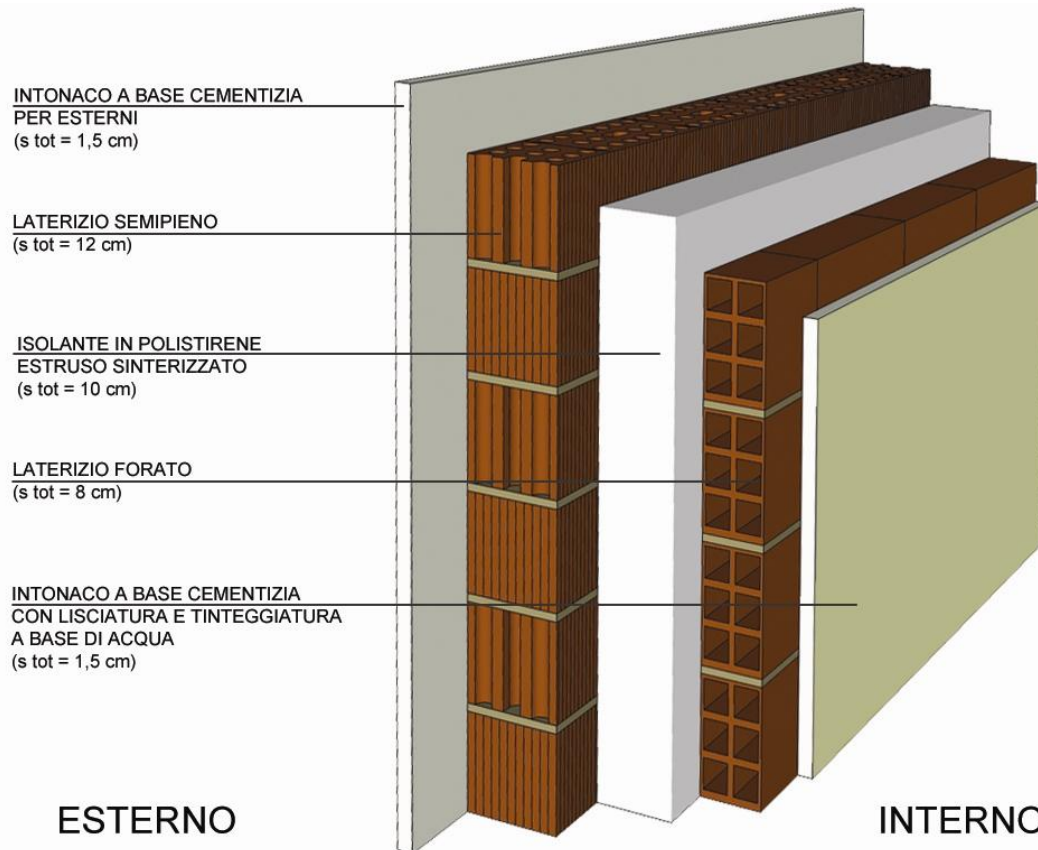
PAT. ARCHITETTI ASSOCIATI

Obiettivo dell'analisi

Scegliere, in fase di progettazione, la tecnologia costruttiva che garantisca il miglior rapporto **prezzo / qualità ambientale** considerando l'intero ciclo di vita dell'edificio



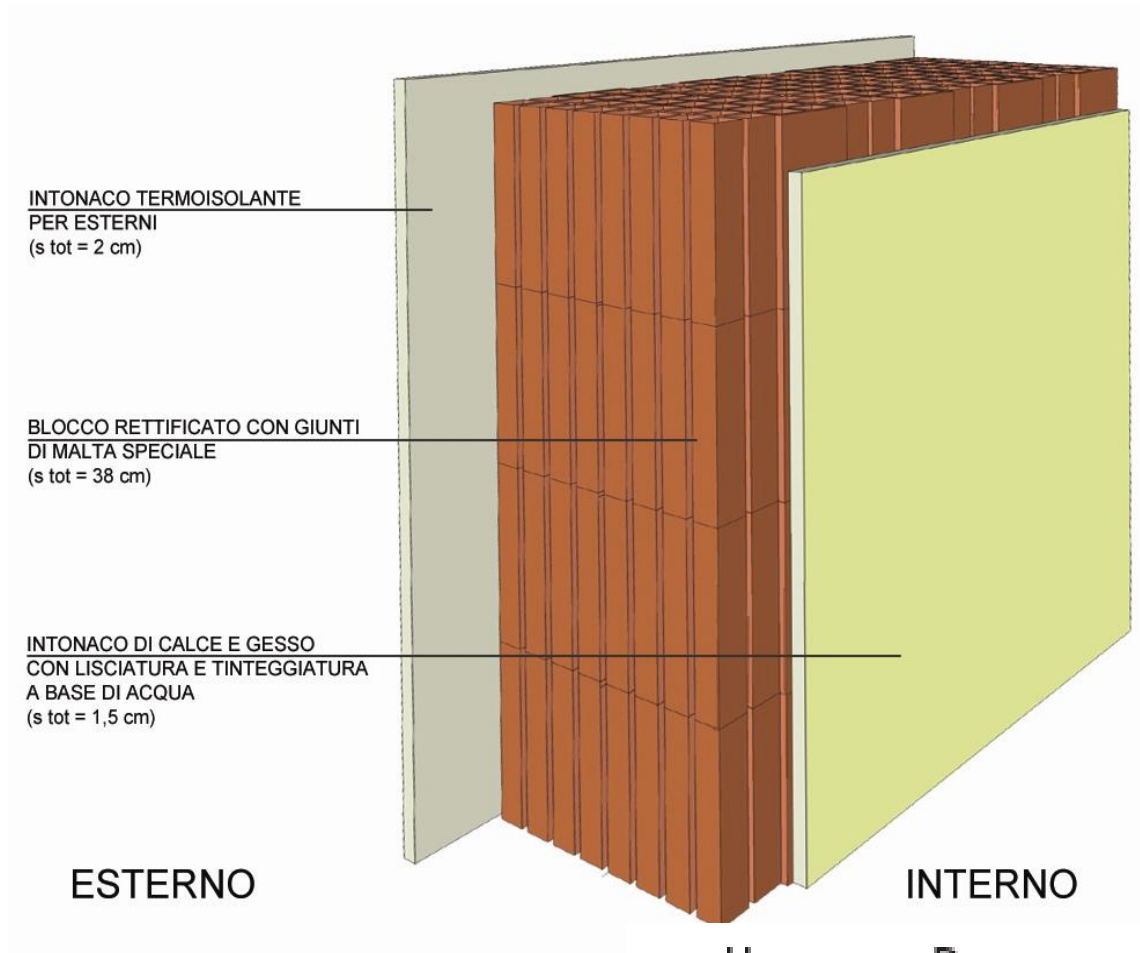
Caso studio: benchmark



Elemento tecnico BAU.
Tecnologia costruttiva standard

	U	R	f_d	Y_{IE}	$1/Y_{IE}$
BAU	0,33	3,03	0,33	0,11	9,18

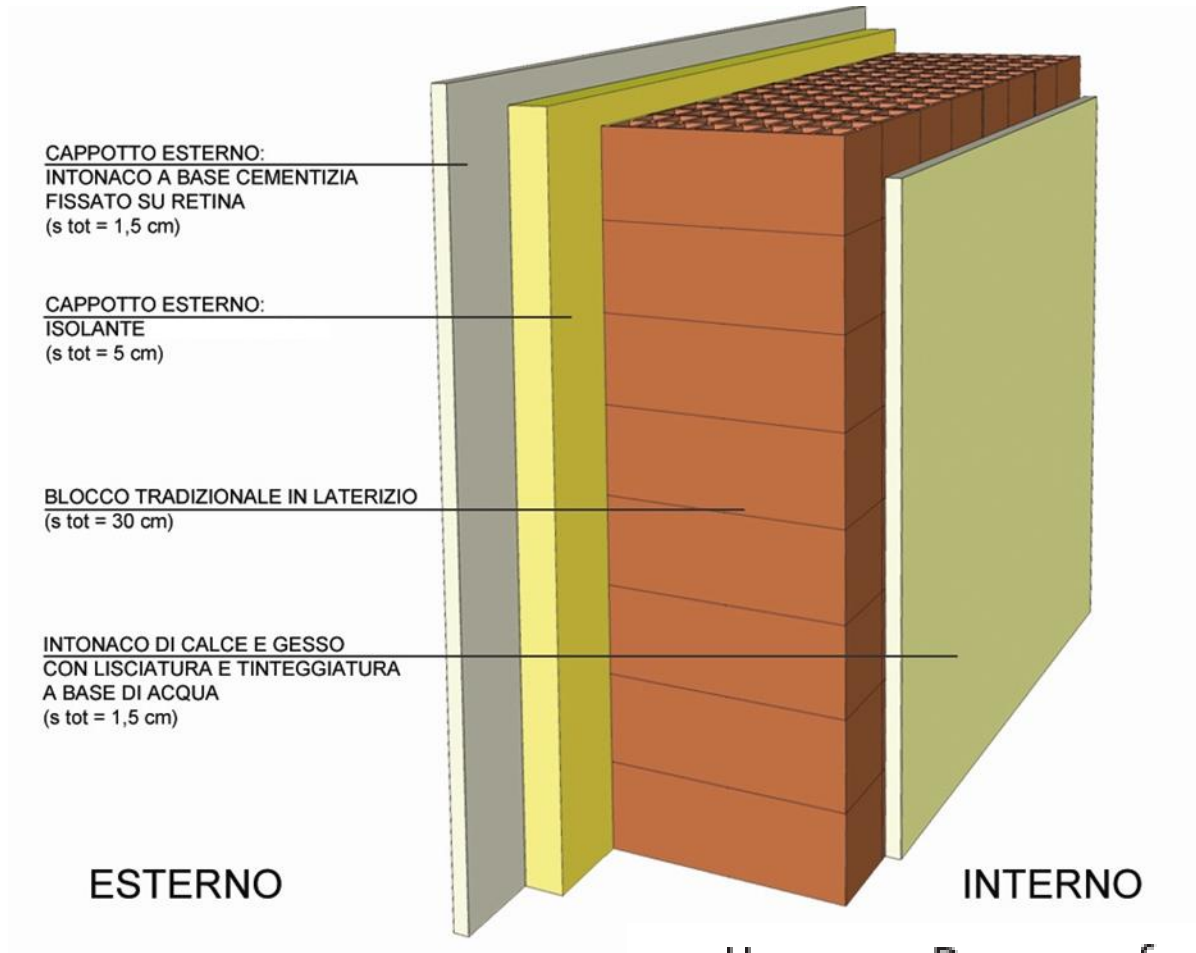
Caso studio: 1° alternativa di involucro opaco



Elemento tecnico C11.
Parete monostrato

	U	R	f_d	Y_{IE}	$1/Y_{IE}$
C11	0,32	3,13	0,03	0,01	104,17

Caso studio: 2° alternativa di involucro opaco



Elemento tecnico C12.
Parete pluristrato
(cappotto esterno)

	U	R	f_d	Y_{IE}	$1/Y_{IE}$
C12	0,32	3,13	0,08	0,02	39,06

Caso studio: 3° alternativa di involucro opaco

INTONACO ESTERNO COLORATO
A BASE DI CALCE E CEMENTO PER ESTERNI
(s tot = 2 cm)

BLOCCHI PORTANTI IN
LATERIZIO ALVEOLATO
(s tot = 25 cm)

ISOLANTE
(s tot = 6 cm)

BLOCCHI IN LATERO-GESSO
(s tot = 8 cm)

LISCIATURA A BASE DI GESSO

ESTERNO

INTERNO

Elemento tecnico C13.

Parete pluristrato con
intercapedine isolata

	U	R	f_d	Y_{IE}	$1/Y_{IE}$
C13	0,34	2,94	0,16	0,05	18,38

Caso studio: progetto “Ecovillage a Leini”

Definizione
degli obiettivi
e dell’ambito

Fase di inventario

Analisi degli impatti

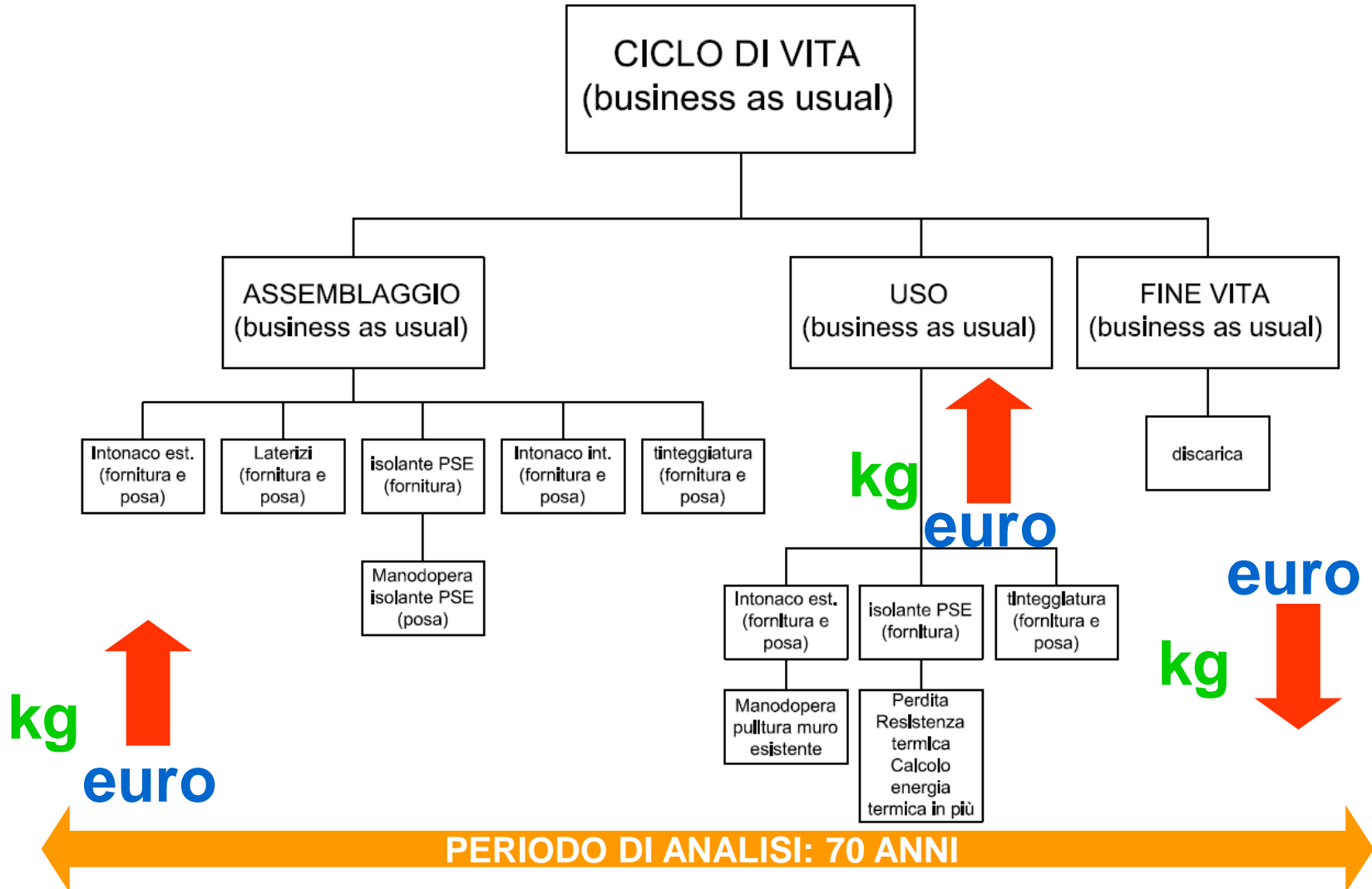
Calcolo indicatore di
sintesi e analisi dei
risultati

Unità funzionale

metro quadrato di elemento tecnico di involucro edilizio per unità di resistenza termica periodica ($1/Y_{IE}$), ipotizzando come vita utile dell’edificio 70 anni. In questo modo, è stato possibile confrontare stratigrafie con durata e prestazioni termiche diverse.

Y_{IE} = parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell’arco delle 24 ore.

Caso studio: confini del sistema



Life Cycle Inventory analysis LCI ISO 14041

Comprende la raccolta dei dati e dei procedimenti di calcolo, che consentono di quantificare i flussi in entrata e in uscita di un sistema di prodotto.

Definizione dell'ambito e delle finalità dello studio

Fase di inventario

Analisi degli impatti

Calcolo indicatore di sintesi e analisi dei risultati

Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	
investimento esterno, pannello sandwich, lamiera in acciaio riempite con schiuma di poliuretano	1	kg	Mass	100 %	Others	INVOLUCRO/fornitura e posa	
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Steel, low-alloyed, at plant/RER 5		0,46	kg	Undefined			
Polyurethane, flexible foam, at plant/RER 5		0,54	kg	Undefined			
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Sheet rolling, steel/RER 5		0,46	kWh				
Foaming, expanding/RER 5		0,54	kWh				
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to soil							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Final waste flows							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Non material emissions							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Social issues							
Name	Sub-co	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Economic issues							
Name	Sub-co	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
EURO							
(Insert line here)							

nome prodotto e quantità

input (materia)

input (energia)

output

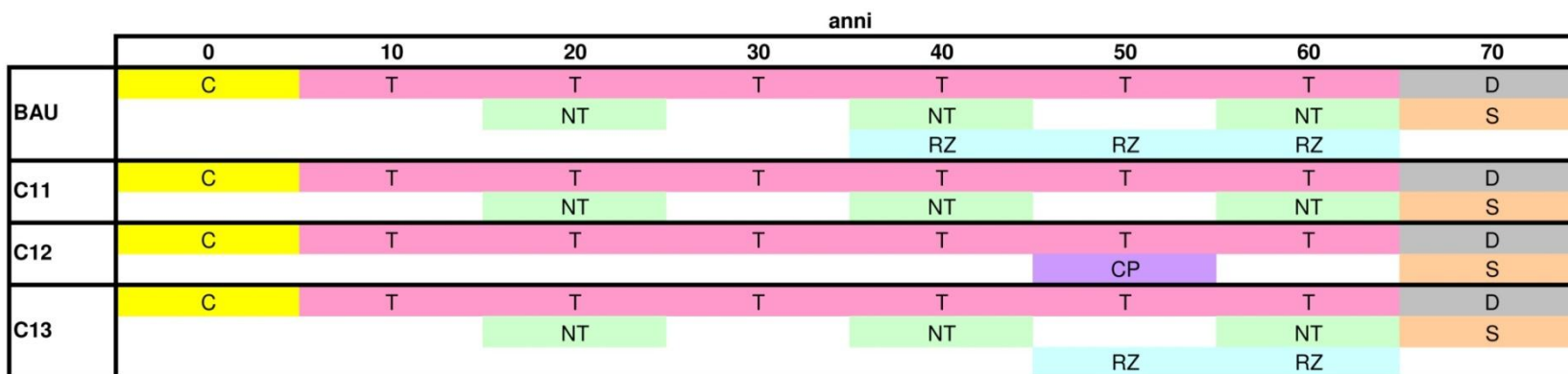
costi



Prezzi di riferimento per Opere e lavori Pubblici nella Regione Piemonte



Periodo di vita utile



LEGENDA

C	costruzione
T	tinteggiatura
NT	ripristino intonaco esterno
CP	rifacimento cappotto esterno
RZ	perdita resistenza termica iniziale
D	demolizione
S	smaltimento

Interventi previsti, nel periodo di vita utile, per ciascuna soluzione costruttiva analizzata.

Life Cycle Impact Assessment LCIA ISO 14042

Definizione
dell'ambito e delle
finalità dello studio

È la fase di elaborazione dei risultati
dell'inventario acquisiti, con lo scopo di valutare
la portata dei potenziali impatti ambientali

Fase di inventario

Analisi degli impatti

Calcolo indicatore di
sintesi e analisi dei
risultati



Categorie degli effetti ambientali



Indicatori ambientali

Riscaldamento globale - **GWP**

Il Global Warming Potential rappresenta il quantitativo potenziale dei principali gas che provocano l'effetto serra

Il fattore di caratterizzazione è rappresentato dai kg di anidride carbonica equivalente.

Il GWP è, quindi, la misura, basata sulla concentrazione e sul periodo di esposizione del potenziale contributo che una sostanza arreca all'effetto serra, rispetto a quello provocato dallo stesso peso di anidride carbonica.

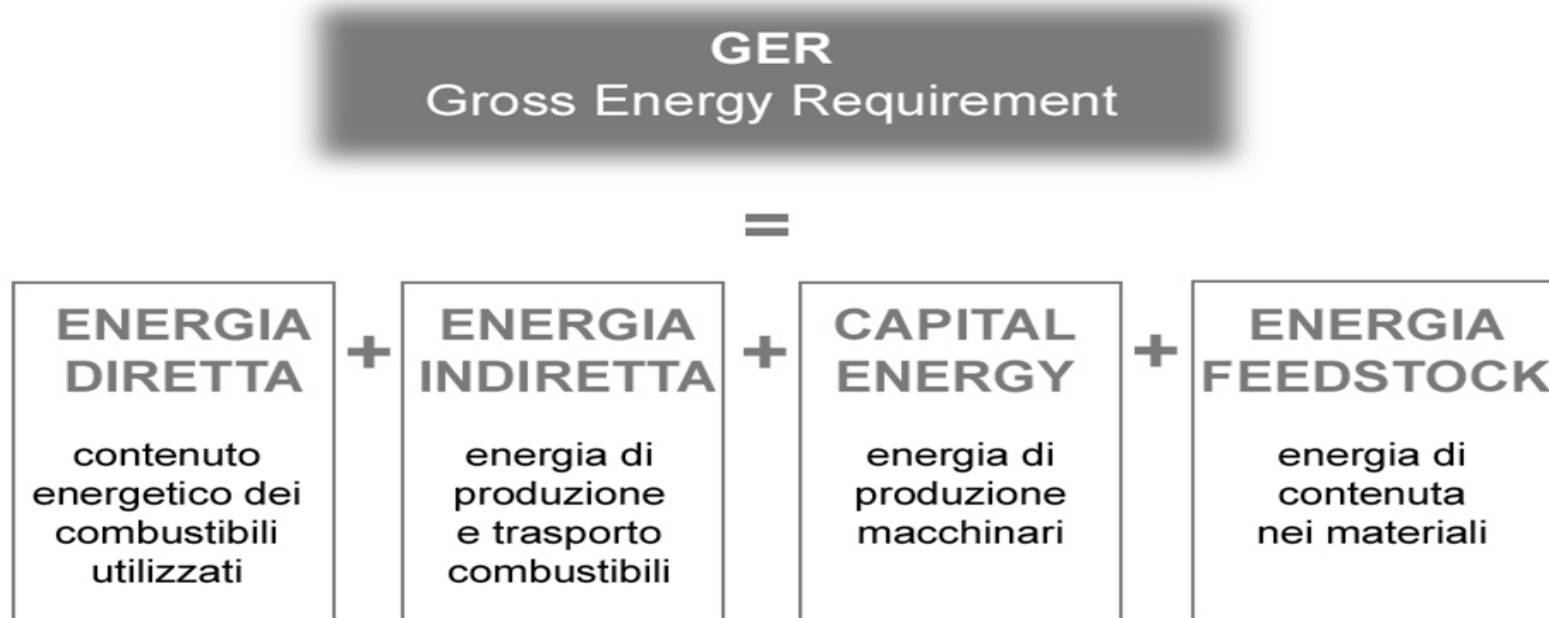
Maggiori gas serra

anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4), ossido di azoto (N_2O), esafluoruro di zolfo (SF_6), vapore acqueo.

Indicatori ambientali

Consumo di risorse - GER

Il GER (*Gross Energy Requirement*) rappresenta l'energia primaria complessiva, richiesta per la produzione di un prodotto, che deve essere prelevata dalla natura. L'unità di misura utilizzata è il MJ.



Indicatore economico

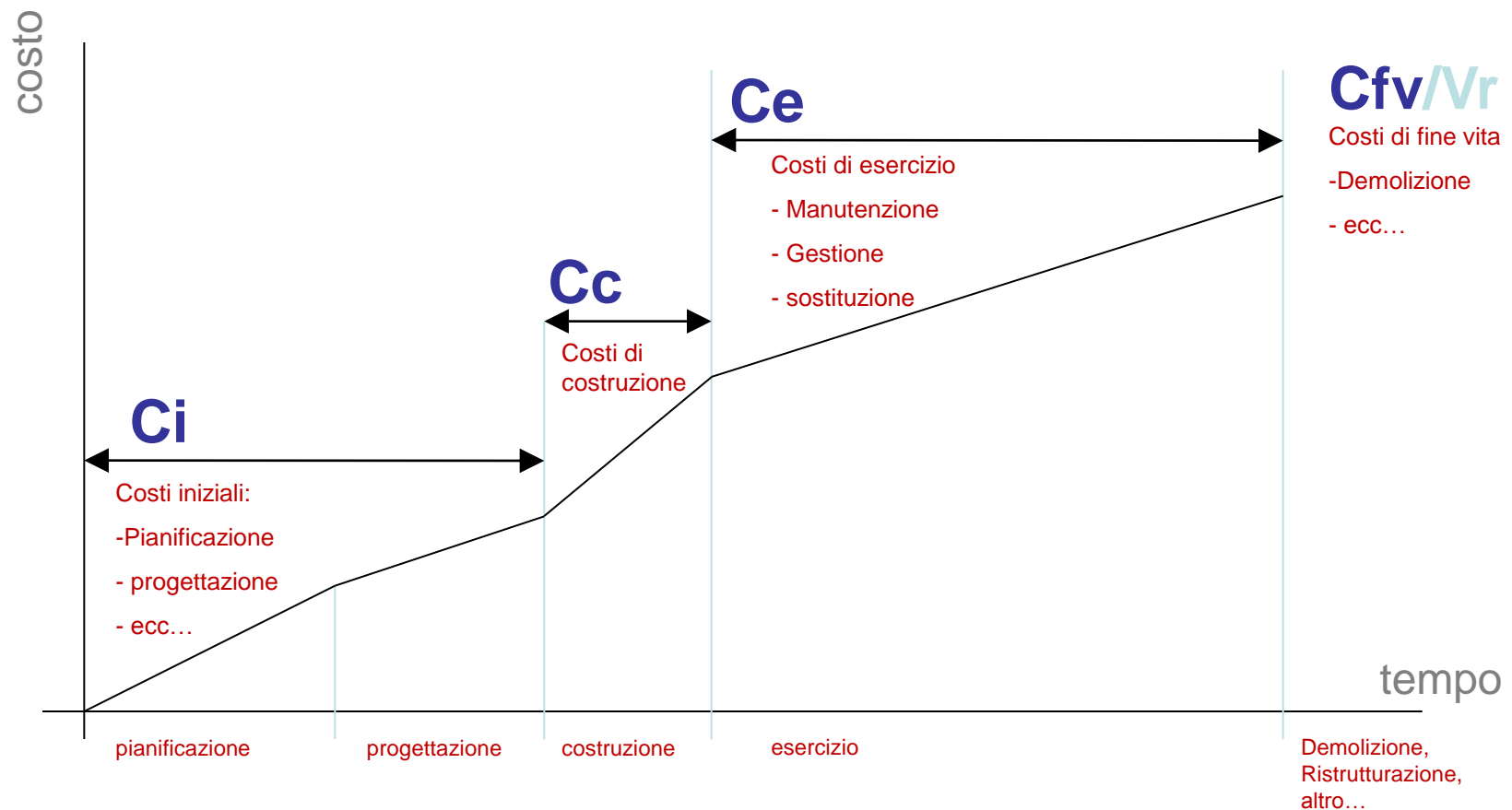
Costo globale – LCC

Costo globale di un edificio o di parti di esso, nel suo arco di vita. Comprende i costi di pianificazione, di progettazione, d'acquisto, d'uso, di gestione e manutenzione e di dismissione, escluso il valore residuo. L'unità di misura utilizzata è l'euro.

$$LCC = C_i + C_c + C_e + C_{fv} - V_r$$

Calcolo del costo globale

$$LCC = C_i + C_c + C_e + C_{fv} - V_r$$



Calcolo del costo globale

Attualizzazione costi

$$VAN = \sum (C_n * q_d) = \sum_{n=1}^p \frac{C_n}{(1+d)^n} \quad [\text{euro}]$$

C_n = Costo nell'anno n

q_d = Fattore di attualizzazione

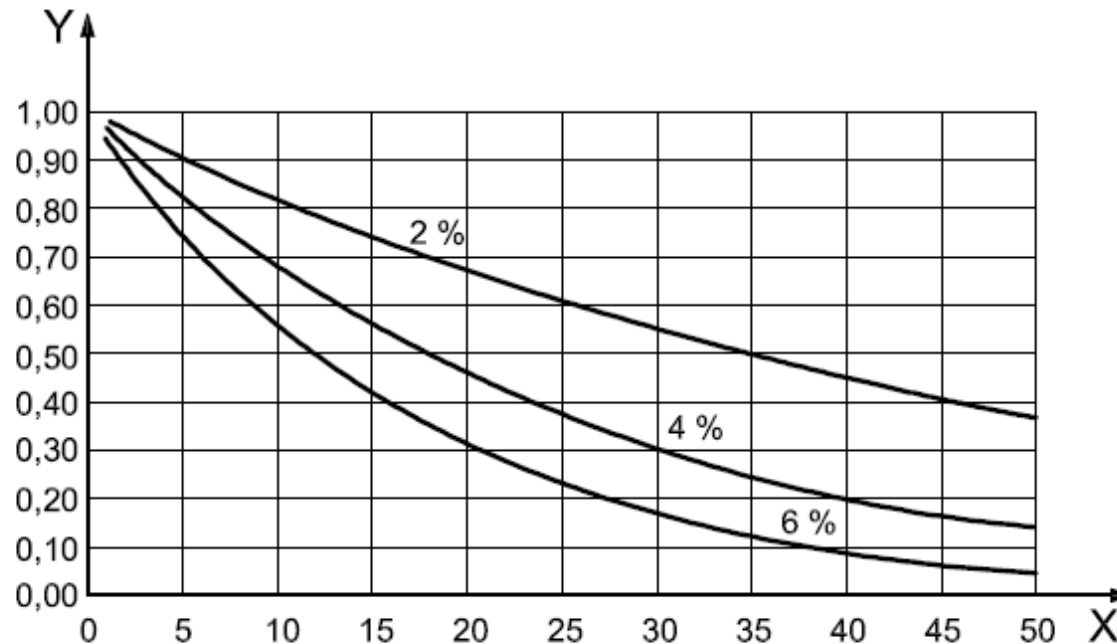
d = Tasso di sconto previsto per anno

n = Numero di anni tra l'anno attuale di riferimento e quello in cui si sosterranno i costi

p = Periodo di analisi

Calcolo del costo globale

Attualizzazione costi - TASSO DI SCONTO 5%

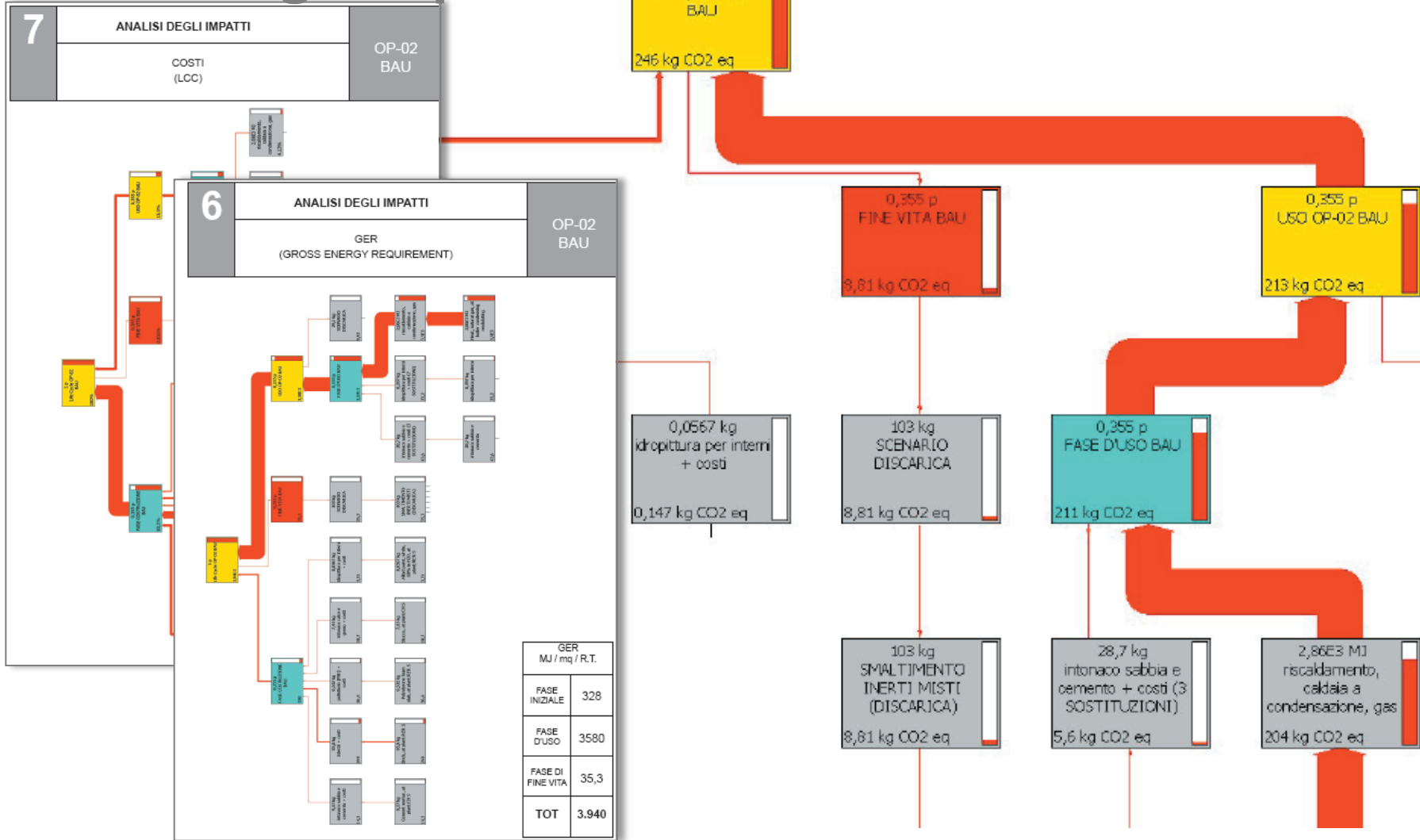


asse delle ascisse (X) → anni del periodo di analisi

asse delle ordinate (Y) → valore attuale per unità monetaria.

Minore è il tasso di sconto, maggiore è l'influenza dei costi futuri nell'analisi LCC e viceversa

Analisi degli impatti



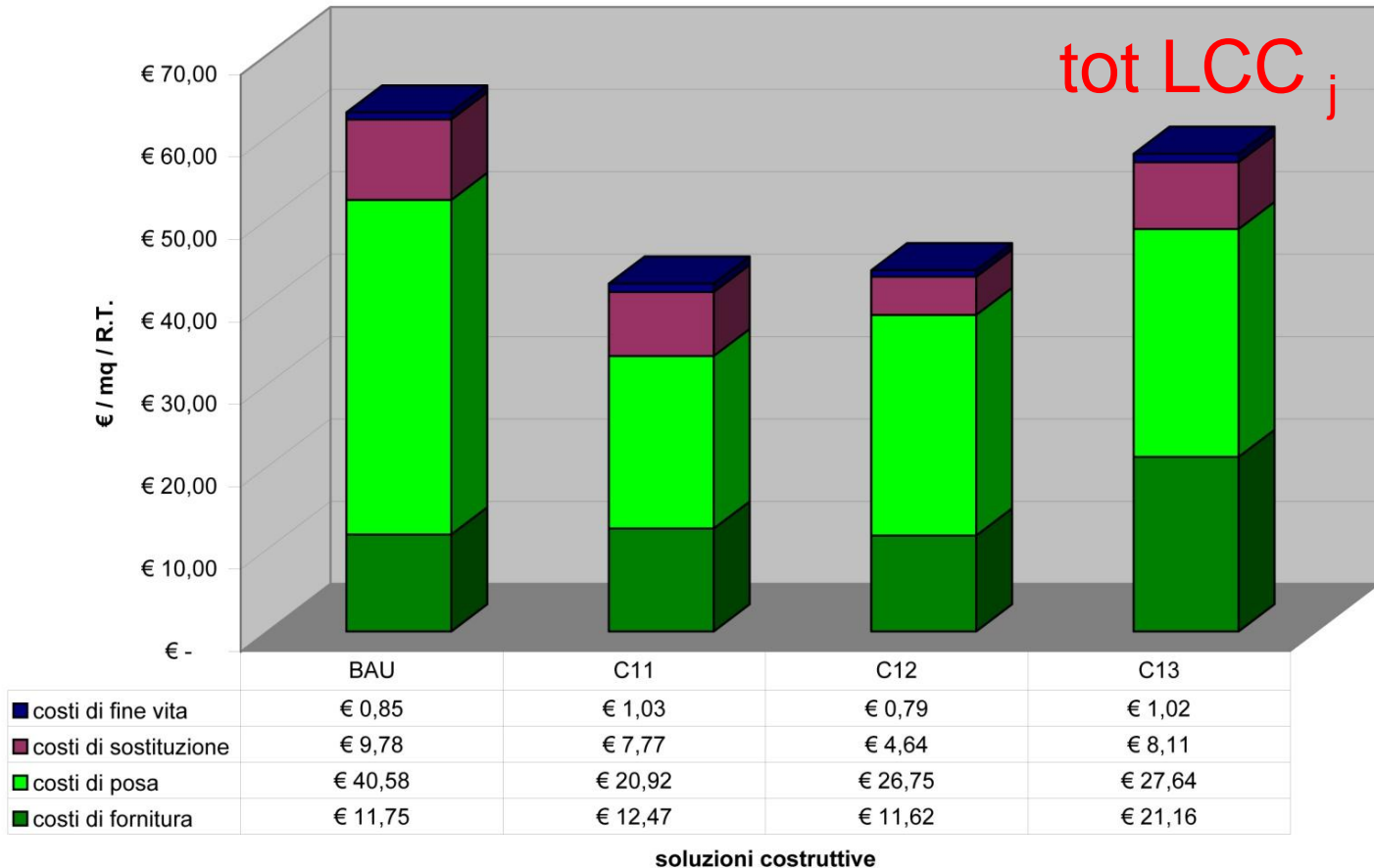
Metodi di calcolo

Metodi ad indicatore unico utilizzati per l'analisi degli impatti:

- *IPCC 2007 GWP 100a* per il calcolo dell'indicatore GWP a cent'anni
- *Cumulative Energy Demand (CED 1.01)*, per il calcolo del GER
- *LCC*, per il calcolo del costo globale nel ciclo di vita.

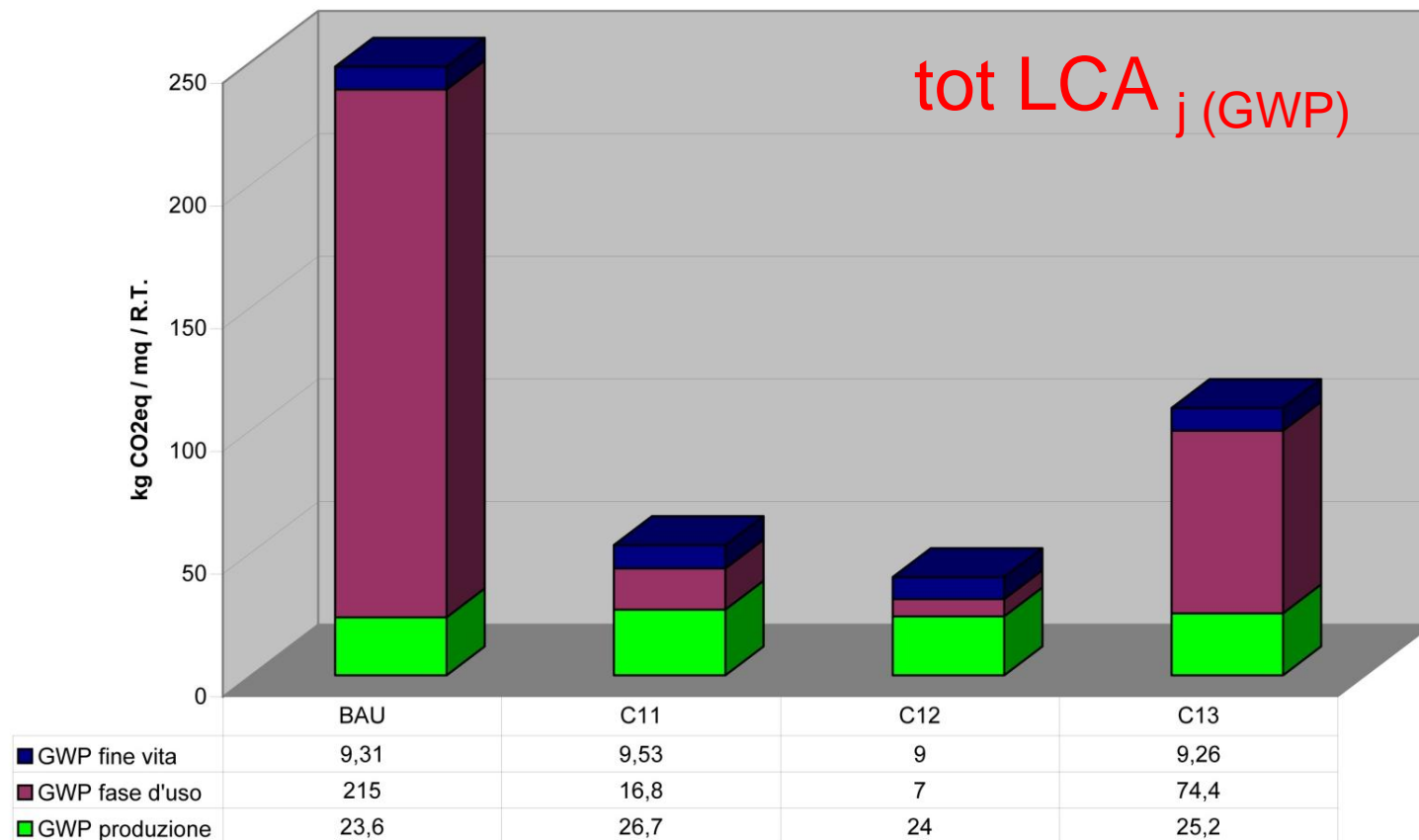


Performance economica LCC



tot LCC_j **62,96** **42,19** **43,80** **57,93**
 [€ / mq / Resistenza Termica]

Performance ambientale GWP₁₀₀



tot LCA_j (GWP)

248

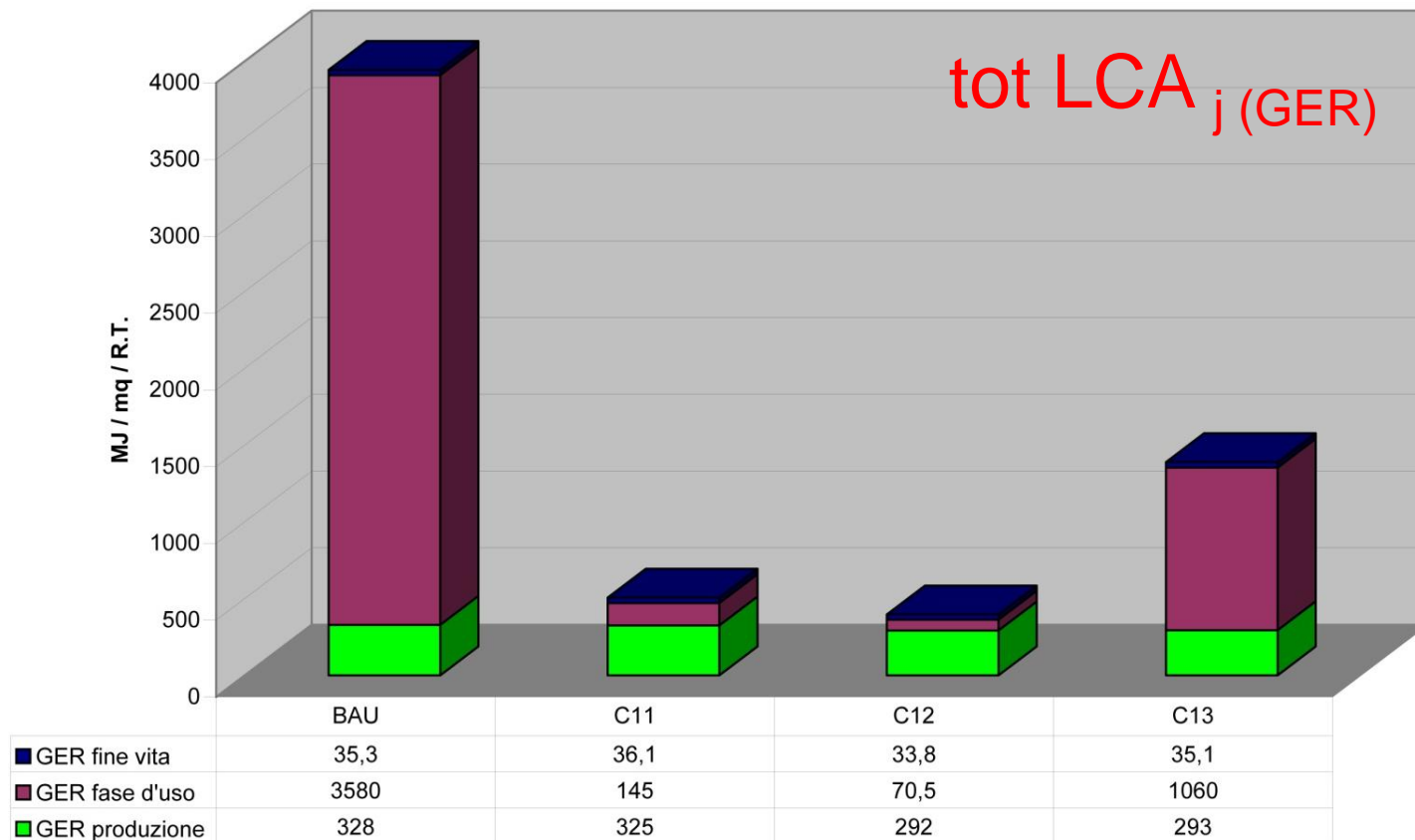
53

40

110

[Kg CO_{2eq} / mq / Resistenza Termica]

Performance ambientale GER



soluzioni costruttive

tot LCA_j (GER)

3943

506

396

1388

[MJ / mq / Resistenza Termica]

Analisi degli impatti

performance ambientali ed economiche
rispetto al benchmark

$$X_{j(LCC)} = \frac{62,96 - \text{tot LCC}_j}{62,96}$$

$$X_{j(GWP)} = \frac{248 - \text{tot LCA}_{j(GWP)}}{248}$$

$$X_{j(GER)} = \frac{3943 - \text{tot LCA}_{j(GER)}}{3943}$$

Fattore di efficienza economico-ambientale

Definizione
dell'ambito e delle
finalità dello studio

Fase di inventario

Analisi degli impatti

Calcolo indicatore di
sintesi e analisi dei
risultati

$$\text{€CO} = \text{LCC} + \text{GWP} + \text{GER}$$

$$\underline{(X_{\text{LCC}} * \eta_{\text{LCC}})} + \underline{(X_{\text{GWP}} * \eta_{\text{GWP}})} + \underline{(X_{\text{GER}} * \eta_{\text{GER}})}$$

Fattore di efficienza economico-ambientale

Ipotesi sulla scelta del peso degli impatti

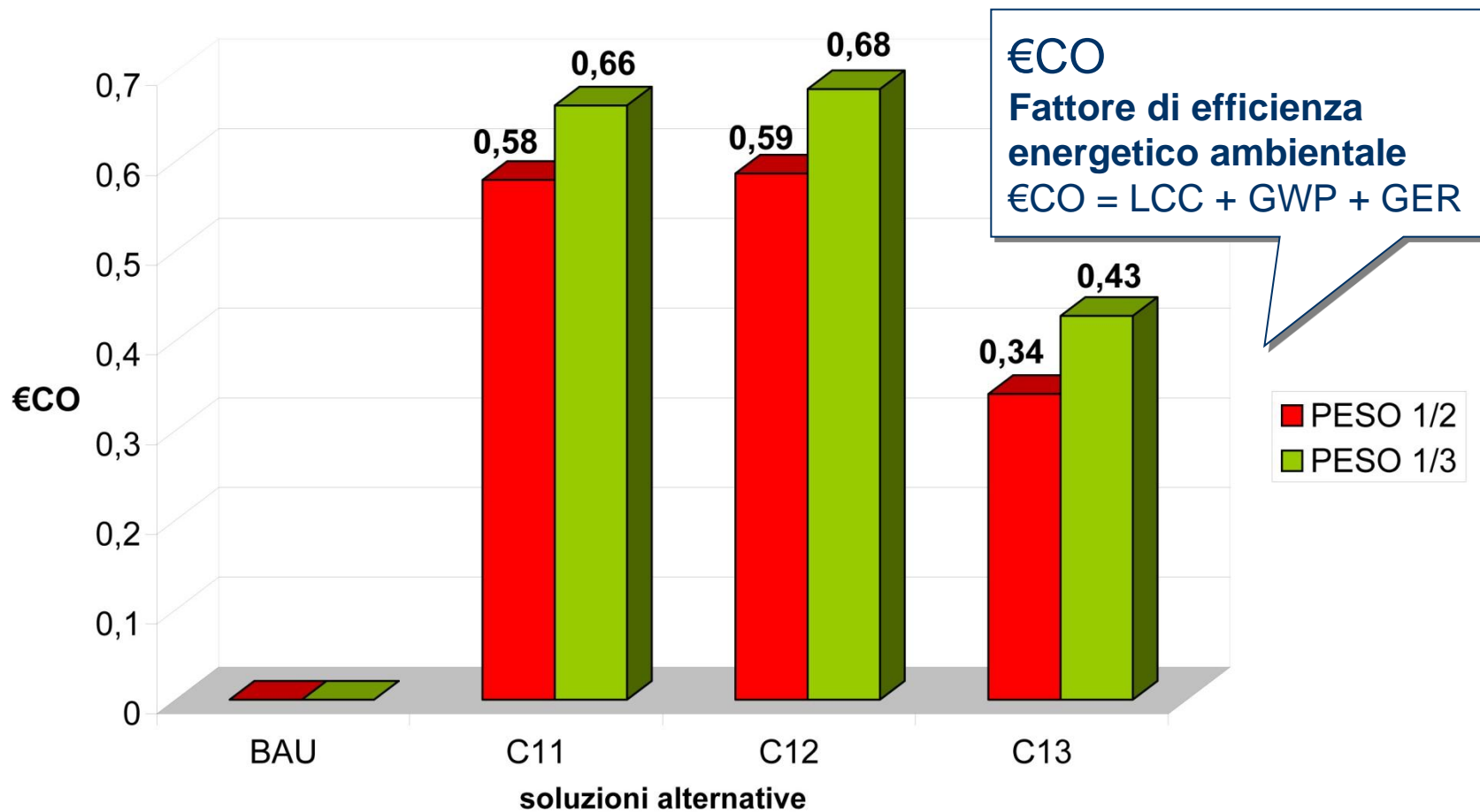
pesi uguali (peso LCC = peso GWP = peso GER)

$$\text{€CO} = (X_{\text{LCC}} * 0,33) + (X_{\text{GWP}} * 0,33) + (X_{\text{GER}} * 0,33)$$

peso impatto economico (LCC) = peso impatto ambientale (GWP+GER)

$$\text{€CO} = (X_{\text{LCC}} * 0,50) + (X_{\text{GWP}} * 0,25) + (X_{\text{GER}} * 0,25)$$

Fattore di efficienza economico-ambientale



N.B. la migliore efficienza economico-ambientale si ha per valori di €CO più vicini a 1 (benchmark = 0)

Conclusioni

Vantaggi di una valutazione economica ambientale integrata nel processo progettuale sostenibile	Chi ne beneficia
1. Valutazione ambientale avvalorata da un'analisi costi-benefici per assicurare la fattibilità economica delle scelte progettuali ambientalmente sostenibili	Committente (investitore / proprietario) Costruttore Generazioni future
2. Analisi costi-benefici che include le esternalità attraverso la combinazione di indicatori economici e ambientali	Azienda produttrice Committente (investitore / proprietario) Costruttore Società Generazioni future
3. Valutazione che si basa sull'intero ciclo di vita dell'edificio	Committente (proprietario) Utilizzatore finale Generazioni future

Outlook

Fase fuori opera

Fase costruzione

Fase uso

Fase fine vita

Calcolo del contenuto di energia primaria imputabile agli elementi di involucro ipotizzando una vita utile dell'edificio di 70 anni

kWh/m² (slp) anno
+
Euro

Calcolo fabbisogno netto per la climatizzazione invernale ed estiva (involucro)

kWh/m² (slp) anno
+
Euro

UNI 11277 - Sostenibilità in edilizia → UNI/GL 4

FprEN 15978 - Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method → CEN/TC 350

Publicazioni relative alla ricerca

SETAC Europe
19th Annual Meeting
31 May – 4 June 2009, Göteborg, Sweden
Protecting ecosystem health:
facing the challenge of a globally changing environment

GÖTEBORG
SETAC EUROPE 2009

now
3-6 novembre 2010
Rimini Fiera

Le tecnologie, le tecnologie, il business sostenibile

key energy

ECOMONDO



SAIE 2011
SAIE INNOVARE, INTEGRARE, COSTRUIRE

COSTRUIRE IN LATERIZIO

Konior Studio Krzysztof Ingarden
Atelier Loegler meck architekten
Medusa Group Sud Architectes

132

Architettura polacca

Politecnico di Torino Dottorato di Ricerca ITAC
Innovazione tecnologica per l'ambiente costruito XXI ciclo

Tesi di dottorato
Menzione Speciale premio SITdA

Architettura e sostenibilità
sviluppo di un modello di valutazione economico-ambientale basato sul ciclo di vita

dottoranda
arch. Francesca Thiébat
tutor
prof. Mario Grosso

27. il Progetto Sostenibile

L'IMPRONTA AMBIENTALE DEL COSTRUITO

Dalla progettazione (con il BIM) alla costruzione (con il BIM) e alla gestione (con il BIM)...

arch. Francesca THIEBAT



Politecnico di Torino

Dipartimento di Scienze e Tecniche per i Processi di Insediamento

Castello del Valentino | viale Mattioli 39 | 10125 Torino

T. +39.011.564.4388

F. +39.011.564.4374

francesca.thiebat@polito.it

PAT. architetti associati

Corso Novara 99 | 10154 Torino

T. +39.011.660.0819

C. +39.338.737.9080

www.patdesign.it

francesca@patdesign.it

PAT. architettura sostenibilità urban design