



# A PROPOSITO DI SOSTENIBILITA': LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT NEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI

Autore: Giampiero Brioni, EIE /ICEC A, MRICS  
Dicembre 2015

## Introduzione

Il mese di febbraio dell'anno in corso (2015) ha visto la concentrazione atmosferica media di anidride carbonica<sup>1</sup> toccare le 400 parti per milione, un livello mai raggiunto negli ultimi 23 milioni di anni<sup>2</sup>. Oggi noi respiriamo un'aria che nessuno dei nostri antenati ha mai respirato. *Homo sapiens* - cioè noi - è vissuto per circa 200.000 anni in un pianeta che vedeva la concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera oscillare fra le 170 e le 280 p.p.m. (stando all'analisi delle bolle d'aria intrappolate nel ghiaccio). Ma ora la nostra specie ha bruciato abbastanza combustibili fossili e alberi da spingere la CO<sub>2</sub> a 400 p.p.m. e, presto, anche oltre. Oggi le concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> aumentano di più di due p.p.m. all'anno, un incremento che può sembrare un'inezia ma che è bastato a far aumentare negli ultimi tre decenni la temperatura media annuale globale di 0,8 °C. Grazie a tutte le centrali elettriche a carbone esistenti, al miliardo e più di auto alimentate a combustione interna che girano per le strade, alla bassa qualità ambientale del costruito e al perdurante disboscamento delle foreste, saranno raggiunte a breve concentrazioni ancora maggiori. E questo a dispetto dell'obiettivo dichiarato nell'ambito del Protocollo di Kyoto<sup>3</sup> di fermarsi a 450 p.p.m., il valore che generalmente si considera (ma senza alcuna certezza) correlato ad un aumento della temperatura media non superiore ai 2°C. Più probabilmente, entro la fine del secolo la combustione dei depositi fossili sepolti da millenni avrà

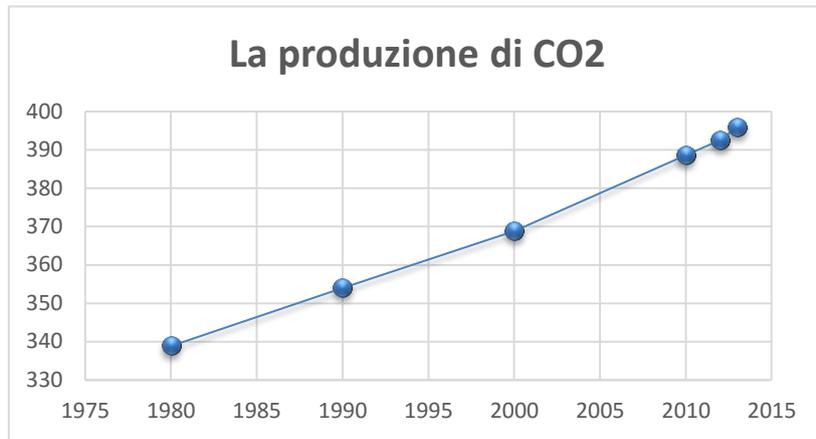
---

<sup>1</sup> L' anidride carbonica o biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) è un gas inerte, inodore ed incolore, naturalmente presente in atmosfera in concentrazioni limitate. La CO<sub>2</sub> è parte dei cicli biogeochimici naturali, quale il risultato della ossidazione delle molecole organiche (cioè le molecole della vita, definite "carboniose" proprio perché strutturate intorno all'atomo di carbonio). Non è tossica, non è nociva: è un composto naturale ed è parte dei cicli naturali. Una volta che viene generata, la CO<sub>2</sub> trova il suo "destino ambientale" nell'atmosfera, qui permanendo e contribuendo, quando presente in quantità adeguata, positivamente all'effetto serra naturale: questo effetto è il fenomeno di termoregolazione naturale della Terra, che permette condizioni termiche idonee alla nascita ed al mantenimento della vita terrestre.

<sup>2</sup> D.Biello, *CO2 Levels for February Eclipsed Prehistoric Higs*, in *Scientific American*, 5 marzo 2015

<sup>3</sup> Il protocollo di Kyoto è un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale. E' stato sottoscritto l'11 dicembre 1997 nella città giapponese di Kyoto da più di 180 Paesi in occasione della "Conferenza COP3" della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC). Il trattato è entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica anche da parte della Russia.

"vomitato" sufficiente CO<sub>2</sub> in atmosfera da far aumentare le concentrazioni fino a 550 p.p.m. o più, abbastanza per far salire le temperature medie annue fino a 6 °C in più nello stesso arco di tempo.



**Figura 1 – La concentrazione di CO<sub>2</sub> nell’atmosfera. Media globale annuale 1980 – 2013 (Elaborazione su dati riferibili al Global Greenhouse Gas Reference Network)**

Secondo James Lovelock<sup>4</sup>, “... molti scienziati sono sicuri che un aumento della concentrazione di anidride carbonica nell’atmosfera a 500 p.p.m., ormai quasi inevitabile, provocherà un profondo cambiamento climatico ...” “... a causa del collasso della vita oceanica, principalmente delle alghe – uno dei principali assorbitori di CO<sub>2</sub> -, e dell’irreversibile scioglimento dei ghiacci della Groenlandia ...”; “... all’attuale tasso di crescita della concentrazione di CO<sub>2</sub>, tale punto sarà raggiunto entro 50 anni ...”<sup>5,6</sup>

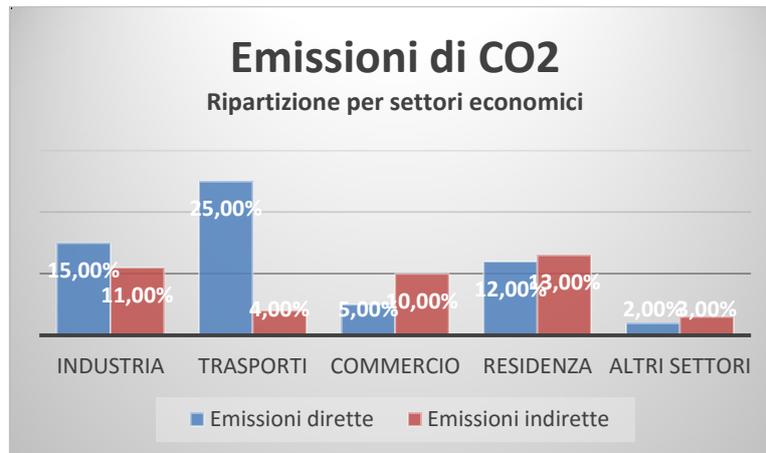
Molte osservazioni e importanti report<sup>7</sup> hanno dimostrato definitivamente che l’incremento dell’anidride carbonica nell’atmosfera è dovuto quasi completamente alle attività dell’uomo. Ma quali sono le fonti maggiori di produzione di CO<sub>2</sub> e, per quello che vuole essere l’oggetto del presente lavoro, di quale quota di emissioni di gas serra è responsabile il settore delle costruzioni? Considerando dati riferibili ai paesi europei facenti parte dell’Europa dei 27, il 12% delle emissioni di anidride carbonica (che si traduce per il 2009 in circa 500 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>) è riferito alle **emissioni dirette** delle abitazioni. Il criterio delle emissioni dirette è quello che normalmente si considera per calcolare le emissioni dei vari settori. Se però alle emissioni dirette andiamo a sommare anche **quelle indirette** (per esempio la CO<sub>2</sub> emessa dalla centrale termoelettrica che dà l’energia per accendere le luci di casa) per il solo settore abitativo otteniamo il valore del 25%, corrispondente ad oltre un miliardo di tonnellate di CO<sub>2</sub>, una cifra enorme. Sulla base di questo criterio di calcolo emerge un quadro in cui settori come quello residenziale, l’industria e il commerciale hanno un peso ben più grande di quello che solitamente siamo abituati a vedere loro attribuito. La figura che segue (Figura 2), illustra come gli ambiti residenziale, commerciale/terziario ed assimilabili (in altri termini, gli ambiti tradizionali di intervento edilizio) rappresentino circa il 45% del totale delle emissioni.

<sup>4</sup> James Ephraim Lovelock (Letchworth, 26 luglio 1919) è un chimico, scrittore e ambientalista britannico. Il suo maggiore merito scientifico è la teoria di Gaia, con la quale per primo ha descritto il pianeta Terra come un unico superorganismo.

<sup>5</sup> J.Lovelock, *La rivolta di Gaia*, Milano, 2006

<sup>6</sup> J.Lovelock, *The Revenge of Gaia: Why the Earth Is Fighting Back and How We Can Still Save Humanity*, Santa Barbara (California), 2006

<sup>7</sup> IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, 2007



**Figura 2 – Le emissioni di anidride carbonica - Ripartizione per settori economici**

Andare a guardare le emissioni attraverso una chiave di lettura focalizzata sulla domanda complessiva è utile per comprendere quanto sia importante l'efficienza energetica nei diversi settori per tagliare la CO<sub>2</sub>, anche perché è proprio sulla domanda di energia che si può intervenire con le migliori logiche “costi-benefici” nel ridurre le emissioni. Ad esempio, recenti proiezioni nel settore dell’edilizia – riporta la *European Alliance to Save Energy*<sup>8</sup> - indicano che intervenendo sugli edifici esistenti a livello europeo si potrebbero risparmiare fino a 260 miliardi di euro all’anno, che corrispondono alla somma dei consumi totali di energia di Gran Bretagna, Spagna e Italia. Nel solo settore del residenziale italiano, secondo l’Energy & Strategy Group del Politecnico di Milano<sup>9</sup>, si potrebbe avere entro il 2020 un risparmio da 21 a 44 milioni di tonnellate di petrolio equivalente.

La Comunità Europea, andando ben oltre gli obiettivi previsti dal Protocollo di Kyoto (che si impegnava a ridurre complessivamente del 5,20% le emissioni dei gas serra entro un periodo compreso tra il 2008 ed il 2012) si è imposta il Progetto “TRE20” (o “20-20-20”) da completare entro il 2020 e consistente:

- nella riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente<sup>10</sup> in atmosfera del 20% rispetto ai valori del 1990;
- nell’ incremento dell’efficienza energetica degli edifici del 20%;
- nell’ incremento dell’utilizzo di energia da fonti rinnovabili<sup>11</sup> fino a coprire il 20% del fabbisogno totale.

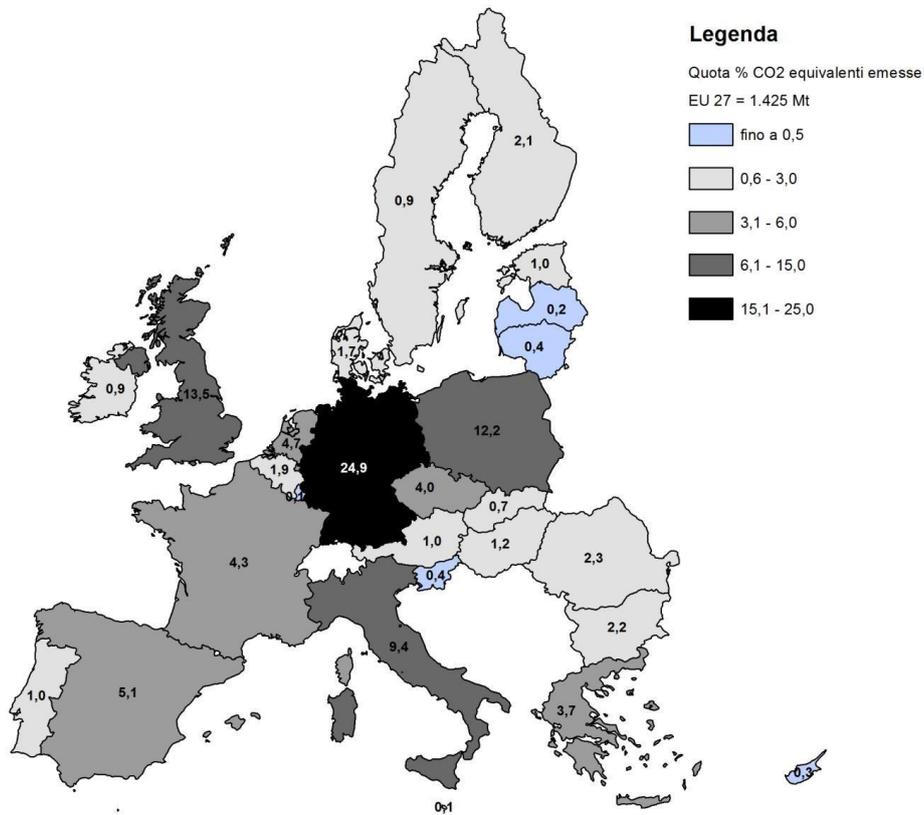
Il ruolo che gioca l’ambiente costruito nella fondamentale questione della riduzione delle emissioni e, più in generale, nel contenimento dei consumi energetici è, dunque, cruciale.

<sup>8</sup> The European Alliance to Save Energy (EU-ASE), istituita nell’ambito della Conferenza della Nazioni Unite per il cambiamento del clima del 2010, è composta aziende multinazionali, politici e ricercatori provenienti da tutta Europa ed ha come scopo la diffusione di metodologie efficienti di utilizzo dell’energia.

<sup>9</sup> L’Energy & Strategy Group è composto da docenti e ricercatori del Dipartimento di Ingegneria Gestionale e si avvale della collaborazione di altri Dipartimenti del Politecnico di Milano, in particolare del Dipartimento di Energia. L’obiettivo dell’Energy & Strategy Group è quello di censire gli operatori e le iniziative imprenditoriali nel settore delle energie rinnovabili in Italia, analizzando e interpretando strategie di business, scelte tecnologiche e dinamiche competitive.

<sup>10</sup> I gas CO<sub>2</sub> equivalenti consistono in gas climalteranti emessi in atmosfera, principalmente CO<sub>2</sub>. I valori vengono espressi in termini di CO<sub>2</sub> equivalente, che considera la somma ponderata della capacità serra di tutti i gas.

<sup>11</sup> Energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idro-termica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas (D. Lgs. 28/2011)



**Figura 3 – Emissioni di CO2 equivalenti nel 2010 nell' UE 27 nell'industria energetica**

Va comunque rimarcato il fatto che le emissioni non sono l'unico indicatore del peso ambientale dell'industria delle costruzioni: l'altissimo consumo energetico e di acqua, l'impressionante occupazione del territorio ed il diffuso utilizzo di materiali di origine petrolchimica (che determinano gravi problemi di inquinamento durante tutto il loro ciclo di vita) caratterizzano ormai da decenni il mondo dell'edilizia, che risulta essere, nei fatti, uno dei settori produttivi maggiormente impattanti sull'ambiente e, dunque, un settore sul quale intervenire con urgenza.



## Strategie di progettazione eco-sostenibile

Gli edifici permeano lo spazio che abitiamo. Sono beni durevoli, con un lungo ciclo di vita, comportano notevoli impieghi di materia ed energia in fase di produzione, determinano elevati consumi energetici in fase d'uso e producono considerevoli quantità di rifiuti in fase di dismissione. Inoltre sono il luogo in cui viviamo e soggiorniamo più a lungo e, quindi, incidono profondamente sulla nostra qualità di vita in termini di salute e di comfort. Se, come abbiamo visto, il settore edilizio è responsabile di quasi il 50% degli impatti ambientali prodotti dall'uomo, la progettazione degli edifici diviene tema centrale in una prospettiva di sostenibilità ambientale. A partire dagli anni '70 del secolo scorso, la riflessione teorica in ambito ecologico e filosofico<sup>12</sup>, unitamente ad una sempre più spiccata e diffusa sensibilità ambientale, ha dato impulso alla definizione di strategie progettuali sempre più attente al problema della sostenibilità<sup>13</sup>. In questo orientamento la preoccupazione progettuale è totalmente rivolta all'ambiente, secondo un'ottica che considera l'intero ciclo di vita dell'edificio. Progettare prodotti e, più in generale, edifici tenendo conto del ciclo di vita significa preoccuparsi degli effetti che la produzione di componenti, la costruzione, la gestione e la dismissione di un edificio hanno sull'ambiente. L'attenzione progettuale non viene riposta, come accade quasi sempre nell'ambito della produzione corrente, solo sulla fase legata alla costruzione ma è portata a valutare gli impatti ambientali in tutte le fasi del processo. "Si tratta di un approccio che soddisfa in maniera olistica l'indagine relativa agli impatti determinati sull'ambiente dalle attività costruttive, prendendo in considerazione non solo la vita dell'edificio, ma tutte le attività indotte dall'attività costruttiva (produzione e dismissione). Un edificio ecologico è un edificio progettato per chiudere il cerchio del consumo di materiali e produzione dei rifiuti attraverso la facile disassemblabilità alla fine della sua vita utile e l'uso di componenti che possono essere facilmente rimossi per sostituzioni e scomposti nelle componenti materiche ai fini del riciclaggio e per la lunga durata (legata alla durabilità dei componenti e adattabilità degli spazi)".<sup>14</sup> Progettare il ciclo di vita significa, dunque, rendere il progetto la sede delle decisioni che influiscono non solo sulla costruzione, ma anche sulla gestione, manutenzione e dismissione dell'edificio.

Nell'economia complessiva di questo lavoro non c'è spazio per una panoramica sui vari tipi di approccio al problema della progettazione eco-sostenibile (BREEAM ed EcoHomes, LEED, HQE, Eco-bau, Protocollo Itaca, ecc.), per i quali si rimanda il lettore alla letteratura specialistica sull'argomento. Un discorso a parte, per la logica sottesa e per la sua capacità di integrazione con le metodiche di analisi proprie dell'ingegneria economica, merita invece il metodo LCA (Life Cycle Assessment).

---

<sup>12</sup> L'Ecologia pone importanti questioni sul senso della vita, sui valori, sull'agire umano e quindi sulla società, la qualità della vita e l'educazione e richiede grandi trasformazioni in ciascuno di questi settori. In quest'ottica, tanto per fare un esempio, si inquadra la produzione teorica del filosofo Hans Jonas, allievo di Heidegger. La nuova etica proposta da Jonas ruota intorno al concetto di Responsabilità e, semplificando all'estremo, può essere così riassunta: agisci in modo che le conseguenze della tua azione non distruggano la possibilità futura di vita sulla Terra.

<sup>13</sup> Che cosa significhi progettare ecologicamente è andato negli anni definendosi sulla base di scelte individuali di singoli architetti ed ingegneri, scelte poi condivise da altri progettisti ed individuate come strategie per progettare edifici ecologici. Nell'attuale scenario sono individuabili gli approcci seguenti:

- l'**approccio bioclimatico**, che ha come obiettivo il risparmio energetico e l'ottimizzazione degli scambi tra edificio e ambiente circostante tramite l'utilizzo attivo e passivo dell'irraggiamento solare e della ventilazione;
- l'**approccio bioarchitettonico**, che vede gli edifici come "dotati di vita", capaci di comportarsi come gli organismi viventi e, dunque, caratterizzati da un ciclo biologico di vita e di morte in sintonia con i cicli naturali e capaci di integrarsi con la natura;
- l'**architettura ecologica**, che ha come obiettivo la trasformazione di materia ed energia usando processi compatibili e sinergici con l'ambiente e modellati in base al funzionamento dei sistemi naturali, imitando nell'attività costruttiva la ciclicità di *produzione-uso-fine vita* tipica della natura. In contrasto con gli insediamenti che distruggono il paesaggio e l'ambiente naturale, l'architettura ecologica è attenta ad un inserimento equilibrato, anche in cointesti già urbanizzati.

<sup>14</sup> M. Lavagna, *Life Cycle Assessment in edilizia*, Milano, 2008



## Il metodo Life Cycle Assessment (LCA)

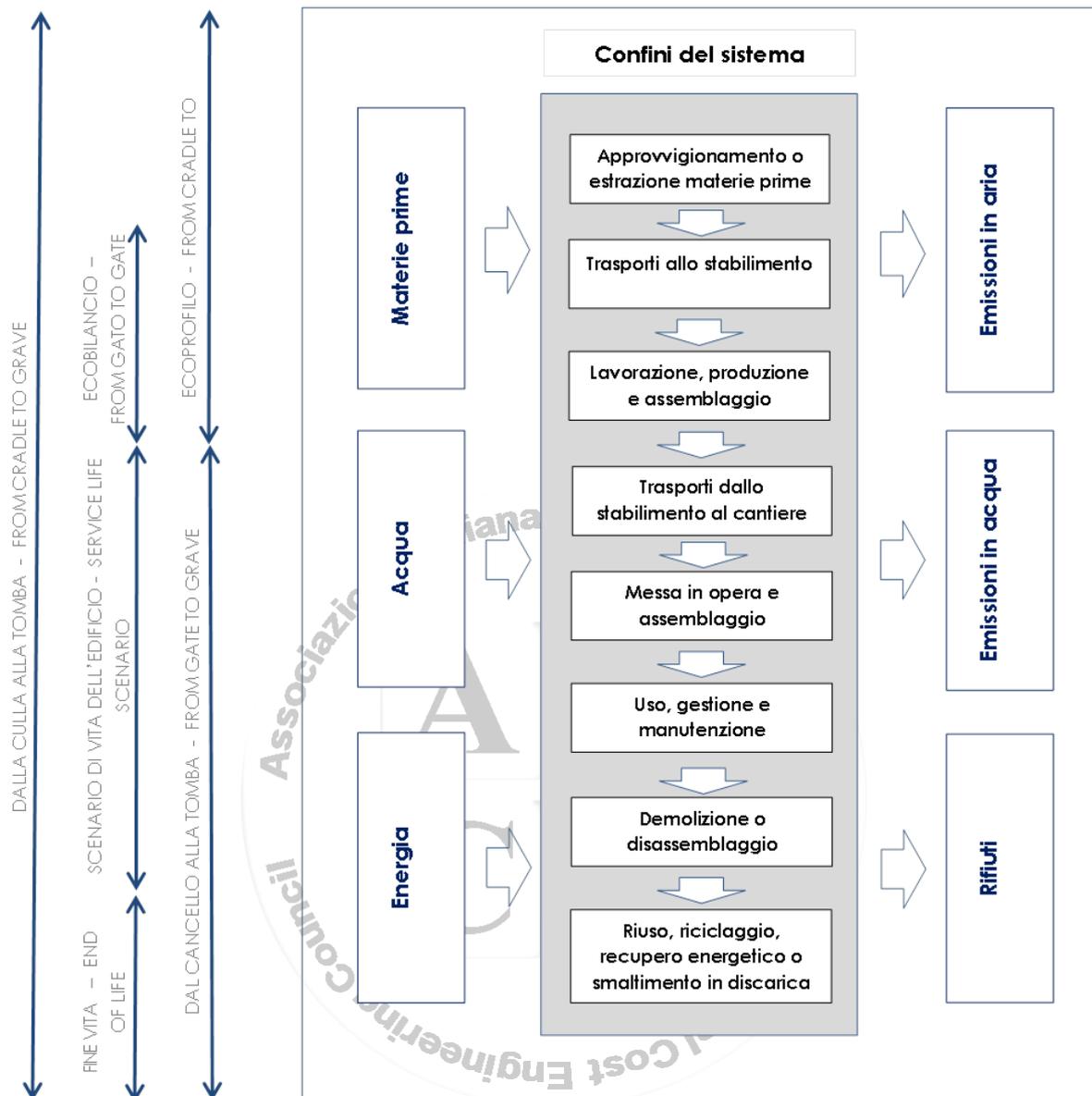
Come si è già detto, progettare il ciclo di vita significa essere consapevoli delle ripercussioni ambientali delle scelte progettuali lungo l'intero ciclo di vita tramite l'allargamento dello sguardo a tutte le fasi del processo edilizio. Significa, dunque, confrontarsi con i processi produttivi, con la provenienza dei materiali e dei componenti edilizi, con le tecniche realizzative e di messa in opera, con le modalità di dismissione e smaltimento dei rifiuti di demolizione. Significa, in altri termini, operare dei bilanci che evidenzino i vantaggi prestazionali in fase d'uso parallelamente agli impatti ambientali generati per la produzione e lo smaltimento dei materiali. L'importanza di analizzare gli impatti ambientali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto deriva dal fatto che le analisi realizzate su singole fasi o su singoli indicatori di impatto possono non evidenziare altre fasi o altri impatti maggiormente dannosi.<sup>15</sup> Nel settore dell'edilizia capita spesso che un prodotto venga commercializzato come "prodotto ecologico" solo perché realizzato con materiale riciclato, senza però considerare che nelle fasi di riprocessamento e trasporto potrebbe avere avuto impatti negativi tali da annullare la positività derivante dal risparmio di materie prime. Inoltre cercare di migliorare solo una fase del processo o cercare di ridurre gli impatti associati a un solo indicatore ambientale (per esempio la CO<sub>2</sub>) può portare a spostare le ricadute negative da una fase del ciclo di vita ad un'altra<sup>16</sup> e/o da un tipo di impatto ad un altro<sup>17</sup>. Tutte queste considerazioni hanno messo in evidenza la necessità di riferirsi all'analisi di tutte le fasi del ciclo di vita e di tutti gli indicatori di impatto ambientale. Questa necessità vede una risposta importante nella LCA. La valutazione ambientale del ciclo di vita (Life Cycle Assessment – LCA) introdotta nel 1990 dal SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) è un metodo di analisi sistematica che valuta gli impatti ambientali di un prodotto (compreso l'edificio), di un processo o di un servizio durante tutto il suo ciclo di vita, attraverso la qualificazione dei flussi di materia ed energia in ingresso (consumi) ed in uscita (emissioni) nelle fasi di estrazione delle materie prime, trasporto, produzione, distribuzione, uso e dismissione. Questo metodo permette di valutare oggettivamente (quantitativamente) i carichi energetici e ambientali determinati da un prodotto, un processo, un'attività o un servizio, durante tutto il ciclo di vita, "dalla culla alla tomba" (*from cradle to grave*) o "dalla culla alla culla" (*from cradle to cradle*) nel caso del riciclaggio. Il metodo LCA (che ha ricevuto un importante riconoscimento di metodo con l'introduzione della norma ISO 14040 all'interno delle norme ISO 14000 sui sistemi di gestione ambientale) è un approccio completo, olistico, che prende in considerazione tutti i tipi di impatto (secondo un quadro articolato di indicatori) e tutte le fasi del ciclo di vita. Tutte le risorse in ingresso (energia, materiali, acqua) e tutte le emissioni in uscita (in aria, acqua, suolo) sono tabulate per ciascuna fase del ciclo di vita.

---

<sup>15</sup> Un esempio paradigmatico è costituito dall'energia nucleare che, ai sensi del Protocollo di Kyoto, risulta essere eccellente per il contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, mentre in realtà è devastante nell'ambito dello smaltimento delle scorie.

<sup>16</sup> L'uso di materiali coibenti può, ad esempio, ridurre gli impatti in fase d'uso del fabbricato ma aumentare gli impatti in fase di produzione e dismissione.

<sup>17</sup> Per esempio l'uso di biocombustibili può ridurre l'effetto serra ma aumentare l'eutrofizzazione.



**Figura 4 – LCA – Schema delle fasi del ciclo di vita e delle denominazioni in base ai confini del sistema (da M. Lavagna, *Life Cycle Assessment*)**

Anche se lo scopo con cui è nato questo metodo è quello di valutare tutto il ciclo di vita, sono in realtà possibili valutazioni parziali tracciando opportunamente i confini del sistema.

La LCA è, pertanto, basata su dati scientifici e si configura come uno strumento quantitativo, progettato per fornire informazioni che siano il più possibile oggettive e tali da potere essere messe a supporto del processo decisionale. La LCA costituisce, oramai, uno strumento accettato dalla comunità scientifica internazionale ed è ritenuta idonea per identificare le strategie necessarie alle aziende al fine di divenire ambientalmente efficienti, in termini di riduzione del consumo di energia e di risorse naturali e di minimizzazione degli effetti sull'ambiente secondo i vigenti standard internazionali.



L'analisi delle metodiche di implementazione di una valutazione ambientale del ciclo di vita esula dai confini di questo lavoro e, pertanto, per ogni necessità di approfondimento si rimanda il lettore alla letteratura specialistica sull'argomento.<sup>18</sup>

## Ingegneria economica e sostenibilità

Le argomentazioni fino a qui richiamate evidenziano come gran parte del dibattito sia focalizzato quasi esclusivamente sulle caratteristiche fisiche del prodotto edilizio. Studi, corsi universitari, sperimentazioni e certificazioni sembrano tenere conto degli aspetti legati alla sola sostenibilità ambientale del manufatto. Può, però, essere ritenuto sufficiente un approccio al problema di questo genere? Le politiche ambientali devono individuare non solo gli obiettivi da perseguire ma anche le strategie di azione da porre in essere per il raggiungimento di detti obiettivi. Constatata l'inadeguatezza delle strategie di tipo prescrittivo (definizione di norme cogenti e di limiti da rispettare) messe in campo nel periodo compreso tra gli anni Settanta e gli anni Novanta del secolo scorso, in anni più recenti si è compreso come sia decisamente più efficace la strada della normativa volontaria in grado di spingere il mondo imprenditoriale a trarre vantaggio dalla soluzione dei problemi legati all'ambiente. In altri termini, il percorso da seguire è quello che vede il dato ambientale pienamente integrato nel processo produttivo. Questo è il punto nodale del problema. L'economia "classica" vede le risorse naturali, almeno teoricamente, illimitate e, dunque, prive di valore (o non monetizzabili) e l'ambiente come una componente del sistema economico di cui bisogna tener conto solo quanto si generano danni che, comportando costi, producono effetti negativi nel ciclo economico. Questo tipo di approccio, considerando l'ambiente come un serbatoio di risorse e un contenitore di scarti, prevede interventi riparatori e non preventivi in cui la gestione dell'ambiente sia considerata un valore. Al contrario, secondo la letteratura più recente e più sensibile al problema dell'eco-sostenibilità, l'ambiente naturale deve essere considerato come la base dello sviluppo, un valore da gestire e su cui investire. In altre parole, l'Economia<sup>19</sup> deve essere riportata alla sua dimensione originaria di strumento di servizio nel rapporto tra uomo e risorse naturali. Infatti *"l'Economia è la scienza della gestione delle risorse scarse. Essa prende in esame le forme assunte dal comportamento umano nella gestione di tali risorse; analizza e spiega le modalità secondo le quali un individuo o una società destinano mezzi limitati alla soddisfazione di esigenze molteplici ed illimitate"*<sup>20</sup>.

Dal nostro punto di vista è interessante constatare come questa visione sia *in nuce* già presente, negli anni Ottanta del secolo scorso, nel dibattito teorico che porterà in Italia alla definizione del campo di azione dell'Ingegneria Economica. In un articolo dell'ingegner Alessandro Riva si evidenziava come *".....la corsa sfrenata..... verso l'utilizzo di risorse.....in atto da molti anni ha fatto riconsiderare e ridimensionare le proposte di interventi sviluppati sotto il solo aspetto tecnologico in quanto non collegato alla visione degli effettivi interessi che la collettività si aspettava o si aspetta, interventi dai quali sono derivati veri e propri scompensi a volte irreversibili:*

- sotto l'aspetto sociale (sfociati in vere rivoluzioni)
- sotto l'aspetto economico (lo constatiamo tutti i giorni)
- sotto l'aspetto ecologico (in forme sempre più macroscopiche)."<sup>21</sup>

Secondo l'ing. Riva, in ogni intervento di ingegneria è necessario considerare *"....gli impatti sul piano sociale, su quello economico e su quello ecologico secondo rapporti tra loro interconnessi ma instabili nel tempo"* ed il compito di coniugare mondi così diversi spetta proprio all'Ingegneria Economica che *"....intervenedo nel campo che contempla*

<sup>18</sup> AA.VV., *L'analisi del ciclo di vita degli edifici*, Torino, 2012

<sup>19</sup> Dal greco "oikos" ("casa", inteso anche come "beni di famiglia") e "nomos" ("norma" o "legge")

<sup>20</sup> R.Barre, *Economie politique*, Paris, 1959

<sup>21</sup> A.Riva, *L'Ingegneria Economica come regolatore dei rapporti tra uomo e risorse*, in "Cost Engineering", AICE, nr.20, 1986

tutti i tre aspetti già citati.....risponde alla necessità.....di anticipare, in aggiunta a quelle economiche, le risposte sociali e ambientali che i decisori fin dalle fasi iniziali possono utilizzare per le loro considerazioni”<sup>22</sup>. Gli obiettivi dell’Ingegneria Economica devono considerare “.....la ricerca delle logiche di impiego razionale delle risorse in un quadro di economia del benessere, non limitato alle analisi costi/benefici e analisi del valore, ma in grado di abbracciare un arco di operatività molto più esteso”<sup>23</sup>. La complessità della realtà va, dunque, investigata secondo un’idea di “valore” che, come illustrato dalla figura che segue, si colloca idealmente nella zona identificata dalla sovrapposizione delle tre aree riferibili alla sostenibilità<sup>24</sup> economica<sup>25</sup>, alla sostenibilità ambientale<sup>26</sup> ed alla sostenibilità sociale<sup>27</sup>.



In altri termini, non essendo “...più accettabile l’idea di un obiettivo unico e valido per tutti.....il principio consiste nel massimizzare l’utilità media associata ad un certo evento, ovvero:

$$\max \sum_{i=1}^n u(x_i)p_i \quad (1)$$

dal punto di vista operativo i criteri impiegabili sono molteplici ed ognuno di essi sarà il risultato del metodo adottato per valutare l’utilità  $u(x_i)$  e le probabilità associate  $p_i$  .....La molteplicità di obiettivi non può essere risolta attraverso ottimizzazioni separate delle singole variabili, in quanto i legami esistenti rendono gli obiettivi

<sup>22</sup> A.Riva, op.cit.

<sup>23</sup> A.Riva, op.cit.

<sup>24</sup> La sostenibilità è la caratteristica di un processo o di uno stato che può essere mantenuta ad un certo livello indefinitamente.

<sup>25</sup> L’espressione “sostenibilità economica” deve essere meglio articolata in “convenienza economica” (intendendo in tal senso la capacità di un progetto di creare valore e generare un livello di redditività per il capitale investito adeguato rispetto alle aspettative dell’investitore) e “sostenibilità finanziaria” (così intendendo la capacità di un progetto di generare flussi monetari sufficienti a garantire il rimborso dei finanziamenti attivati ed una adeguata remunerazione dei mezzi propri investiti nella realizzazione e nella gestione dell’iniziativa). La letteratura specialistica sull’argomento è copiosa e ad essa si rimanda per tutti gli approfondimenti.

<sup>26</sup> Lo sviluppo sostenibile implica il mantenersi entro la capacità di carico dei sistemi ecologici, ovvero regolare l’input di risorse naturali nel sistema economico e l’output di rifiuti in modo da mantenere la produttività e la funzionalità dei sistemi ecologici. In pratica questo significa mantenere i processi ecologici (cicli bio-geo-chimici, biodiversità, stabilità degli ecosistemi, evoluzione delle specie) e usare le risorse in modo sostenibile. L’approccio sostenibile, in particolare, richiede di usare le risorse naturali rinnovabili su livelli che ne consentano la rigenerazione naturale, mantenendo la funzionalità degli ecosistemi e non solo la produttività della singola opera.

<sup>27</sup> La sostenibilità sociale si fonda su di un elevato grado di equità e giustizia sociale, d’identità culturale e coesione sociale e di partecipazione alle scelte ed all’assunzione di responsabilità. Lo sviluppo sostenibile deve favorire il mantenimento e la crescita del capitale sociale in termini di etica, coesione della comunità e vita culturale, oltre a fattori già oggi più considerati come educazione, salute e formazione professionale.



*incompatibili (complessità, effetto sistema)*<sup>28</sup>. L'interdipendenza tra i diversi ambiti di sostenibilità (bene descritta da Brambilla con il ricorso al concetto statistico di covarianza<sup>29</sup>) deve essere affrontata ".....attraverso un controllo duttile adattabile e sensibile alle tendenze provenienti sia dal basso che dall'alto, capace di assimilarle ed esprimerle in forma omogenea attraverso gli indicatori, con finalità spinte verso il controllo gestionale"<sup>30</sup>.

E' importante rimarcare il fatto che il tipo di indicatori da utilizzare deve essere di tipo quantitativo, capace di illustrare il bilancio complessivo di un determinato intervento in maniera oggettiva. I sistemi a punteggio, tipici delle analisi multicriteria, costituiscono strumenti utili per il controllo degli aspetti di carattere qualitativo, legati ad aspetti percettivi e di qualità architettonica, ma sono poco efficaci per valutare la sostenibilità della realizzazione di un edificio se l'obiettivo finale è ottenere una valutazione scientifica. Solo il ricorso ad indicatori sintetici quantitativi, con approccio attento al ciclo di vita, può garantire, con il confronto diretto dei valori, il giudizio di sostenibilità e favorire l'innovazione progettuale e tecnologica ed il miglioramento continuo.



---

<sup>28</sup> F.Brambilla, *L'Ingegneria Economica*, in "Cost Engineering", AIIE, nr.23, 1987

<sup>29</sup> In statistica ed in teoria delle probabilità, la covarianza di due variabili statistiche o variabili aleatorie è un numero che fornisce una misura di quanto le due varino insieme, ovvero della loro dipendenza. In relazione a quanto è oggetto di argomentazione, sarebbe forse più opportuno fare riferimento alla matrice delle covarianze (o matrice di varianza e covarianza), indicata solitamente con  $\Sigma$  e costituente una generalizzazione della covarianza al caso di dimensione maggiore di due. Essa è una matrice che rappresenta la variazione di ogni variabile rispetto alle altre (inclusa sé stessa).

<sup>30</sup> A.Riva, op.cit.



## Life Cycle Sustainability Assessment

Se è ormai evidente che non è più eticamente accettabile ignorare il depauperamento delle risorse naturali e la sempre più devastante produzione di inquinanti determinata dalla produzione industriale in tutte le sue forme, è anche vero che i processi produttivi hanno una significativa valenza economica e sociale che coinvolge non solo i soggetti facenti capo alla filiera produttiva, ma, più in generale, anche tutti gli *stakeholder* coinvolti nel ciclo di vita del manufatto.

E' dunque, come abbiamo visto, necessario disporre di una metodologia capace di valutare gli impatti positivi e negativi di una costruzione nel suo ciclo di vita, considerando tutti e tre i pilastri della sostenibilità (ambientale, economica e sociale) ed in quest'ottica è inquadrabile una delle iniziative della UNEP/SETAC LCI<sup>31</sup> per l'elaborazione delle prime linee guida (UNEP/SETAC, 2012) per la Life Cycle Sustainability Assessment<sup>32</sup>.

La valutazione delle prestazioni di sostenibilità di prodotti e servizi nel loro intero ciclo di vita (LCSA) è definita formalmente dalla relazione che segue.

$$LCSA = LCA + LCC + S-LCA \quad (2)$$

dove:

LCSA è la Life Cycle Sustainability Assessment

LCA è la già descritta Life Cycle Assessment

LCC è la "Life Cycle Costing", definita come l'analisi delle prestazioni economiche di un prodotto nel suo intero ciclo di vita<sup>33</sup>

S-LCA è l'analisi degli impatti sociali (Social LCA) di un prodotto nel suo ciclo di vita<sup>34</sup>

La relazione (2) non ha valore strettamente matematico ma vuole esprimere la necessità di implementare le tre metodologie parallelamente allo stesso sistema, riportando i risultati alla stessa unità funzionale (condizione necessaria per ottenere un'analisi corretta è la scelta dello stesso sistema – o equivalente – e della stessa unità funzionale<sup>35</sup> per l'implementazione delle tre metodologie). In generale è possibile affermare che gli approcci LCC ed S-LCA, così come sono intese dalla Norma ISO 14040, sono da intendersi come complementari all'analisi ambientale.

Purtroppo, ad oggi, le tre metodologie non hanno raggiunto lo stesso livello di implementazione e standardizzazione. Infatti se la letteratura riferibile alla LCC è significativa per qualità e quantità e se la LCA gode di uno standard internazionale<sup>36</sup>, la S-LCA (la più recente delle tre metodiche) vede la propria elaborazione teorica ancora in fase di perfezionamento.

---

<sup>31</sup> UNEP/SETAC LCI è la cooperazione tra la due organizzazioni internazionali United Nation Environmental Programme e la Society of Environmental Toxicology and Chemistry con il principale obiettivo di introdurre in maniera pratica il concetto di Life Cycle Thinking come strumento di supporto alle decisioni.

<sup>32</sup> Espressione anglosassone introdotta da Kloefer nel 2003 e che definisce la valutazione di sostenibilità dell'intero ciclo di vita di un prodotto.

<sup>33</sup> Tra gli altri, AA.VV., *Skill & Knowledge of Cost Engineering – 5th Edition*, AACE INTERNATIONAL, 2004

<sup>34</sup> Tra gli altri, AA.VV., *Methodologies for Social Life Cycle Assessment*, 2008

<sup>35</sup> Nell'ambito di una LCA, la definizione del campo di applicazione prevede di considerare una serie di elementi, tra i quali il sistema di prodotto (cioè l'oggetto dello studio) e l'unità funzionale (che definisce la quantificazione delle funzioni identificate del prodotto. Lo scopo principale dell'unità funzionale è quello di fornire un riferimento sul quale riportare tutti i dati in ingresso ed in uscita dal sistema).

<sup>36</sup> ISO 14040:2006; ISO 14044:2006

## Life Cycle Costing

La Life Cycle Costing (LCC)<sup>37</sup> si presenta come un consolidato strumento di analisi a supporto della contabilità aziendale o nell'ambito della tradizionale valutazione economico-finanziaria di un progetto con l'unico obiettivo di perseguire la riduzione dei costi. Tuttavia, per essere parte della LCSA, la LCC deve fondarsi su un'analisi sistematica compatibile con la corrispondente valutazione ambientale. La LCC in molti casi è stata utilizzata come unico strumento di valutazione delle componenti economica ed ambientale attraverso l'internalizzazione e, quindi, la monetizzazione delle esternalità ambientali. Il concetto della metodica in esame svolge il medesimo ruolo e possiede la medesima importanza nel supportare lo sviluppo di prodotto al fine di conciliare le esigenze di riduzione dei costi con quelle di una migliore *performance* ambientale, tenendo in considerazione costi e carichi ambientali non solo entro i confini aziendali, ma coinvolgendo, in una prospettiva olistica, processi ed operatori a monte ed a valle lungo la *supply-chain*. Grazie al fatto che esprime gli impatti in termini di costi e benefici utilizzando come unica unità di misura il valore economico degli stessi, la LCC ha una fase di interpretazione<sup>38</sup> molto semplice: costo minore, migliore impatto. L'economia di questo lavoro non consente di approfondire l'esame della Life Cycle Costing. Ci si limita a precisare che parlare di LCC integrata nella LCSA significa rapportare i costi ed i benefici ai portatori di interesse rispetto ai quali vengono eseguite le computazioni. Infatti mentre nella LCA gli *stakeholder* entrano in gioco solo per la fase di revisione della relazione, nella LCC, così come nella S-LCA, giocano un ruolo fondamentale sin da principio.

La LCC è stata applicata molte volte al settore delle costruzioni ed i risultati di dette applicazioni sono reperibili in letteratura con una certa facilità. Qui di seguito si riporta un estratto di uno studio elaborato per confrontare cinque diverse tipologie di facciate e le relative *performance* economiche.

Opzione di progetto	GNPV (Yuan/m <sup>2</sup> )	NPV (Yuan/m <sup>2</sup> )	GPT (anno)
Parete esterna totalmente vetrata (caso base)	3.725,80	1.918,80	-
Rapporto superficie vetrata – superficie opaca (WWR) pari a 0,65 e parete esterna in alluminio	3.431,50	1.733,40	-
WWR pari a 0,45 e blocchi di calcestruzzo areato	2.894,20	1.362,10	-
Parete esterna vetrata con feritoia e facciata esposta a sud double-skin con ventilazione regolabile	3.782,70	2.077,80	36
Parete esterna vetrata con fissata feritoia esterna	3.703,80	1.948,00	18

**Figura 5 - Esempio di applicazione della LCC al settore edile (elaborazione da AA.VV., L'analisi del ciclo di vita degli edifici, Torino, 2012)**

Gli indicatori considerati nell'analisi in questo caso sono:

- GNPV (Generalized Net Present Value), che rappresenta la somma di tutti i costi attraverso il ciclo di vita dell'edificio

<sup>37</sup> La LCC nasce negli Stati Uniti nel secondo dopoguerra come strumento a supporto degli acquisti pubblici e governativi.

<sup>38</sup> Lo studio LCA si sviluppa seguendo quattro fasi distinte:

- Fase 1 – Definizione degli obiettivi e campo di applicazione
- Fase 2 – Analisi dell'inventario
- Fase 3 – Valutazione degli impatti
- Fase 4 – Interpretazione dei risultati



- NPV (Net Present Value), che rappresenta la somma di tutti i costi, eccetto quelli ambientali
- GPT (Green Payback Time), che rappresenta il tempo di ritorno di tutti i costi, eccetto quelli ambientali

## Social Life Cycle Assessment

Il terzo pilastro della LCSA è l'analisi degli impatti sociali, positivi e negativi, generati da un intervento edilizio nel suo intero ciclo di vita.<sup>39</sup> Coerentemente con le altre due metodologie analizzate precedentemente, anche in questo caso il sistema scelto, l'unità funzionale e tutte le ipotesi fatte per i due studi precedenti debbono essere verificate in questa fase di analisi. In altri termini, la procedura con cui si applica la S-LCA deve ripercorrere le fasi della LCA. Ciò nonostante le differenze riscontrabili tra i due approcci sono significative. Infatti:

- nell'ambito della S-LCA manca un set di indicatori standardizzato ed accettato dalla comunità scientifica;
- il coinvolgimento degli *stakeholder* nella S-LCA avviene sin dalle battute iniziali dell'analisi;
- nella S-LCA la variabilità degli impatti e degli indicatori dipende dal variare dei portatori di interesse;
- la S-LCA è fortemente condizionata dal territorio nel quale si svolge il ciclo di vita dell'edificio;

Particolare attenzione è stata rivolta dalla comunità scientifica alla definizione di un affidabile set di indicatori sociali. Per la identificazione di detto gruppo di indicatori è stato suggerito un approccio combinato di tipo *top-down* e *bottom-up*. Mentre l'approccio *top-down* consente di considerare tutti gli aspetti sociali che in via teorica dovrebbero essere considerati in una valutazione complessiva degli impatti sociali associati al ciclo di vita del manufatto, l'approccio *bottom-up* consente di selezionare tra tutti gli indicatori teroci quelli che presentano una disponibilità di dati o che possono essere ottenuti da un'indagine aziendale.

Non sono molte le applicazioni della S-LCA finora realizzate e tra queste solo una riguarda un materiale edile in senso stretto (il marmo), mentre un'altra è stata indirizzata verso un modulo fotovoltaico.

Nell'ambito di questo lavoro non abbiamo spazio per ulteriori approfondimenti della metodologia in questione. Va, comunque, sottolineato come siano ancora molte le problematiche senza soluzione nell'ambito della S-LCA, ma il crescente interesse porterà alla elaborazione di numerosi casi studio che potranno dare risposte pratiche ai numerosi quesiti finora non pienamente risolti.

---

<sup>39</sup> La S-LCA è ancora considerata nella sua fase iniziale e ciò nonostante sia stata diverse volte oggetto di progetti di ricerca e di numerose pubblicazioni. In questi ultimi anni l'interesse nei confronti di questa parte dell'analisi è aumentato considerevolmente e ciò ha portato alla comparsa di numerosi articoli ed alla pubblicazione delle prime linee guida da parte di un gruppo di ricercatori della UNEP SETAC.



## Conclusioni

A parere di chi scrive, la Life Cycle Sustainability Assessment rappresenta un approccio corretto ad una valutazione complessiva della sostenibilità di un intervento edilizio e, più in generale, consentirà in prospettiva di rileggere il corpo delle conoscenze posto a base dell'Ingegneria Economica. Utilizzando le parole di Brambilla “.... Il Cost Engineering si evolve in funzione del rilievo che ognuna delle discipline esaminate attribuisce alle altre. I problemi pratici sono caratterizzati da una complessità che le singole discipline riducono attraverso ipotesi e teorie semplificatrici. La loro integrazione rappresenta un primo passo verso una riconsiderazione della complessità e quindi un primo passo verso un vero aiuto per il politico, il manager o in senso ampio per la figura del decisore”.

## Note sull'autore



**Giampiero Brioni** (1964), laureato in Ingegneria Edile presso il Politecnico di Milano e in Architettura presso lo stesso Ateneo, titolare della certificazione di Esperto in Ingegneria Economica (certificato AICE – accreditato ICEC), è membro della Royal Institution of Chartered Surveyors. Ha seguito vari corsi di approfondimento e specializzazione in materia di Ingegneria dei Costi, Valutazione dei Sistemi di Gestione della Qualità e Gestione della Sicurezza nei cantieri edili.

Ha svolto attività professionale nell'ambito della progettazione ed ha ricoperto il ruolo di direttore tecnico presso imprese di costruzioni. Ha lavorato in importanti cantieri a destinazione residenziale, commerciale ed infrastrutturale, tra i quali il Megastore Benetton (Varese), il P.I.I. “Cascina Merlata”(Milano) ed il parcheggio remoto “Expo 2015” (Milano). Ha inoltre partecipato, occupandosi delle voci relative all'architettura, al progetto editoriale “Enciclopedia Universale” edita da De Agostini ed è stato membro di alcuni team di progettazione nell'ambito di concorsi internazionali (menzione speciale al concorso per il nuovo parco urbano di Seoul – Sud Corea). Nel triennio 2000-2003 ha ricoperto la carica di Vice Presidente Nazionale del Gruppo Giovani Costruttori Edili ANCE (Associazione Nazionale Costruttori Edili). Nel 2009 ha fondato la società B&B Progetti s.r.l. con la quale si occupa di architettura sostenibile, direzione lavori, attività di consulenza nell'ambito dell'Ingegneria dei Costi e del Project Management. In B&B Progetti ricopre la carica di direttore tecnico.

[giampiero.brioni@aice-it.org](mailto:giampiero.brioni@aice-it.org)