

---

# 2° Workshop della RETE ITALIANA LCA “SVILUPPI DELL'LCA IN ITALIA: PERCORSI A CONFRONTO”

13 marzo 2008

---

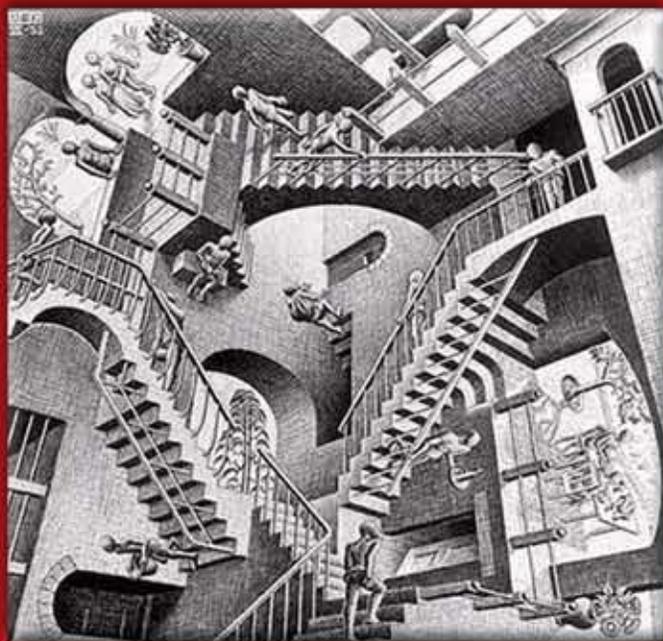
A cura di Francesca Cappellaro e Simona Scalbi



Università degli Studi  
"G. D'Annunzio"  
di Chieti e Pescara



Ente per le Nuove tecnologie,  
l'Energia e l'Ambiente



Atti 2° Workshop della Rete Italiana LCA  
"SVILUPPI DELL'LCA IN ITALIA: PERCORSI A CONFRONTO"

A cura di Francesca Cappellaro e Simona Scalbi

2008 ENEA  
Ente per le nuove tecnologie  
l'Energia e l'Ambiente

Lungotevere Thaon di Revel, 76  
00196 Roma

ISBN 88-8286-158-9



Atti 2° Workshop della Rete Italiana LCA  
"SVILUPPI DELL'LCA IN ITALIA:  
PERCORSI A CONFRONTO"

A cura di  
Francesca Cappellaro e Simona Scalbi



## **Indice**

Presentazione .....	7
Le attività della Rete Italiana LCA .....	9
Valutazione della Sostenibilità delle Tecnologie: Prime Riflessioni e Future Attività	21
Rete Italiana di LCA: Attività del Gruppo di Lavoro Alimentare e Agroindustriale ..	31
LCA in edilizia: orientamenti normativi e criticità applicative .....	41
Life Cycle Assessment applicato alla gestione dei rifiuti .....	54
LCA dei prodotti turistici: stato dell'arte e prospettive .....	63
LCA di processi chimici innovativi: problemi e prospettive applicative .....	77



## Presentazione

È ormai trascorso un anno e mezzo dal seminario di Bologna (18 ottobre 2006) che sancì la nascita della Rete Italiana di LCA. L'elemento che ci portò allora ad effettuare una ricognizione dei gruppi di esperti che in Italia lavorano nel campo dell'LCA e ad organizzare quell'evento, era la convinzione che erano ormai mature le condizioni per promuovere un salto di qualità della comunità italiana di LCA.

Infatti, esperti italiani di LCA ricoprivano posti di responsabilità in organismi internazionali e nelle associazioni scientifiche, si avviava un ambizioso progetto europeo di revisione delle basi scientifiche dell'LCA, coordinato da ENEA e con la partecipazione dei massimi istituti europei di ricerca, in Italia il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) si faceva promotore di una riflessione sulle politiche di Produzione e Consumo Sostenibili con al centro l'approccio di ciclo di vita: erano questi segnali di una raggiunta maturità collettiva ma nello stesso tempo mancava ancora un "luogo" di interscambio dove mettere a fattor comune le competenze che i diversi gruppi stavano accumulando. Si pensò quindi che un'organizzazione informale potesse servire a tale scopo e questa idea ottenne un pressoché unanime consenso da parte dei partecipanti al primo seminario.

Adesso la Rete è una realtà, ancora ovviamente nella fase iniziale di crescita e maturazione, ma il sito web ([www.reteitalianadiLCA.it](http://www.reteitalianadiLCA.it)) è stato completamente ridisegnato per fornire informazioni costantemente aggiornate agli utenti registrati (attualmente più di 300), si è iniziata la pubblicazione di una newsletter e, cosa più importante, si sono costituiti 6 gruppi di lavoro tematici coinvolgenti complessivamente circa cento esperti. Questi gruppi di lavoro hanno iniziato, completamente su base volontaria, a lavorare e produrre: questo volume raccoglie i primi risultati di un lavoro ancora *in progress*. La partecipazione alla Rete ed ai gruppi di lavoro è aperta a tutti coloro che intendono fornire un contributo.

ENEA si è assunto il ruolo di promotore e di segreteria tecnica, grazie anche alla attivazione di una Convenzione con il MATTM che ha consentito di attribuire risorse dedicate, ma questi risultati non sarebbero giunti senza l'entusiasmo dei coordinatori dei gruppi di lavoro e dei rispettivi membri. A loro va quindi quasi tutto il merito (e il grazie) per questo volume: una piccola, ma decisiva parte di esso è infatti delle ricercatrici e ricercatori ENEA impegnati nella segreteria tecnica e nello sviluppo del sito web, Francesca Cappellaro, Simona Scalbi e Luciano Naldesi.

Paolo Masoni

ENEA



# Le attività della Rete Italiana LCA

Francesca, Cappellaro<sup>1</sup>, Simona, Scalbi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente  
[lca@bologna.enea.it](mailto:lca@bologna.enea.it)

## Sommario

*La Rete Italiana LCA è un'iniziativa finalizzata a favorire la diffusione della metodologia di Life Cycle Assessment (LCA) attraverso la creazione di un network per lo scambio di informazioni, metodologie e buone pratiche sullo stato dell'arte e sulle prospettive del LCA in Italia. La Rete Italiana LCA intende raccogliere tutte le figure coinvolte nello sviluppo ed applicazione del Life Cycle Assessment in Italia, ha carattere informale ed è basata sull'apporto volontario dei partecipanti. Le principali finalità sono: favorire la diffusione della metodologia di LCA a livello nazionale; stimolare l'incontro tra i soggetti che si occupano di LCA e favorire i processi di networking tra diversi operatori del settore per la realizzazione di progetti a livello nazionale e internazionale.*

## Introduzione

Gli studi di LCA, come parte delle più generali valutazioni di sostenibilità, si vanno sempre più diffondendo, in primo luogo per l'impulso derivante dalle politiche europee in campo ambientale ed energetico, che considerano l'approccio di ciclo di vita come il più efficace per identificare e valutare gli impatti ambientali più rilevanti e derivarne le linee di miglioramento possibili. Tale approccio è ripreso, ed in alcuni casi reso obbligatorio, nelle più recenti direttive e normative in campo energetico ed ambientale, con implicazioni applicative immediate e concrete a livello sia di Pubblica Amministrazione (PA) che di diversi settori industriali.

Parallelamente a questo allargamento dei campi applicativi, sul piano della R&S (Ricerca e Sviluppo), sono in atto diverse iniziative tese ad aumentare affidabilità ed usabilità delle applicazioni di LCA (attraverso la standardizzazione delle banche dati generali e settoriali, lo sviluppo di strumenti semplici e specializzati, lo sviluppo di linee guida applicative e di sistemi di *impact assessment* di riferimento ecc.), ma anche a svilupparne il livello di integrazione con altre metodologie "confinanti" (in questo caso con l'obiettivo di ottenere risposte più significative, in termini spaziali e temporali, rispetto a valutazioni di sostenibilità ambientale, economica sociale, di applicabilità a sistemi macro, di inclusione degli aspetti sociali ed economici ecc.).

Le linee comunitarie di sviluppo e di ricerca stanno sempre più incentivando l'utilizzo delle metodologie basate sull'approccio di ciclo di vita e favorendo il network delle strutture operanti in questo campo.

Dalla seguente tabella 1 si può osservare un quadro di quelli che sono i principali network a livello europeo ed internazionale che si occupano di LCA (Curran, Notten, 2006).

Paese	Nome organizzazione	Descrizione
Africa	African LCA Network (ALCANET) <a href="http://ciclo-cycle.obiki.org/net/ALCAN.html">http://ciclo-cycle.obiki.org/net/ALCAN.html</a>	ALCANET è una rete regionale che ha l'obiettivo di sostenere il processo di ricerca, di pratica e di attività di formazione per favorire la comprensione del LCA.
America	American Center for Life Cycle Assessment – ACLCA <a href="http://www.lcacenter.org">www.lcacenter.org</a>	Il centro ACLCA è stato costituito nel 2001. La sua missione è quella di sviluppare le esperienze e le conoscenze sull'LCA. ACLCA è una parte dell'Institute for Environmental Research and Education (IERE).
America Latina	Association of LCA in Latin America (ALCALA) <a href="http://www.scientificjournals.com/sj/lca/Pdf/aId/7637">http://www.scientificjournals.com/sj/lca/Pdf/aId/7637</a>	ALCALA è stata costituita nel 2005 ed è stato istituito un gruppo di lavoro per determinare i diversi compiti per l'Associazione.
Asia Pacific Economic Co-operation	LCA Researcher's Network for APEC Member Economies (APLCANET) <a href="http://aplcenet.rmit.edu.au">http://aplcenet.rmit.edu.au</a>	Il focus della regione Asia-Pacifico supporta i molti ricercatori che nella regione hanno pochi dati a disposizione e spesso utilizzano per la prima volta l'LCA.
Australia	Australian LCA Society (ALCAS) <a href="http://www.alcas.asn.au">www.alcas.asn.au</a>	ALCAS è una organizzazione professionale per la pratica, l'uso, lo sviluppo e l'interpretazione del LCA. Lo scopo della società è quello di promuovere e favorire lo sviluppo e la responsabile applicazione della metodologia di valutazione del ciclo di vita in Australia e a livello internazionale, al fine di fornire un contributo positivo allo sviluppo sostenibile e di rappresentare la comunità australiana LCA sulla scena internazionale. Si tratta di una organizzazione aziendale no-profit, i cui singoli membri provengono da industria, governo, università ed organizzazioni di servizio.
Canada	CIRAIG (Centre interuniversitaire de référence sur l'analyse, l'interprétation et la gestion du cycle de vie des produits, procédés et services) <a href="http://www.polymtl.ca/ciraig/">http://www.polymtl.ca/ciraig/</a>	CIRAIG è stato creato nel 2001 con l'obiettivo di unire le competenze delle Università del Quebec e del Canada in materia di Life Cycle Management (LCM) e Life Cycle Assessment (LCA) e renderle disponibili per le imprese e per i governi. CIRAIG è anche il partner ufficiale della UNEP / SETAC Life Cycle Initiative.
Danimarca	LCA Center Denmark <a href="http://www.lca-center.dk">www.lca-center.dk</a>	LCA Center Denmark è un centro per la formazione sull'LCA e l'approccio al ciclo di vita. Il centro promuove strategie ambientali orientate al prodotto in imprese pubbliche e private, fornendo supporto per l'implementazione del <i>Life Cycle Thinking</i> .

Paese	Nome organizzazione	Descrizione
Europa	<p>European Platform for LCA  <a href="http://lca.jrc.it">http://lca.jrc.it</a></p> <p>Vi sono inoltre molte organizzazioni europee che hanno facilitato la diffusione e lo scambio di informazioni sull'LCA (SETAC-Europe, LCA NET, CHAINET ecc.).</p>	<p>La Commissione Europea ha avviato la Piattaforma per la LCA nel 2005, con l'intento di promuovere il <i>Life Cycle Thinking</i> nelle attività e nella formulazione delle politiche in UE. La piattaforma ha tra i suoi compiti quello di fornire informazioni sulla qualità dei dati del ciclo di vita dei prodotti e dei servizi, nonché sulle metodologie con maggior consenso internazionale.</p>
Germania	<p>German Network on Life Cycle Inventory Data  <a href="http://www.lci-network.de">http://www.lci-network.de</a> (deutsch)</p>	<p>Il network tedesco sui dati di inventario (LCI) è stato avviato nel 2001, da uno sforzo congiunto del Ministero Federale per l'educazione e la ricerca e il Centro di Ricerca Forschungszentrum Karlsruhe (FZK). La rete ha lo scopo di fornire un set di dati di LCI continuamente aggiornato e rivisto. All'interno di un progetto di ricerca finanziato, per alcuni settori fondamentali (metalli, energia, trasporti, e materiali da costruzione) sono forniti set di dati armonizzati con aspetti metodologici. Il network si inserisce all'interno della rete tedesca di fornitori di software e di database, nonché delle parti interessate industriali e scientifiche, per raggiungere il consenso e la realizzazione di infrastrutture per la fornitura di dati di LCI.</p>
Giappone	<p>LCA Society of Japan (JLCA)  <a href="http://www.jemai.or.jp/lcaforum">www.jemai.or.jp/lcaforum</a>  Research Center for LCA  <a href="http://unit.aist.go.jp/lca-center/english/top.htm">http://unit.aist.go.jp/lca-center/english/top.htm</a>  The Institute of LCA, Japan  <a href="http://ilcaj.snitt.or.jp/">http://ilcaj.snitt.or.jp/</a> (Japanese)</p>	<p>Lo scopo del Progetto Nazionale LCA in Giappone comprende lo sviluppo di una metodologia LCA, di un database LCA per l'intero Giappone, e di un sistema a rete che sia facilmente accessibile da parte degli utenti. Inoltre, prevede l'applicazione dei risultati nei seguenti settori: attività di produzione industriale, marketing e comunicazione ambientale, e l'ampliamento della diffusione della LCA in Giappone. Sono stati istituiti il comitato per gli studi di Inventario, il comitato per gli studi sui database e il comitato sugli studi d'impatto. Partecipano al progetto 22 gruppi industriali.</p>
India	<p>Indian Society of LCA (ISLCA)  <a href="http://members.tripod.com/neef.in/islca.html">http://members.tripod.com/neef.in/islca.html</a></p>	<p>ISLCA è un organismo indipendente per la promozione della metodologia di LCA e la sua applicazione in India. Inoltre, ISLCA orienta le questioni tecniche, scientifiche, sociali, politiche, di sanità pubblica verso una gestione ambientale. Fin dalla sua istituzione, ISLCA ha attivamente partecipato a diversi eventi, organizzazioni e ha prodotto pubblicazioni.</p>

Paese	Nome organizzazione	Descrizione
Korea	LCA Research Center (LCARC) <a href="http://www.lcarc.re.kr">www.lcarc.re.kr</a> Korean Society for LCA (KSLCA) <a href="http://kslca.com/">http://kslca.com/</a>	Il centro di ricerca LCARC si propone come il più elevato centro di tecnologia in Corea in grado di fornire informazioni sui carichi ambientali per la valutazione del ciclo di vita applicata sia ad un sistema prodotto che ad un sistema urbano.
Messico	Mexican Center for LCA and Sustainable Design <a href="http://www.lcamexico.com">http://www.lcamexico.com</a>	Il Centro Messicano per la LCA ed il design sostenibile gestisce il database nazionale, e in collaborazione con l'industria e il governo intende lanciare ufficialmente un progetto che consentirà di incrementare la banca dati.
Svezia	CPM (Centre for Environmental Assessment of Product and Material Systems) <a href="http://www.cpm.chalmers.se">http://www.cpm.chalmers.se</a>	Il centro è stato istituito alla Chalmers University of Technology di Göteborg, in Svezia, nel 1996. Gli obiettivi generali del CPM sono: lavorare per la prevenzione e la riduzione degli impatti ambientali legati al prodotto; diffusione e consolidamento delle competenze svedesi ad un elevato livello internazionale in materia di sviluppo sostenibile del prodotto e rispondere alle esigenze del settore e della comunità in generale, per adattare le metodologie e le funzioni di supporto così da integrare la sostenibilità nei processi decisionali che riguardano i prodotti e i materiali. Questioni come la raccolta di dati, la garanzia della qualità dei dati, lo sviluppo di strumenti e la comunicazione dei risultati hanno la più alta priorità.
Tailandia	Thai LCA Network <a href="http://www.thailca.net">http://www.thailca.net</a>	La rete thailandese LCA è stata costituita nel 2000. Si tratta di un forum on-line per diffondere informazioni e promuovere la collaborazione in materia di valutazione del ciclo di vita.
UNEP	Life Cycle Initiative <a href="http://lcinitiative.unep.fr">http://lcinitiative.unep.fr</a>	L'Environmental Program delle Nazioni Unite (UNEP) e la Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) hanno avviato un partenariato internazionale sull'LCA, noto come Life Cycle Initiative, per consentire agli utenti di tutto il mondo di mettere in pratica in modo efficace la metodologia del Life Cycle Assessment.

Tabella 1 – Network ed organizzazioni nel campo dell'LCA a livello europeo ed internazionale

In questo quadro la situazione italiana presenta alcuni ritardi, con una minore sensibilità e capacità delle strutture, sia pubbliche che private, di utilizzare il contributo che un approccio orientato al ciclo di vita può dare per rendere più efficaci le politiche di sostenibilità e rispondere al meglio al nuovo quadro normativo. Lo stesso quadro delle competenze e delle strutture che operano in questo campo, è più ristretto rispetto ad altri paesi e soprattutto, sono rari modi e sedi non episodiche per un reciproco interscambio riguardo alle esperienze ed alle specifiche iniziative in atto di ricerca e sviluppo e di applicazione.

## **La nascita della Rete Italiana LCA**

La necessità di trovare momenti di confronto e di interscambio tra i diversi gruppi e realtà che operano in Italia nel campo dell'LCA era stata già avvertita in passato e per questo si era formata, alla fine degli anni novanta l'Associazione Italiana di LCA, la cui attività si è man mano ridotta fino a scomparire, senza però che ne venisse mai dichiarato il formale scioglimento. L'esigenza di conoscere un quadro dettagliato dei gruppi operanti in Italia nel campo dell'LCA, con specifica delle loro attività, si ripropone oggi soprattutto in relazione al nuovo quadro presente in campo europeo e nazionale, che presenta come aspetti più rilevanti:

- la diffusione dell'LCA a livello legislativo (direttiva ecodesign), oltre che volontario;
- l'allargamento delle tipologie di studi di LCA verso nuovi campi di applicazione: dai prodotti, ai servizi, ai sistemi, agli sviluppi tecnologici, ai progetti di ricerca ecc.;
- l'esigenza, anche alla luce di un'esperienza ormai sufficientemente lunga di studi di LCA, di prospettare linee di R&S delle metodologie e degli strumenti in due direzioni: da un lato, la maggiore applicabilità e affidabilità degli studi, dall'altro, una maggiore capacità di integrazione con altri strumenti di valutazione della sostenibilità, in un'ottica che permetta, mantenendo l'approccio di ciclo di vita, valutazioni più globali e più integrate tra aspetti ambientali, economici e sociali.

È da questo quadro che, per la tuttora ristretta "comunità" di chi opera in Italia nel campo dell'LCA, derivano nuove opportunità, ma anche livelli nuovi di responsabilità che costringono a guardare in due direzioni: da un lato, verso gli "utenti", attuali e potenziali, pubblici e privati, con le loro esigenze diversificate, dall'altro, verso un confronto più ravvicinato con la comunità scientifica che opera a livello europeo ed internazionale nel campo dell'LCA e più in generale delle metodologie e degli strumenti di valutazione della sostenibilità.

L'insieme di queste considerazioni ha spinto a riproporre la costituzione di una rete nazionale tra quanti operano e sono interessati all'LCA, come già avviene in altri paesi; esigenza peraltro più volte avvertita in questi anni nelle numerose occasioni di confronto avute con i vari rappresentanti dei gruppi attivi in questa materia nel nostro paese (Barberio et al., 2006).

L'iniziativa è stata lanciata da ENEA nel 2006 a Bologna nel corso del *Workshop sullo stato dell'arte e prospettive degli studi di Life Cycle Assessment in Italia*, dove è stata presentata anche la prima mappatura nazionale dei gruppi e delle attività nel campo dell'analisi del ciclo di vita.

Con il workshop sono partite ufficialmente le attività della rete che si sono sviluppate attraverso una serie di iniziative:

- creazione dei gruppi di lavoro attraverso la collaborazione attiva dei coordinatori dei gruppi;
- creazione del sito internet come punto di informazione;
- attivazione di una mailing list aperta a tutti gli iscritti alla rete;

- attivazione di una newsletter trimestrale sulle attività della rete;
- aggiornamento della mappatura;
- preparazione del secondo workshop annuale della rete.

## La mappatura della Rete LCA

La mappatura è realizzata attraverso la redazione di una scheda compilata da tutti gli attori che hanno aderito all'iniziativa ed ha l'intento, più che di fornire una rappresentazione completa e dettagliata della realtà italiana, di definirne i contorni.

Dai dati riportati nelle schede pervenute sono stati ricavati alcuni quadri analitici che riportano i seguenti elementi:

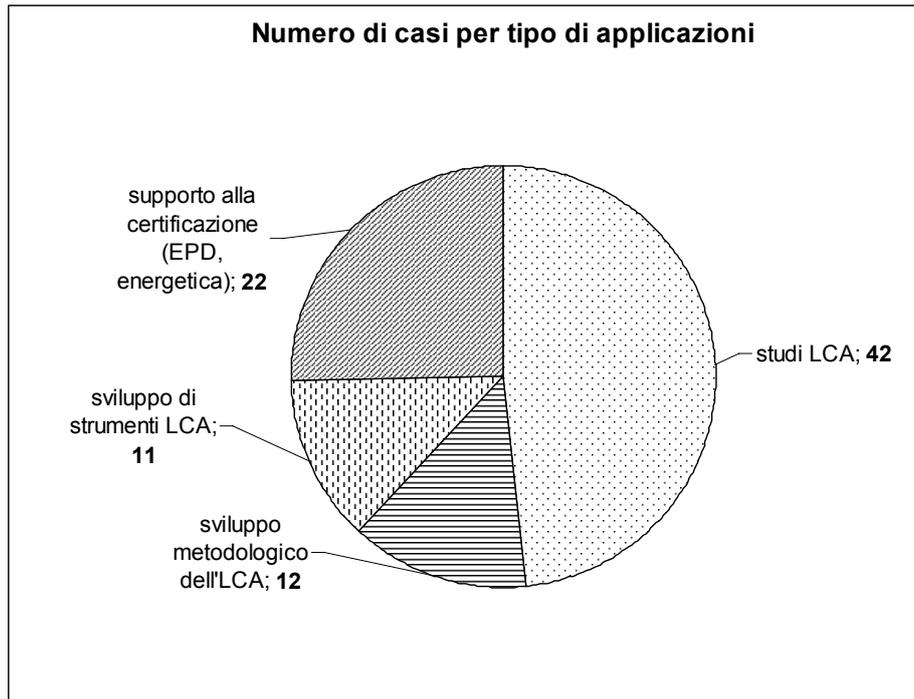
Quadro analitico	Descrizione
Natura istituzionale	I gruppi LCA sono stati classificati in: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>università</u>;</li> <li>- <u>società di consulenza</u>;</li> <li>- <u>enti di ricerca</u>;</li> <li>- <u>industrie</u>; <u>agenzie</u>.</li> </ul>
Numerosità	Indica il numero di persone che compongono il gruppo.
Dislocazione geografica	Individua sul territorio nazionale dove operano i vari gruppi censiti.
Settori di competenza/applicazione	Questi sono stati censiti sulla base delle attività e dei progetti svolti negli ultimi due anni classificati secondo i codici NACE.
Campi e modalità di applicazione della metodologia LCA	Sono state classificate quattro categorie: <ul style="list-style-type: none"> <li>- realizzazione di studi di LCA,</li> <li>- sviluppo di metodologie,</li> <li>- sviluppo di strumenti,</li> <li>- utilizzo dell'LCA come supporto alla certificazione (EPD, energetica).</li> </ul>
Rapporti internazionali	Numero di enti coinvolti in collaborazioni e progetti internazionali.

*Tabella 2 – Tabella dei quadri analitici della mappatura*

Sono stati censiti 44 gruppi che si occupano di LCA: per il 57% sono gruppi universitari, c'è un 25% di società di consulenza, un 11% di enti di ricerca e solo un 5% di industrie e un 2% di Agenzie. In genere questi gruppi hanno un numero di componenti inferiore a 10 persone; infatti, l'86% ha un numero di addetti tra 1 e 10 e solo il 14% ha più di 11 addetti.

Tali gruppi risultano abbastanza distribuiti su tutto il territorio nazionale infatti sono presenti in 13 regioni italiane: *Piemonte (2), Liguria (2), Lombardia (7), Veneto (4), Emilia Romagna (7), Toscana (5), Umbria (3), Abruzzo (2), Molise (1) Lazio (2), Campania (1), Basilicata (1), Puglia (2), Sicilia (3).*

L'attività dei gruppi si può raggruppare in 4 aree di applicazione come si vede dal grafico sottostante.



*Figura 1 – Ricorrenza delle quattro tipologie di utilizzo e approfondimento dell’LCA sul totale dei casi applicativi*

Ciascun gruppo si è specializzato in una o più delle attività indicate nel grafico. Si occupano di una sola tipologia di attività 16 gruppi, di due tipologie 13 gruppi, di tre tipologie 11 gruppi, di quattro tipologie 4 gruppi.

Inoltre, durante la mappatura sono stati censiti i settori su cui si svolgono le attività e i progetti degli ultimi due anni.

I settori complessivamente più ricorrenti, ossia con valore di ricorrenza maggiore e uguale a 5, rappresentano l’89% e sono: certificazione (energetica, EPD, edile), alimentare, ecodesign, energia, rifiuti, imballaggi, edilizia, turismo sostenibile, elettrico – elettronico – elettrodomestico – auto, tessile e conciario, prodotti chimici e fitofarmaci, acque reflue e ciclo dell’acqua.

Quelli meno ricorrenti (inferiori a 5 ricorrenze) ricadono nelle seguenti categorie: servizi, trasporti, ambientale (sicurezza, pianificazione, bonifica), protezione salute, prodotti innovativi, prodotti in legno/arredo, RAEE e rappresentano l’11% del totale.

Ricorrenze	Gruppo	Valore
Settori più ricorrenti	Certificazione (energetica, EPD, edile)	22
	Energia	21
	Alimentare	20
	Ecodesign	20
	Rifiuti	13
	Edilizia	11
	Imballaggi	10
	Turismo sostenibile	6
	Elettrico, elettronico, elettrodomestico, auto	6
	Tessile e conciario	5
	Prodotti chimici e fitofarmaci	5
	Acque reflue e ciclo dell'acqua	5
	settori meno ricorrenti	Servizi
Trasporti		3
Ambientale (sicurezza, pianificazione, bonifica)		3
Protezione salute		2
Prodotti innovativi		2
Prodotti in legno/arredo		2
RAEE		1

*Tabella 3 – Tabella del numero di applicazioni per ciascun settore*

Per quanto riguarda la partecipazione internazionale, 24 gruppi sono risultati coinvolti in progetti internazionali e 24, non necessariamente gli stessi, in reti di collaborazione internazionale.

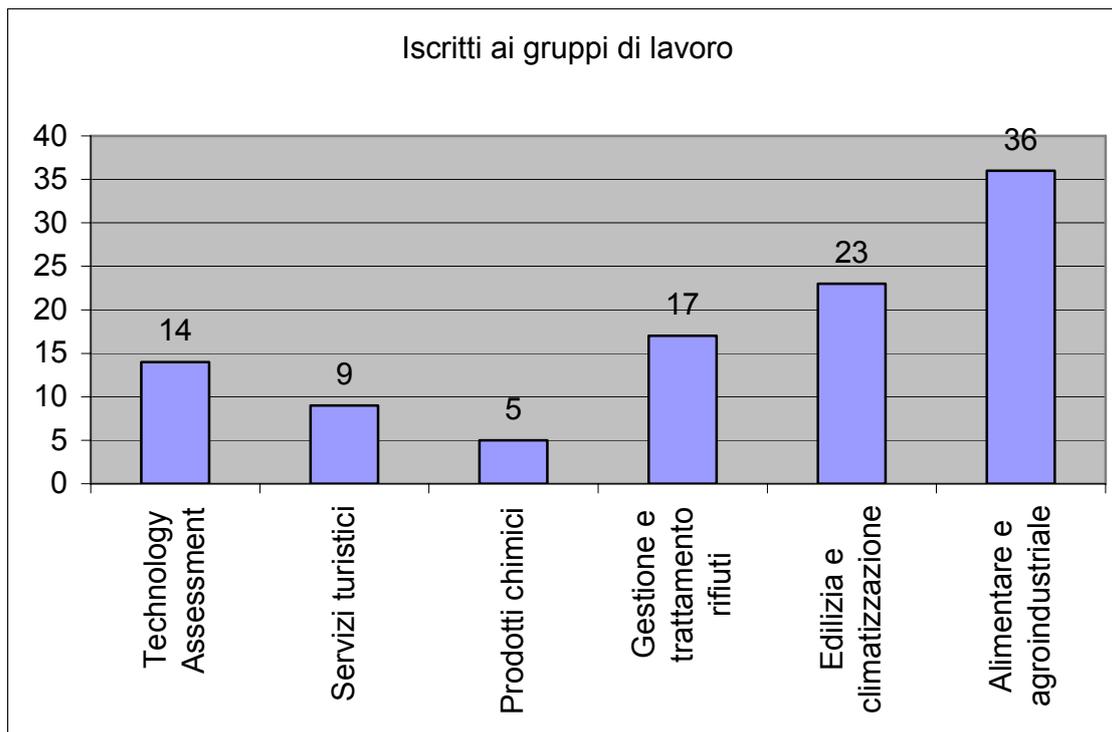
## **Gruppi di Lavoro**

La Rete Italiana LCA si è organizzata in Gruppi di Lavoro per lo svolgimento di ricerche inerenti la metodologia LCA nelle diverse aree tematiche:

- Alimentare ed Agroindustriale, coordinatore Bruno Notarnicola
- Technology Assessment, coordinatore Maurizio Cellura
- Prodotti Chimici, coordinatore Michele Aresta
- Servizi Turistici, coordinatore Andrea Raggi
- Edilizia e Climatizzazione, coordinatori Umberto Desideri e Monica Lavagna
- Gestione e Trattamento dei rifiuti, coordinatore Antonio Scipioni.

I Gruppi di Lavoro intendono mettere a sistema e consolidare le conoscenze in modo da finalizzare i lavori di ricerca e sperimentazione per meglio rispondere alle esigenze specifiche del contesto produttivo nazionale.

I Gruppi di Lavoro sono costituiti da tutti coloro che hanno comunicato la propria adesione e da un coordinatore. Quest'ultimo, individuato sulla base dell'autocandidatura ha lo scopo di promuovere e guidare la discussione nel Gruppo di Lavoro per individuare le finalità e il metodo di lavoro del Gruppo.



*Figura 2 – Numero di iscritti al gruppo di lavoro*

In particolare i Gruppi di Lavoro sono finalizzati a:

- costituire un network di esperti di riferimento sul territorio nazionale, anche in vista di future partecipazioni a progetti
- individuare e migliorare le modalità per una maggiore attendibilità degli studi di LCA nei settori analizzati
- armonizzare le conoscenze nei vari settori
- identificare le opportunità per le imprese derivanti dall'applicazione degli strumenti di LCA
- identificare linee di ricerca future per ogni settore.

Ogni gruppo ha tra i suoi obiettivi quello di presentare lo stato dell'arte e le principali attività (R&S, applicazione, certificazioni ecc.) inerenti le tematiche del Gruppo di Lavoro. La definizione delle attività da svolgere e delle relative scadenze avviene in maniera autonoma. Lo stato di avanzamento e/o i risultati dei lavori dei Gruppi sono pubblicati attraverso la Newsletter e il sito web della Rete Italiana LCA.

### **Il Portale [www.reteitalianalca.it](http://www.reteitalianalca.it)**

Il sito web (Rete Italiana LCA, 2008) è uno strumento per presentare i risultati di ricerche e studi di LCA, per attivare dibattiti e segnalare opportunità.

The screenshot shows the home page of the website [www.reteitalianalca.it](http://www.reteitalianalca.it). The page has a red header with the logo "Rete Italiana LCA" and navigation links for "mappa del sito", "accessibilità", and "contatti". Below the header is a green navigation bar with links for "home", "la rete", "mappatura lca", "news", "eventi", "gruppi di lavoro", "documenti", and "links". The main content area is divided into several sections:

- navigazione:** A sidebar menu with links for Home, La Rete, Mappatura LCA, News, Eventi, Gruppi di Lavoro, Documenti, and Links.
- Rete italiana LCA:** A section describing the website as a point of reference for operators in the field, providing a clear and updated overview of the state of the art of LCA methodology. It also mentions the website [www.reteitalianalca.it](http://www.reteitalianalca.it) as a tool for presenting research results and LCA studies, and provides contact information for joining the network.
- 2° Workshop della Rete Italiana LCA:** A section announcing a workshop on "SVILUPPI DELL'LCA IN ITALIA: PERCORSI A CONFRONTO" on Thursday, March 13, 2008, at the University of Studi "G. d'Annunzio" in Pescara. It includes a link for registration and information about the hotel.
- 2° Newsletter della Rete Italiana LCA:** A section listing recent newsletters, including "2° Workshop della Rete Italiana LCA", "Mappatura", and "News ed eventi".
- ultime notizie:** A section listing recent news items, such as "Steel industry's approach to IPP: report published" and "Public consultation: LCA options for sustainable governance assessed".
- prossimi eventi:** A section listing upcoming events, such as "Cambiamento climatico e Strategie d'impresa: Carbon Footprint e Life-Cycle Assessment" in Padua on February 25, 2008.

Figura 3 – Home Page del sito web [www.reteitalianalca.it](http://www.reteitalianalca.it)

Nel sito sono presenti le seguenti sezioni:

1. *La Rete:* Informazioni sulla Rete, archivio delle Newsletter e dei Workshop
2. *Mappatura LCA:* Indagine e Banca dati sui gruppi e le attività nel campo dell'LCA in Italia
3. *Eventi e News:* Notizie ed eventi sul tema LCA
4. *Gruppi di Lavoro:* Informazioni ed attività nelle varie aree tematiche
5. *Documenti:* Archivio di documentazione italiana ed internazionale
6. *Links:* Segnalazioni di siti web e link utili.

Tra i servizi informativi è presente anche una Newsletter trimestrale inviata tramite posta elettronica agli iscritti alla Rete ed eventualmente ad altri soggetti identificati dai partecipanti. Gli articoli della Newsletter sono redatti dai partecipanti della Rete, ma anche da chiunque è interessato nel diffondere informazioni, dati e notizie riguardanti gli aspetti promossi della Rete Italiana LCA. Nella Newsletter sono presenti pagine di approfondimento sulle attività dei Gruppi di Lavoro e una pagina finale con le News e gli Eventi da promuovere. Tutti gli articoli della Newsletter sono anche pubblicati sul sito web della Rete.

È attiva una mailing list ([retelca@bologna.enea.it](mailto:retelca@bologna.enea.it)) per lo scambio e la diffusione delle informazioni tra gli aderenti della Rete. La lista è concepita per consentire agli utenti di prendere contatto tra loro utilizzando il servizio di posta elettronica messo a disposizione dall'ENEA di Bologna. Attualmente sono iscritte alla mailing list della Rete Italiana LCA circa 300 persone, distribuite su 17 regioni italiane, escluse la Val d'Aosta, il Trentino Alto Adige e la Calabria. Di seguito è riportata la tabella con il numero di iscritti per ogni regione, suddivisi in più di 40 province.

Regione	Provincia	Iscritti	Regione	Provincia	Iscritti
<b>Abruzzo</b>	AQ	1	<b>Marche</b>	AN	3
	PE	4		PU	2
<b>Basilicata</b>	MT	3	<b>Molise</b>	CB	1
<b>Campania</b>	NA	3	<b>Piemonte</b>	NO	3
<b>Emilia Romagna</b>	BO	60		TO	19
	FC	3	<b>Puglia</b>	BA	12
	FE	1		FG	1
	MO	8	<b>Sardegna</b>	CA	1
	PR	1	<b>Sicilia</b>	CT	2
	RA	3		ME	1
	RE	5		PA	4
RN	4	<b>Toscana</b>	FI	10	
<b>Friuli Venezia Giulia</b>	UD		2	PI	5
<b>Lazio</b>	RM		34	SI	1
<b>Liguria</b>	GE	13	<b>Umbria</b>	PG	12
<b>Lombardia</b>	BG	1	<b>Veneto</b>	PD	10
	BS	4		TV	1
	CO	2		VE	5
	MI	41		VR	1
	MN	4	<b>Europa</b>	EU	1
	PV	1			
	VA	5			

Tabella 4 - Distribuzione degli iscritti alla Rete per provincia

## Workshop annuale

Il Workshop annuale della Rete Italiana LCA si propone di essere un'importante occasione di confronto e di incontro fra coloro che operano in Italia nel campo del Life Cycle Assessment.

Durante il Workshop i partecipanti hanno l'occasione, oltre che di presentare i propri lavori di ricerca e sperimentazione, anche di trovare momenti di approfondimento su tematiche riguardanti lo sviluppo dell'LCA sia da un punto di vista metodologico sia per quanto concerne lo sviluppo applicativo e settoriale.

Il Workshop è anche un'opportunità per diffondere i risultati raggiunti e per definire le modalità operative della Rete Italiana LCA.

Il primo workshop, che si è svolto a Bologna il 18 ottobre 2006, ha avuto come obiettivo quello di mettere a fuoco le principali problematiche di ricerca e di applicazione, in particolare alla luce del 7FP della UE e degli indirizzi di politica ambientale, energetica ed industriale del governo italiano e, dall'altro, di discutere dei possibili modi di interscambio e sviluppo di forme efficaci di network.

Dalla discussione collettiva che si è sviluppata nel workshop sono stati individuati gli elementi più rilevanti e gli aspetti critici del settore, sia a livello di R&S che di applicazione. Sono, inoltre, state proposte alcune modalità di lavoro per promuovere l'incontro fra le strutture, pubbliche e private, che operano in Italia nel campo degli studi di LCA e più in generale delle metodologie basate sul ciclo di vita. Sono così nati i Gruppi di Lavoro della Rete Italiana LCA.

L'obiettivo del 2° Workshop è promuovere le attività dei Gruppi di Lavoro cercando di creare una rete di collaborazioni scientifiche efficiente ed efficace, capace di diffondere la conoscenza dello strumento metodologico LCA e delle sue implicazioni tecnico-pratiche presso il mondo dell'industria e della Pubblica Amministrazione.

### **La segreteria tecnica**

La segreteria tecnica della Rete Italiana LCA è gestita dall'ENEA e si occupa dell'organizzazione del network in termini di:

- aggiornamento del sito web;
- amministrazione della mailing list;
- redazione della struttura generale e pubblicazione della Newsletter;
- coordinamento generale dei Gruppi di Lavoro (iscrizione ai GdL, meeting dei coordinatori);
- promozione e supporto all'organizzazione del Workshop annuale;
- referente italiano per le comunicazioni verso altre istituzioni Europee che si occupano di LCA.

### **Bibliografia**

Barberio, G, Buonamici, R, Buttol, P, Masoni, P, Pergreffi, R, Scalbi, S & Tommasi, F 2006, PRIMA MAPPATURA NAZIONALE DEI GRUPPI E DELLE ATTIVITÀ NEL CAMPO DELL'ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA), ENEA

Curran, M A and Notten, P 2006, SUMMARY OF GLOBAL LIFE CYCLE INVENTORY DATA RESOURCES, Task Force 1: Database Registry, SETAC/UNEP Life Cycle Initiative

Rete Italiana LCA 2008, [www.reteitalianalca.it](http://www.reteitalianalca.it), ultimo accesso febbraio 2008

# Valutazione della Sostenibilità delle Tecnologie: Prime Riflessioni e Future Attività

Maurizio Cellura<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Dipartimento di Ricerche Energetiche e Ambientali, Università degli Studi di Palermo, coordinatore del Working Group – Technology Assessment, [mcellura@dream.unipa.it](mailto:mcellura@dream.unipa.it)

## Sommario

*Nel presente contributo verrà delineato un quadro degli obiettivi e delle attività future del Working Group "Sustainability Assessment of Technology", costituitosi in seno alla rete italiana di LCA. L'obiettivo principale di tale gruppo è quello di individuare e strutturare un percorso metodologico che porti alla definizione di un sistema di valutazione di famiglie di tecnologie e surrogabili, che si trovino a un diverso stadio di maturità. Di seguito verranno inoltre delineati gli aspetti significativi e le principali problematiche da affrontare nella ricerca, in merito alle quali il Working Group ha elaborato le prime riflessioni. Particolare attenzione viene attribuita all'analisi delle incertezze metodologiche, tecniche e previsionali, conseguenti all'introduzione nel mercato di una nuova tecnologia. Vengono infine delineate le prossime attività del Working Group, anche con riferimento ai futuri sviluppi dell'"Environmental Technology Verification".*

## Introduzione

La prima esperienza di Technology Assessment (TA) risale al 1972, quando negli USA venne istituito un organo del Congresso denominato "Office of Technology Assessment - OTA" (Wood, 1997). Esso doveva rappresentare l'agenzia di supporto alle attività del Congresso su complesse questioni tecnico-scientifiche e supportarne i processi decisionali. Tuttavia, sebbene fossero stati pubblicati numerosi documenti, nel 1995 il Congresso impose la chiusura dell'OTA. Tale decisione era da addurre a diverse motivazioni, quali la difficoltà di integrare i report con le attività programmate del legislatore, l'inefficacia dei report stessi per il processo decisionale, e la frequente inconsistenza dei giudizi conclusivi. I *report* si limitavano spesso ad analizzare lo stato attuale di una tecnologia e di eventuali alternative, senza prevederne scenari futuri di sviluppo.

Sulla base dell'esperienza americana, sebbene non esaltante, altre nazioni hanno cercato di ripercorrere una via più efficace nella definizione ed applicazione della TA, dotandosi di strutture pubbliche per la valutazione delle tecnologie (Guston et al., 1997). A tal proposito sono state condotte varie esperienze a livello comunitario (Svizzera, Inghilterra, Germania ecc.) ed extra-europeo (Canada, Giappone ecc.).

Con riferimento agli aspetti ambientali è stata definita l'EnTA (Environmental Technology Assessment), una metodologia finalizzata all'implementazione e all'impiego della tecnologia con riferimento alla sostenibilità ambientale. Tuttavia, tale approccio si limita con riferimento alla valutazione ambientale delle prestazioni, trascurando la rilevanza delle componenti economica e sociale nella definizione della sostenibilità. Appare di converso di fondamentale importanza definire una metodologia di valutazione della sostenibilità delle tecnologie (*Sustainability Assessment of Technology, SAT*), che tenga in considerazione tutti gli aspetti chiave che concorrono alla definizione di sostenibilità (Van Eijndhoven, 1997).

Recentemente è stata ribadita anche a livello europeo la necessità di elaborare una metodologia armonizzata per la SAT, riconosciuta come *una delle sfide chiave che la nostra società deve fronteggiare nel nuovo millennio*. L'UE ha inoltre finanziato la creazione di una rete internazionale ETAN – *European Technology Assessment Network*<sup>1</sup> - e la creazione del programma STRATA - *Strategic Analysis of Specific Political Issues*<sup>2</sup> - con l'obiettivo di promuovere il dibattito a livello europeo tra mondo della ricerca e *policy makers* in merito ad alcune questioni politiche rilevanti con risvolti scientifici e tecnologici. Ulteriori importanti iniziative correlate alle tematiche anzidette sono state la pubblicazione del Piano d'Azione per le Tecnologie Ambientali – ETAP (Commissione Europea, 2004) e la consultazione pubblica sulla *Environmental Tecnology Verification- ETV* (Commissione Europea, 2007). In particolare dall'ultima consultazione dovrebbe derivare la definizione di uno schema di verifica delle prestazioni delle tecnologie ambientali, basato sulle asserzioni indicate da produttori e rivenditori. L'output dello schema dovrebbe essere un *report* pubblico, ufficialmente accettato a livello comunitario, che sintetizzi le risultanze dell'analisi e fruibile da produttori e rivenditori, per attestare l'efficacia della tecnologia in questione. L'UE auspica inoltre che si costituiscano dei centri di riferimento nazionali, regionali o settoriali che svolgano un ruolo di supporto per le Piccole e Medie Imprese (PMI) e che fungano da collegamento tra imprese, laboratori di analisi e centri di verifica. In Italia è stato istituito un apposito "Comitato per la valutazione delle scelte scientifiche e tecnologiche" (VAST) con il compito di coordinare le iniziative e le attività a livello parlamentare in materia di ricerca scientifica e di applicazione tecnologica<sup>3</sup>. Allo stato attuale i lavori del VAST appaiono però solo un tentativo preliminare di applicazione della TA all'attività decisionale politica.

## **Possibile approccio metodologico alla SAT**

### **Aspetti significativi**

La definizione di una metodologia strutturata per la valutazione della sostenibilità delle tecnologie deve essere fondata sui seguenti elementi cardine:

- Per una tecnologia matura potrebbe essere definita una metodologia di indagine fondata sulla raccolta di dati di campo e rivolta all'analisi degli eventuali potenziali di miglioramento e delle alternative. La valutazione di tecnologie ancora a livello sperimentale e di laboratorio necessita di studi previsionali, tramite l'analisi di futuri scenari alternativi a supporto delle attività di valutatori e decisori.
- La SAT deve essere fondata su una valutazione degli impatti diretti ed indiretti "dalla culla alla tomba", coinvolgendo sia metodi già consolidati e standardizzati (quali, ad esempio, la Life Cycle Assessment - LCA), sia metodi in via di definizione e sviluppo (Life Cycle Costing - LCC, Societal Life Cycle Assessment - SLCC). Le norme della serie ISO 14040 possono rappresentare utili riferimenti per il successivo processo di standardizzazione delle procedure operative per la SAT (Commissione Europea, 2007b).
- Analogamente alla definizione delle *Product Category Rules (PCR)* per l'analisi delle prestazioni ambientali di prodotto all'interno dello schema di certificazione EPD, nel caso di tecnologie appartenenti allo stesso gruppo o surrogabili, potrebbero essere definite le *Tecnology Category Rules (TCR)*, un insieme di regole di riferimento, quali la famiglia di tecnologie da studiare ed i criteri di

---

<sup>1</sup> <http://cordis.europa.eu/etan/home.html>

<sup>2</sup> <http://cordis.europa.eu/improving/strata/strata.htm>

<sup>3</sup> [http://vast.camera.it/funzioni/scheda\\_base.asp](http://vast.camera.it/funzioni/scheda_base.asp)

appartenenza alla medesima, i confini del sistema da analizzare, le categorie di impatto da considerare, le regole di cut-off da seguire e i dati di letteratura da impiegare.

In linea generale, è necessario includere nella metodologia valutativa i seguenti aspetti:

- analisi degli impatti ambientali e degli effetti economici e sociali indotti dalla tecnologia, dagli scenari di miglioramento e da azioni di mitigazione, tenendo in considerazione le questioni etiche, il principio di precauzione e la reversibilità delle scelte;
- valutazione e confronto delle alternative differenti;
- costituzione di una base informativa significativa, come output del processo di valutazione, a supporto del processo decisionale, e relativa comunicazione al pubblico. Tali informazioni potrebbero anche essere inquadrare in un innovativo schema di certificazione della tecnologia.

### **Principali problematiche**

Di seguito si riportano le più rilevanti tra le molteplici problematiche sulle quali la comunità scientifica si sta confrontando e che necessitano di approfondimenti e ulteriori riflessioni:

- Definizione e strutturazione della SAT. Occorre individuare gli elementi da considerare in un processo di analisi e le interrelazioni che si possono instaurare con altre procedure, sia esse standardizzate o meno, e con altre politiche e strumenti per la sostenibilità, sia obbligatori (ad esempio, VIA ed IPPC) che volontari (quali il sistema EMAS e le certificazioni di prodotto Ecolabel e EPD).
- Utilizzo di una metodologia unificata o di approcci differenti, in relazione agli obiettivi che si intendono perseguire, al livello di maturità della tecnologia, ai destinatari e decisori interessati ecc.
- Definizione e classificazione delle tecnologie: la metodologia potrà essere applicata ad una tecnologia o ad una famiglia di tecnologie. Tale classificazione non è però univoca: essa potrebbe essere applicata a tecnologie differenti ma che svolgono una funzione simile, ovvero a tecnologie simili che sfruttano lo stesso fenomeno fisico, ovvero ad una specifica tipologia di tecnologia.
- Definizione degli scenari alternativi nel processo di previsione dell'evoluzione temporale della tecnologia.
- Individuazione delle *driving forces* che incidono nel processo di ricerca, definizione ed implementazione delle tecnologie innovative.
- Ruolo e partecipazione dei differenti soggetti interessati al processo di valutazione (ricercatori, pubbliche amministrazioni, esperti del settore, mondo imprenditoriale).
- Caratteristiche e qualità dei dati da utilizzare nel processo di valutazione: le valutazioni dovrebbero tenere in considerazione la qualità dei dati disponibili. I giudizi finali dovrebbero essere tanto più sfumati quanto maggiore è l'incertezza degli scenari ipotizzati. Un utile supporto al miglioramento della qualità dei dati e all'armonizzazione dei processi di analisi potrebbe giungere dai database e dalle piattaforme informative europei. A tal proposito si sottolinea il ruolo sempre più importante assunto dalla *European Platform on LCA* che in un prossimo futuro rappresenterà la fonte primaria per i dati di input nelle analisi

LCA, e degli organismi pubblici europei quali *l'Eurostat* e *l'European Environmental Agency*.

- Integrazione delle valutazioni relative a questioni differenti quali quelle di natura ambientale, economica e sociale.
- Gestione delle incertezze che insorgono durante tutto il processo di analisi. In particolare, potrebbero essere definiti dei criteri di accettabilità che definiscano delle soglie massime di incertezza tollerabili oltre le quali le informazioni non vengono più prese in considerazione.
- Multidisciplinarietà dell'analisi e coinvolgimento di diversi esperti per integrare tematiche ed informazioni di natura complessa e differente (dati economici, ambientali e sociali) e affrontare la problematica nei suoi principali aspetti, quali:
  - definizione degli scenari;
  - modellizzazione e valutazione degli aspetti economici, ambientali e sociali;
  - coinvolgimento di esperti del settore tecnologico;
  - modellizzazione tecnica (aspetti temporali, spaziali ecc.);
  - conoscenza dei modelli *life cycle based*;
  - definizione di modelli di supporto alla decisione;
  - valutazione della qualità dei dati e gestione delle incertezze.

Un utile supporto potrebbe giungere dalla realizzazione di un modello integrato basato sugli strumenti *life-cycle based* quali la *Life Cycle Assessment*, il *Life Cycle Costing* e la *Societal Life Cycle Assessment*, traendo spunto anche dagli studi nazionali ed internazionali svolti.

Nel seguito vengono illustrati i primi spunti di riflessione del Gruppo di Lavoro, con particolare attenzione alla gestione delle incertezze e ai *Rebound Effect*.

## **Prime riflessioni**

### **Incerteza**

Al fine di ottenere giudizi di merito relativi all'oggetto dello studio il più possibile fruibili dai decisori, il processo di valutazione potrebbe essere svolto a differenti livelli di complessità ed approfondimento:

- valutazioni quantitative o semi-quantitative per gli aspetti più facilmente prevedibili o caratterizzati da una migliore qualità dei dati a disposizione;
- valutazioni di tipo qualitativo per gli aspetti più incerti.

La già citata "Call for Proposal" dell'UE evidenzia l'importanza di valutare almeno in via qualitativa aspetti quali gli effetti indotti sul mercato o la valutazione dei rischi. Per far ciò, occorre che i risultati siano accompagnati da una robusta e dettagliata analisi delle incertezze che insorgono in tutte le fasi della SAT, quali:

- incertezze metodologiche dovute alla struttura stessa del modello di analisi;
- incertezze tecniche dovute alla qualità e tipologia dei dati impiegati nell'analisi;
- incertezze previsionali, dovute alla definizione di scenari futuri ed alternativi.

In particolare, la necessità di valutare gli impatti a medio e lungo termine rende meno praticabile l'utilizzo di una logica binaria vero-falso. Un approccio alternativo potrebbe derivare dall'adozione di una *logica sfumata di tipo fuzzy*, in cui le valutazioni assumano un livello variabile di appartenenza ad una prefissata categoria. L'approccio *fuzzy* potrebbe essere utilmente applicato alle tecnologie in via sviluppo che, per loro natura, sono soggette ad un maggiore livello di incertezza.

Per le tecnologie non mature, per le quali non si dispone di un set consolidato e dettagliato di dati a disposizione, ma piuttosto di dati generici appartenenti a diversi settori e categorie, il processo di valutazione della tecnologia consta di un gran numero di variabili tra loro correlate che possono influenzare in modo differente l'evoluzione della tecnologia stessa. Spesso tali parametri si influenzano a vicenda secondo una logica non consequenziale e non facilmente interpretabile da un singolo esperto.

Un utile strumento per modellizzare questo complesso schema di conoscenze è costituito dalle *Mappe Cognitive Fuzzy (MCF)*, in cui la conoscenza viene sintetizzata in nodi (che rappresentano le variabili del processo di analisi) e legami (che indicano quanto ciascuna variabile influenzi o sia influenzata dalle altre). La logica *fuzzy* può essere implementata nelle MCF per tradurre operativamente la conoscenza qualitativa ed incerta di esperti e decisori.

Le MCF permettono così di individuare quali condizioni e quali variabili possono determinare il successo o l'insuccesso di uno scenario futuro atteso. L'incertezza dei dati di input potrebbe essere tradotta in scenari alternativi, nonché in strutture alternative di nodi e legami da analizzare successivamente.

L'output di tale approccio potrebbe indirizzare l'attenzione degli analisti e dei decisori sulle questioni chiave del problema, non facilmente individuabili con una metodologia di analisi tradizionale.

### **Problematiche metodologiche nel processo valutativo**

Il Gruppo di Lavoro ha individuato talune criticità che possono insorgere nel processo di valutazione, molte delle quali simili a quelle tipiche di un processo di LCA. AD esempio, in merito alla *definizione delle famiglie omogenee di tecnologie*, non esiste un modo univoco di procedere. Un utile riferimento può essere rappresentato dalla metodologia LCA. Per rendere confrontabili gli studi di due prodotti/servizi surrogabili, si sceglie di riferire gli impatti alla funzione analoga che essi svolgono (ad esempio, impatti per kWh di energia elettrica prodotta indipendentemente dal tipo di tipologia di impianto utilizzato per la produzione). Un approccio siffatto, orientato alla funzione, potrebbe essere riprodotto nella SAT e nella definizione delle TCR, approccio comunque facilmente applicabile per le tecnologie ormai mature e commercializzate, piuttosto che per quelle ancora ad uno stadio sperimentale.

In merito alla *disponibilità dei dati ed alla loro rappresentatività geografica*, insorgono le stesse difficoltà e perplessità relative all'applicazione di una LCA. Un utile aiuto potrebbe giungere dal potenziamento dei lavori della *European Platform on Life Cycle Assessment*, allo scopo di armonizzare il formato di utilizzo dei dati e la diffusione di dati europei qualitativamente affidabili.

Il processo di acquisizione dei dati ambientali potrebbe anche appoggiarsi a metodologie alternative, come ad esempio il ricorso ai metodi ibridi di Input/Output. Rimane però aperta la necessità di armonizzare a livello internazionale le modalità di redazione e la suddivisione in categorie adottata nella redazione delle tavole I/O, e le difficoltà connesse al continuo e rapido aggiornamento delle medesime.

Particolarmente complessa risulta la definizione dei confini del sistema di una tecnologia in studio, ovvero gli elementi che occorre includere o escludere nell'analisi ed il livello di dettaglio e profondità a cui spingere l'analisi. In tal senso giocano un ruolo fondamentale i *Rebound Effects*, ovvero gli effetti sistemici conseguenti all'introduzione di una nuova tecnologia o prodotto. Per esempio, la diffusione nel mercato di un nuovo prodotto o tecnologia potrebbe portare ad una riduzione anche drastica del consumo di una risorsa ovvero all'incremento nel consumo di un'altra risorsa, modificando così gli attuali schemi di produzione ed inducendo un cambiamento dell'eco-profilo finale del prodotto in specie, e di tutti gli altri prodotti ad esso correlati.

Spesso nella redazione di una LCA si utilizza un modello lineare per la redazione dell'analisi di inventario, supponendo esplicitamente di non considerare i Rebound Effects, ovvero supponendo che la produzione di una nuova unità di prodotto non modifichi gli equilibri del mercato. Il sistema descritto dal Life Cycle Inventory non solo è in equilibrio ma anche in uno stato steady state. Applicazioni di LCI dinamico sono ancora in fase di sviluppo, e vedono maggiormente il ricorso ad altre metodologie.

L'ipotesi di stazionarietà diviene scarsamente accettabile nel caso della SAT, in cui l'effetto desiderato è anche quello di valutare lo spostamento del mercato dalle condizioni di equilibrio con l'introduzione di una tecnologia innovativa.

La valutazione dei Rebound Effects è subordinata all'analisi degli effetti di mercato, conseguenti all'introduzione o sostituzione di una tecnologia. Restano ovviamente da definire le modalità per la selezione dei casi studio, per la definizione degli scenari alternativi e l'ambito in cui tale analisi dovrà essere condotta (se, ad esempio nella struttura stessa della LCA o in un ambito separato). La scelta dei casi studio potrebbe essere inizialmente orientata verso quelle tecnologie di ottimizzazione della *material flow analysis* ovvero le tecnologie innovative nel settore della produzione di energia.

## **Modelli di supporto alle decisioni**

La realizzazione di uno studio di SAT è un processo complesso, il cui obiettivo è valutare la sostenibilità di tecnologie esistenti e/o future nel medio e lungo termine. Ciò implica necessità di selezionare una tra più opzioni tecnologiche, in relazione agli obiettivi e ai destinatari dei risultati dello studio.

La multidisciplinarietà del processo di valutazione, dovuta alla molteplicità dei fattori concorrenti nella scelta tra diverse alternative, richiede di elaborare un modello di supporto alla decisione che assicuri trasparenza, flessibilità e ripercorribilità del percorso procedurale seguito. Corretta definizione degli obiettivi da perseguire e ricerca associata delle alternative costituiscono i due estremi logici di un processo decisionale per i quali si deve misurare il grado di corrispondenza e accordo. In proposito, la base misurabile per un'alternativa è costituita da un set di attributi, o indicatori, che rappresentano il grado in cui gli obiettivi prefissati vengono raggiunti e dipendono da quali fattori sono ritenuti significativi nel processo decisionale. In tale contesto risultano particolarmente utili le metodologie di analisi multicriteriale (Multi Criteria Decision Making, MCDM), che, pur differenziandosi nelle tecniche di soluzione adottate e di attribuzione dei giudizi finali e nei modelli impiegati, si basano su un comune approccio al problema, riassumibile nei seguenti punti:

- una fase informativa costituita da: *i*) individuazione degli obiettivi, *ii*) selezione degli indicatori di performance, e *iii*) definizione delle alternative;

- una fase di analisi attraverso la stima delle possibili alternative efficienti dal punto di vista paretiano e del livello raggiunto da ciascuno obiettivo in ogni opzione;
- una fase di valutazione caratterizzata dalla: *i)* valutazione delle preferenze; *ii)* valutazione di ogni alternativa rispetto alle preferenze del decisore; *iii)* individuazione dell'alternativa di maggiore preferenza.

L'attendibilità dell'intero processo di analisi multicriteriale è comunque strettamente connessa all'affidabilità e alla rappresentatività degli indicatori impiegati nell'esprimere lo stato attuale della tecnologia esaminata e le modificazioni economiche, sociali e ambientali indotte dalle diverse alternative.

## **Fasi concettuali di una SAT**

Un ulteriore obiettivo del *Working group* è quello analizzare lo "stato dell'arte" sulla SAT, procedendo all'individuazione, raccolta ed analisi delle esperienze pregresse e delle possibili metodologie già sviluppate che potrebbero fungere da supporto allo svolgimento dell'analisi.

Di seguito vengono illustrati gli "step" procedurali secondo cui strutturare un studio di SAT.

- *Step 1 - Definizione ed finalità della SAT:*
  - Definizione degli obiettivi prioritari prefissati e individuazione dei soggetti sviluppatori/fruitori dell'analisi.
  - Definizione condivisa di tecnologia e dei requisiti in base ai quali poter raggruppare tra loro più tecnologie in un'unica famiglia.
- *Step 2 - Fase di Scoping:*
  - Definizione chiara e inequivocabile dell'oggetto dell'analisi. È, infatti, sostanzialmente diverso applicare la valutazione ad una famiglia tecnologica estesa o ad una tecnologica specifica. In tal caso l'analisi potrebbe essere condotta ad un livello di dettaglio maggiore, ma di converso si corre in parte il rischio di perdere il carattere di generalità della SAT. Di contro, un'analisi condotta su di una famiglia più o meno estesa si prefiggerebbe obiettivi più ambiziosi esponendosi però ad una maggiore incertezza.
  - Definizione chiara e inequivocabile delle finalità dello studio e degli attori coinvolti nel processo decisionale. Un decisore politico, impegnato in un processo di pianificazione delle strategie future di sviluppo, potrebbe essere maggiormente interessato agli effetti globali indotti dall'introduzione di una famiglia di tecnologie nel mercato; un'azienda potrebbe essere, invece, più propensa all'analisi di una specifica tecnologia, per evidenziarne punti di forza e debolezza, e possibili margini di miglioramento. Fondamentale, inoltre, è la definizione del periodo temporale che si intende coprire con la procedura di analisi (previsioni a medio o lungo termine).
- *Step 3 - Definizione degli indicatori:*

L'efficacia della valutazione dipende dal numero e dalla tipologia degli fattori investigati e dagli indicatori utilizzati. L'individuazione degli indicatori è ovviamente un passo critico, poiché essi costituiscono la base informativa di tutto il processo di valutazione. Il coinvolgimento degli *stakeholder* risulta fondamentale per la definizione e la valutazione della significatività e affidabilità degli indicatori in funzione degli obiettivi prefissati e delle priorità di intervento.

- *Step 4 - Analisi preliminare della Tecnologia:*

La SAT dovrebbe essere condotta come un processo di analisi a step successivi di approfondimento, in cui gli aspetti ritenuti più salienti per il processo di valutazione vengono investigati, analizzati e successivamente verificati, in relazione alla loro rilevanza ed incertezza. Come già ricordato, durante le fasi preliminari di analisi si potrebbe far ricorso a metodologie semplificate (Analisi Input/Output, scenari revisionali mediante Mappe Cognitive Fuzzy - MCF) con lo scopo di effettuare una prima valutazione, anche qualitativa, delle principali ripercussioni indotte dall'introduzione di una nuova tecnologia. Successivamente, potrebbero essere impiegate delle metodologie specifiche (Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing, Societal Life Cycle Assessment) per lo sviluppo di eventuali analisi più approfondite. Inoltre la conduzione della SAT dovrebbe prevedere dei cicli di feedback allo scopo di modificare le valutazioni preliminari sulla base di nuove informazioni acquisite. Ad esempio le analisi di life-cycle possono fornire nuove informazioni o evidenziare nuove problematiche meritevoli di essere incluse nelle MCF al fine di renderle più aderenti alla realtà. Nel contempo, le MCF possono delineare settori ed aspetti critici (key issue) che, in quanto tali, necessitano di essere approfonditi durante le analisi successive.

- *Step 5 - Descrizione delle tecnologie alternative*

La definizione delle alternative deve tener conto dei complessi meccanismi di mercato e della loro interazione con il sistema. L'analisi di mercato può essere rivolta all'individuazione di tecnologie simili o di modifiche minori da apportare alla tecnologia stessa per renderla sostenibile (*micro-analysis*), o all'individuazione di tecnologie alternative o competitive (*macro-analysis*).

- *Step 6 - Confronto tra le Tecnologie*

Il processo di valutazione è finalizzato all'individuazione degli impatti diretti e indiretti e dei cambiamenti indotti da una nuova tecnologia, a breve o lungo termine, residuali o cumulativi. L'output di un modello per uno studio di SAT può utilmente definire una gerarchia tra più alternative tecnologiche, attraverso la quale il decisore è in grado di esprimere un giudizio di preferenza. Tale gerarchia deve essere costruita in funzione degli obiettivi del decisore, delle priorità di intervento e del peso attribuito a ciascun attributo, considerando la qualità dei dati e l'incertezza delle previsioni. A valle del processo di valutazione, è necessario svolgere un'analisi di sensibilità allo scopo di valutare quanto le ipotesi iniziali e le scelte introdotte abbiano inciso sui risultati dell'analisi. Ciò qualora il giudizio di sostenibilità sia fondato su un approccio comparativo tra tecnologie surrogabili.

In proposito si attiverà una discussione in merito alla possibilità di certificare delle tecnologie, attraverso la pubblicazione secondo uno schema standardizzato, di informazioni e giudizi comparativi. Lo schema EPD può rappresentare un utile punto di partenza. Inoltre potrebbero essere ideati degli schemi innovativi di certificazione in cui si possa evidenziare l'effettiva collocazione della tecnologia in una ipotetica "scala di sostenibilità". Si potrebbe ad esempio immaginare di individuare delle classi di significatività rispetto a ciascun indicatore, analogamente a quanto fatto in altri sistemi di certificazione (es. certificazione energetica degli elettrodomestici). Se il contributo della tecnologia ad un determinato problema/impatto è più o meno elevato, essa potrebbe essere etichettata con differenti valori di merito (Classe A, B ecc.). Ovviamente tale approccio necessiterebbe di un'approfondita discussione in merito alla definizione delle classi e dei loro confini, nonché alla definizione di soglie di sostenibilità.

- *Step 7 - Pubblicazione dei risultati e definizione delle politiche di azione*

In tale fase i risultati dello studio possono essere impiegati per elaborare strategie politiche di supporto ai decisori. In proposito occorre infatti definire apposite linee guida relative alla tecnologia in studio ed alle alternative correlate, in merito alle modalità secondo cui esse dovrebbero essere selezionate, implementate, sviluppate e gestite nel tempo. Tali linee guida avranno l'obiettivo di rendere le tecnologie efficienti e sostenibili nel lungo periodo dal punto di vista tecnico, economico-finanziario, ambientale e sociale. Possibili elementi chiave di tali linee guida potrebbero essere:

- identificazione degli impatti da mitigare, con l'indicazione di possibili strategie e strumenti;
- rapporti con gli stakeholder;
- attività di ricerca e formazione;
- necessità di cambiamenti istituzionali;
- necessità di adottare, modificare o respingere la tecnologia proposta o l'opzione tecnologica in studio.

### **Attività del Working Group**

Le future attività del Working Group sulla Technology Assessment saranno focalizzate sulla definizione di un quadro generale degli strumenti metodologici applicabili ad un processo di valutazione della sostenibilità delle tecnologie, evidenziandone ambiti e criticità. Il gruppo intende altresì proporsi come interlocutore scientifico per la ETV in Italia, e come stakeholder nel dibattito tecnico-scientifico che si avvierà nel contesto nazionale. Di seguito è riportato un possibile programma delle attività del *Working Group*.

<b>Fase</b>	<b>Attività</b>
<b>I</b>	Ulteriori approfondimenti sullo stato dell'arte della TA; analisi di esperienze pregresse
<b>II</b>	Indagine sugli strumenti metodologici applicabili ad uno studio di SAT e relativi aspetti critici
<b>III</b>	Approfondimenti metodologici sul modello di valutazione
<b>IV</b>	Attività di verifica tecnologica: interfaccia e confronto con l'organismo nazionale sulla Environmental Technology Verification - ETV
<b>V</b>	Applicazione pratica dei principi della SAT a casi studio e, in particolare, al settore delle energie rinnovabili
<b>VI</b>	Sviluppo di schema EPD per la SAT

*Tabella 1 - Programma delle attività del Working Group*

## Conclusioni

La SAT rappresenta un interessante campo di confronto interdisciplinare in fermento e sviluppo. Sebbene alcuni governi abbiano avviato un percorso di applicazione della TA alle loro attività governative, non vi è ancora a livello internazionale un consenso generale sulle caratteristiche metodologiche e sulle modalità di svolgimento della valutazione. L'obiettivo principale del Working Group "Technology Assessment" della rete italiana LCA consiste nel definire, sviluppare e testare una metodologia di riferimento per valutare le tecnologie esistenti e future. Gli output della ricerca dovranno essere applicati a tecnologie che si trovano ad un diverso stadio di sviluppo e maturità. Il risultato atteso è la definizione di uno strumento di supporto alla decisione da utilizzare nella scelta, implementazione e diffusione di nuove tecnologie, sia per quelle di larga scala, che per quelle relative a nicchie di mercato. La metodologia da definire dovrà affinare le capacità previsionali dei decision-maker in merito alla sostenibilità futura della tecnologia indagata. Affinché tale struttura di analisi non rimanga una semplice discussione teorica e formale, sarà necessario testare i risultati su diverse tecnologie già sviluppate o in via di sviluppo (quali, ad esempio, le tecnologie per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili di energia), allo scopo di orientare la futura ricerca tecnologica e concorrere alla creazione di uno schema standardizzato di valutazione della sostenibilità delle tecnologie.

## Ringraziamenti

Il presente lavoro sintetizza i contributi dei componenti del Working Group "Technology Assessment", ai quali si porge un sentito ringraziamento per la collaborazione offerta. Si ringraziano in particolare gli ingegneri Fulvio Ardente e Marina Mistretta per l'ausilio nella redazione del testo e per il lavoro di sintesi delle osservazioni provenienti dai vari componenti del gruppo di lavoro.

## Bibliografia

Commissione delle Comunità Europee. "Incentivare le tecnologie per lo sviluppo sostenibile: piano d'azione per le tecnologie ambientali nell'Unione europea". Bruxelles, 28.1.2004 - COM(2004) 38.

Commissione delle Comunità Europee. "Consultation Paper on an EU System for Environmental Technology Verification". 2007.

Commissione delle Comunità Europee. "Sustainability Assessment of Technologies (SAT) - Workshop report". Research Directorate - General, Directorate II - Environment, Unit II.3 - Environmental technology - pollution prevention. - Brussels, 24-25 April 2007b.

Guston, David H.; Jones, Megan; Branscomb, Lewis M.. "Technology Assessment in the U.S. State Legislatures". Directorate - General Environment. Technological Forecasting and Social Change Volume: 54, Issue: 2-3, Feb. 3, 1997, pp. 233-250.

Office of Technology Assessment (OTA). Le pubblicazioni dell'OTA sono disponibili alla pagine web: <http://www.wws.princeton.edu/~ota/>

Van Eijndhoven, J C. M.. "Technology Assessment: Product or Process?". Technological Forecasting and Social Change Volume: 54, Issue: 2-3, February 3, 1997, pp. 269-286

Wood, F. B.. "Lessons in Technology Assessment: Methodology and Management at OTA". Technological Forecasting and Social Change, Volume: 54, Issue: 2-3, February 3, 1997, pp. 145-162

# **Rete Italiana di LCA: Attività del Gruppo di Lavoro Alimentare e Agroindustriale**

Bruno Notarnicola<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento Scienze Geografiche e Merceologiche, Università degli Studi di Bari  
[b.notarnicola@dgm.uniba.it](mailto:b.notarnicola@dgm.uniba.it)

## **Sommario**

*Il Gruppo di Lavoro Alimentare e Agroindustriale si è costituito in seno alla Rete Italiana di LCA e, insieme agli altri Gruppi di lavoro, ne costituisce l'organo operativo per lo svolgimento di ricerche inerenti la metodologia di LCA nelle aree di sua competenza e per l'identificazione delle opportunità per le imprese derivanti dall'applicazione della LCA. Nel presente articolo saranno delineati gli obiettivi e le attività a breve e medio-lungo termine del costituendo Gruppo di lavoro Alimentare e Agroindustriale, i cui lavori sono iniziati durante gennaio 2008. In particolare, saranno descritti i due obiettivi a breve termine che sono stati raggiunti, ossia una parziale mappatura degli studi di LCA alimentare e agroindustriale svolti in Italia e l'individuazione degli aspetti metodologici specifici per il territorio italiano maggiormente sentiti in tali studi. È evidente che tali mappature potrebbero necessitare di aggiornamenti alla luce di informazioni non disponibili in questo primo periodo di attività.*

## **Introduzione**

Nell'ottobre del 2006 presso l'ENEA di Bologna è stata lanciata la Rete Italiana di LCA, un'iniziativa finalizzata a favorire la diffusione della metodologia di LCA attraverso la creazione di un network per lo scambio di informazioni, metodologie e buone pratiche sullo stato dell'arte e sulle prospettive della LCA in Italia. La Rete è organizzata in Gruppi di Lavoro (d'ora in avanti GdL) per lo svolgimento di ricerche inerenti la metodologia di LCA nelle diverse aree tematiche: Technology Assessment, Alimentare e Agroindustriale, Prodotti Chimici, Servizi turistici, Edilizia e climatizzazione, Gestione e trattamento dei rifiuti. I GdL intendono mettere a sistema e consolidare le conoscenze acquisite in modo da finalizzare i lavori di ricerca e la sperimentazione, per rispondere alle esigenze specifiche del contesto produttivo nazionale. In particolare sono finalizzati a:

- costituire un network di esperti di riferimento sul territorio nazionale;
- individuare e migliorare le modalità per accrescere l'attendibilità degli studi di LCA;
- armonizzare le conoscenze sul settore;
- identificare le opportunità per le imprese derivanti dall'applicazione degli strumenti di LCA (Rete Italiana LCA, 2007).

La decisione di costituire all'interno della Rete Italiana di LCA un GdL specifico per il settore alimentare e agroindustriale si deve a diverse motivazioni perlopiù riconducibili: all'importanza che il settore alimentare-agroindustriale riveste nell'economia dell'Unione Europea e particolarmente in quella italiana, al rilevante impatto ambientale di tale settore, all'importanza dello strumento di LCA per gli alimenti e per i prodotti agroindustriali, alle specificità e tipicità nazionali legate all'applicazione della LCA agli alimenti e ai prodotti agroindustriali.

Evidenze tangibili dei sopraindicati *driver* sono le seguenti:

- Rilevanza del settore alimentare nella programmazione strategica di ricerche dell'Unione Europea per il VII programma Quadro (2007-2013); tale rilevanza ha portato alla costituzione della Piattaforma Tecnologica Europea (ETP) "Food for Life" (<http://etp.ciaa.eu>) e alla costituzione della stessa piattaforma al livello nazionale (<http://www.federalimentare.it/Attivita/ETP-FoodForLife-Italia.asp>).
- Importanza degli aspetti ambientali nelle due piattaforme, che ha portato alla costituzione di due gruppi di lavoro, rispettivamente a livello europeo e nazionale, dal nome "Sustainable Food Production", all'interno dei quali lo strumento di LCA è stato individuato come quello più idoneo per la valutazione degli impatti ambientali legati ai sistemi alimentari (European Technology Platform Food for Life, 2007).
- Criticità del settore alimentare dal punto di vista ambientale, riconosciuto dall'Unione Europea come uno dei tre settori a più alto impatto ambientale, insieme a quello dell'edilizia e dei trasporti su gomma. I tre settori insieme sono responsabili per il 70-80% dell'impatto ambientale complessivo dei consumi e per circa il 60% della spesa complessiva dei consumatori (IPTS-ESTO, 2006).
- Attenzione dell'opinione pubblica per le tematiche di preservazione ambientale e recente diffusione sui mezzi di comunicazione, anche non prettamente scientifici, di termini come "dieta eco-compatibile" o "sostenibilità delle filiere alimentari"; contemporanea diffusione negli stessi della metodologia di LCA considerata come lo strumento idoneo per effettuare valutazioni su questi aspetti.
- Specificità metodologiche della LCA di prodotti di derivazione agricola o zootecnica rispetto a quelli prettamente industriali riconosciute dai diversi convegni ad hoc relativi alla LCA di prodotti agricoli e agroindustriali (AA.VV, 1996, 1998, 2001, 2003, 2007) e dalle attività e risultati raggiunti da diversi autori (Anderson et al., 1993; Wegener Sleeswijk et al., 1996; Mazzaracchio, Raggi, 1996; Weidema et al., 2000; Mattsson et al., 2003; Foster et al., 2007).

Dopo la stesura della scheda di presentazione del GdL, pubblicata sulla prima newsletter della Rete Italiana di LCA del novembre 2007, il GdL ha iniziato concretamente le proprie attività con l'inizio del 2008, in particolare durante il primo workshop del GdL tenutosi a Bari il 16 gennaio 2008. In tale occasione i sedici partecipanti hanno individuato *mission*, obiettivi e attività dello stesso.

Alla data odierna il GdL risulta costituito da trentasei componenti perlopiù provenienti dall'Università, oltre che da ENEA, APAT, industria, organismi di certificazione, società di consulenza. In figura 1 è riportata la composizione percentuale del GdL.

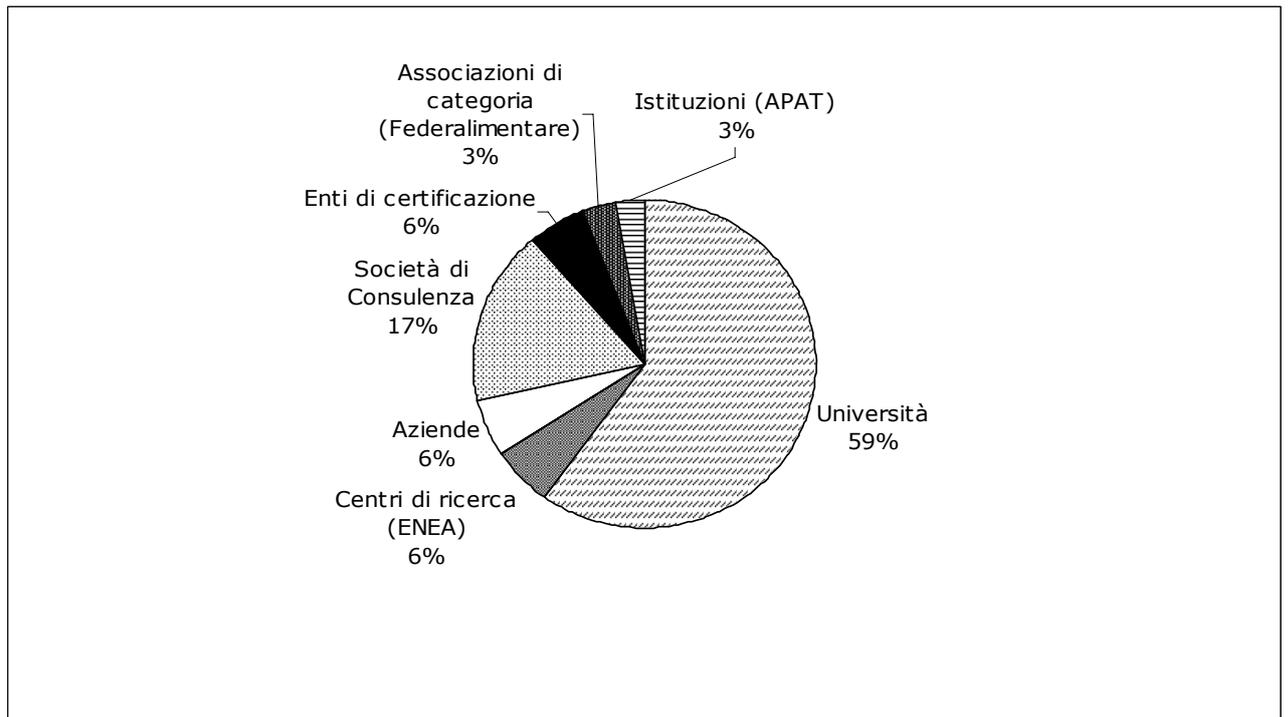


Figura 1 - Composizione del GdL

## Definizione della mission e delle finalità del GdL

Mission del GdL Alimentare e Agroindustriale è quella di ampliare le conoscenze relative alla specificità della metodologia di LCA applicata ai settori alimentare e agroindustriale italiano e di diffonderne l'impiego per il miglioramento delle prestazioni ambientali delle relative filiere. Per settore Alimentare e Agroindustriale si intende: "La somma totale di tutte le operazioni inerenti la produzione e la distribuzione di input per l'agricoltura, le operazioni di produzione delle aziende agricole, l'immagazzinaggio, la trasformazione e la commercializzazione dei prodotti dell'agricoltura e dei beni di derivazione agricola..." (Davis, 1957). A causa della condivisione della fase agricola e zootecnica e delle tante problematiche metodologiche fra i settori alimentare e agroindustriale e delle esperienze e competenze dei suoi componenti, il Gruppo di Lavoro intende occuparsi di entrambi i settori, in modo da ampliare la portata delle future attività dello stesso ed includere prodotti di particolare interesse nazionale quali, ad esempio, bio-carburanti, polimeri biodegradabili, legno, pelle, dando, allo stesso tempo, adeguata evidenza alle implicazioni della fase agricola e/o zootecnica, della trasformazione industriale, della logistica-distribuzione-vendita, dell'uso e della gestione dei sottoprodotti agricoli.

Operando in stretto collegamento con la Rete Italiana di LCA, alla quale aderisce condividendone le finalità, il GdL si propone di diventare il punto di riferimento, nel proprio ambito, per coloro che si occupano di LCA per le realtà del settore Alimentare e Agroindustriale e per le istituzioni interessate alle applicazioni di tale strumento. Il GdL si propone come network pronto e disponibile a condurre progetti di ricerca, in ambito nazionale ed internazionale, ed altre attività di indagine scientifica sulle tematiche di propria competenza.

La partecipazione dell'industria agroalimentare ed eventualmente dell'agricoltura italiana alle future attività del GdL è ritenuta indispensabile per i reciproci interessi che le parti possono condividere e per la diffusione della cultura della sostenibilità ambientale basata, sia in Italia che in Europa, in prevalenza su agro-ecosistemi. Per tale motivo, la partecipazione delle imprese e del mondo agricolo al GdL non è rivolta solo alla eventuale disponibilità nel fornire dati e informazioni utili all'implementazione della LCA nelle stesse, bensì ad individuare concrete aspettative, necessità e istanze delle imprese, affinché queste possano beneficiare di un opportuno supporto per la realizzazione di studi di LCA. In tal modo, si intende anche contribuire alla diffusione della metodologia di LCA presso le Piccole e Medie Imprese che operano nel settore alimentare e agroindustriale. Il GdL intende porsi come la sede nella quale accademie, centri di ricerca, industria, mondo agricolo e altri portatori di interesse (grande distribuzione, dettaglio, associazioni dei consumatori), possano condividere informazioni e problematiche sulle analisi di LCA per i settori in questione con l'obiettivo di una maggiore diffusione della stessa e nell'ottica del miglioramento delle prestazioni ambientali delle aziende e della maggiore eco-compatibilità dei prodotti alimentari e dei prodotti agroindustriali che finiscono sulla tavola dei consumatori.

Allo stesso modo per le attività del GdL, si ritiene importante il ruolo degli enti di certificazione e delle istituzioni, alla luce della crescente importanza della LCA come analisi di base per la certificazione di prodotto (EDP ecc.) e della sua introduzione a supporto delle politiche di approvvigionamento delle pubbliche amministrazioni (Green Public Procurement).

Gli obiettivi e le attività del GdL sono stati articolati su un orizzonte temporale ben definito, distinguendo tra breve, medio e lungo termine. Nel prosieguo si delineeranno prima gli obiettivi di breve termine, le modalità di raggiungimento, i risultati conseguiti e le attività che, partendo da questi risultati, permetteranno il raggiungimento degli obiettivi a medio e lungo termine.

## **Obiettivi e attività del GdL a breve termine**

Gli obiettivi di breve termine sono i seguenti:

1) Delineare, con il contributo di tutti i membri del GdL, una mappatura esaustiva degli studi italiani in materia di applicazioni della LCA al settore alimentare e agroindustriale ai fini di fornire un quadro da cui emergano gli ambiti di ricerca che hanno costituito oggetto di attenzione da parte degli autori e le attività da questi ultimi condotte. In tale attività occorre operare una distinzione per prodotto e area geografica, tipologia dello studio, tipologia di pubblicazione, eventuali finanziamenti ricevuti.

2) Raccolta delle diverse problematiche metodologiche riscontrate dai membri del GdL nei rispettivi studi riferiti all'applicazione della LCA al settore alimentare e agroindustriale, specificando in che modo tali problematiche sono state affrontate ed eventualmente risolte ed anche le problematiche che si intende approfondire.

Il perseguimento di questi due obiettivi, messi in calendario per il presente workshop della Rete Italiana di LCA, ha richiesto la preparazione di una scheda di richiesta dati ed informazioni che è stata compilata da circa il 75% dei componenti del GdL.

## **Attività a breve termine: mappatura delle LCA italiane dei settori alimentare e agroindustriale**

Dall'analisi delle schede pervenute è stato possibile trarre informazioni relative ai prodotti alimentari e agroalimentari che sono stati studiati in Italia e ai diversi autori-gruppi e città-regione di provenienza. Dalla figura 2 si può notare che gli alimenti sui quali è stato svolto il numero maggiore di LCA sono: vino (ventitrè), olio d'oliva (tredici), latte (undici), pasta (dieci), seguiti da burro (sei), formaggio (cinque), caffè (cinque).

Gli studi sul *vino*, svolti prevalentemente da ENEA, Università di Chieti-Pescara, Palermo, Bari, e Take Care International, riguardano prevalentemente LCA comparative fra vino da agricoltura biologica e vino da agricoltura convenzionale, applicazioni della metodologia di VerdEE, studi di EPD; tali lavori sono stati pubblicati su atti di convegno internazionale, libri, tesi di laurea e *peer review* (in quest'ultimo caso non pubblicata). Gli studi sull'*olio di oliva*, svolti da Università di Bari, Messina, Foggia, Firenze e da ENEA, riguardano la identificazione di "hot spot" nel ciclo di vita dell'olio, la comparazione con altri oli vegetali, le buone pratiche per un'efficace gestione integrata igienico-ambientale, l'applicazione del Life Cycle Costing; sono stati pubblicati su atti di convegni internazionali e nazionali e su riviste nazionali. Gli studi sul *latte*, sono stati svolti dall'Università di Bologna, Chieti-Pescara, dall'ENEA; rilevante è stata la partecipazione di Granarolo a tali studi. Si sono occupati tendenzialmente di individuazione dei punti critici lungo il ciclo di vita, di monitoraggio ambientale degli allevamenti per la produzione di latte di alta qualità, di latte da allevamento biologico; i lavori sono stati pubblicati perlopiù sulle stesse fonti bibliografiche degli studi precedenti. Gli studi sulla *pasta* effettuati dall'Università di Chieti-Pescara, Foggia, Parma, Napoli, Messina, Bari, hanno valutato i punti critici del ciclo di vita con particolare riferimento a determinati pastifici che hanno collaborato allo studio. Nel caso della pasta c'è stato anche un approccio ibrido di LCA e Input-Output LCA. Per quanto riguarda il *burro*, gli studi, condotti principalmente dall'ENEA e dall'Università di Bologna, oltre a individuare gli hot spot lungo il ciclo di vita dell'oggetto di studio, hanno posto in rilievo il problema dell'applicabilità della LCA nelle piccole e medie imprese italiane. In tabella 1 sono riportati per i diversi alimenti/prodotti le singole istituzioni che ci hanno lavorato.

I prodotti agroindustriali maggiormente analizzati da studi di LCA sono, invece, biomasse, (nove), fiori, (otto), pelle, (sette). In generale Emilia Romagna, Puglia e Abruzzo risultano le tre regioni che si sono occupate maggiormente di LCA di questi settori, seguite da Lombardia e Sicilia.

Gli studi sulle *biomasse*, svolti nell'Università di Chieti-Pescara e Pisa, riguardano la proposta di requisiti specifici per i biocombustibili ai fini della Dichiarazione Ambientale di Prodotto, l'utilizzo a fine energetico delle sanse esauste e dell'olio di girasole come carburante in caldaia. Gli studi sulla *pelle*, Università di Chieti-Pescara e Bari, sono relativi ad un progetto Interreg mista III C, "Ecosind" relativo all'individuazione dei punti critici nel ciclo di vita di scarpe in pelle (con particolare enfasi sulle macrofasi di macellazione e concia). I *fiori* sono stati studiati da ECOLOGICA (Società di consulenza di Bari), Università di Bari (Facoltà di Agraria) ed ENEA, nel contesto del progetto Life Ambiente "Ecoflower", ai fini della determinazione di criteri per l'assegnazione del marchio ecologico e per la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EcoFlower, 2005). Particolare enfasi è stata posta sullo studio delle coltivazioni in serra.

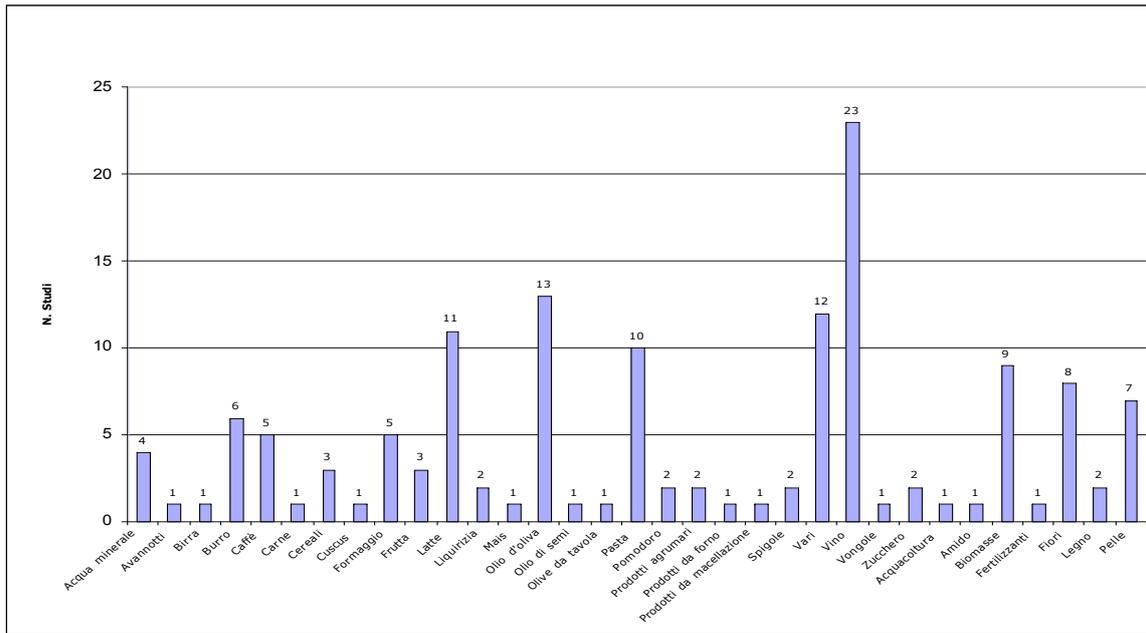


Figura 2 – Distribuzione degli studi di LCA per prodotti alimentari e agroindustriali studiati in Italia

	Bari (Economia)	Bari (Agraria)	Bologna	Bologna (ENEA)	Calabria	Firenze	Messina	Milano	Modena	Napoli	Palermo	Parma	Pisa	Chieti- Pescara	Pordenone	Roma (APAT)	Trento	Trieste	Urbino	Misto/ Internaz.	
<b>Alimentare</b>																					
Acqua minerale																					
Avannotti																					
Birra																					
Burro																					
Caffè																					
Carne																					
Cereali																					
Cuscus																					
Formaggio																					
Frutta																					
Latte																					
Liquirizia																					
Mais																					
Olio d'oliva																					
Olio di semi																					
Olive da tavola																					
Pasta																					
Pomodoro																					
Prodotti agrumari																					
Prodotti da forno																					
Prodotti da macellazione																					
Spigole																					
Vino																					
Vongole																					
Zucchero																					
Acquacoltura																					
Amido																					
Biomasse per uso energetico																					
Fertilizzanti																					
Fiore																					
Legno																					
Pelle																					
<b>Agro-Industriale</b>																					
Acquacoltura																					
Amido																					
Biomasse per uso energetico																					
Fertilizzanti																					
Fiore																					
Legno																					
Pelle																					

Tabella 1 – Mappatura degli studi di LCA nei settori alimentare e agroindustriale

## **Attività a breve termine: le problematiche metodologiche**

Le problematiche metodologiche inerenti la LCA di prodotti alimentari e agro-industriali risultate dalle schede compilate dai componenti del GdL, sono svariate e di diverso tipo: definizione dell'unità funzionale, identificazione dei confini del sistema, allocazione, modelli di dispersione di fitofarmaci e fertilizzanti, difficoltà nel reperimento dei dati delle fasi agricole e zootecniche e stagionalità degli stessi, fattori di caratterizzazione dei pesticidi (molto spesso inesistenti), categorie di impatto del *land use* e del consumo di acqua (aspetto del tutto trascurato nelle LCA del Nord Europa ma molto importante per la realtà italiana), solo per citarne alcuni. In tabella 2 sono state riportate le più importanti problematiche metodologiche evidenziate dai componenti del GdL classificandole per macrofase della LCA alla quale appartengono, definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione, inventario, valutazione degli impatti (non sono risultate problematiche relative alla interpretazione).

---

### **Obiettivi e campo di applicazione**

- Definizione dell'Unità Funzionale, soprattutto in studi comparativi (complessità e molteplicità di funzioni).
- Identificazione dei confini del sistema (Problemi legati all'interazione alimento-organismo durante la fase d'uso e il flusso di carbonio organico).
- Orizzonte temporale dello studio.

### **Inventario**

- Costruzione dell'inventario riferito alla produzione dei pesticidi, dei fertilizzanti e dei diserbanti.
- Costruzione dell'inventario riferito alla produzione dei mangimi.
- Stima delle emissioni composti azotati e fosfatici.
- Uso di macchinari agricoli.
- Reperimento dei dati (difficoltà per la fase agricola) ed elevata variabilità e stagionalità degli stessi. Necessità di ricorrere a stime per determinati parametri.
- Allocazione dei carichi ambientali nel caso di prodotti congiunti (co-prodotti e/o sotto prodotti), situazione particolarmente diffusa nelle filiere agro-alimentari.
- Disponibilità e scelta di modelli di dispersione per le sostanze diserbanti e i fitofarmaci.
- Bilancio della CO<sub>2</sub> da fonti rinnovabili; bilancio emissioni di CH<sub>4</sub> e CO.

### **Valutazione di Impatto**

- Fattori di caratterizzazione dei pesticidi, spesso inesistenti.
  - Categorie di impatto standardizzate relative agli effetti sull'ambiente e sulla salute umana relativamente alle sostanze diserbanti.
  - Categorie di impatto del *land use*.
  - Categoria di impatto del consumo di acqua.
- 

*Tabella 2 – Principali problematiche metodologiche*

Il maggior numero di osservazioni sollevate in merito alle problematiche metodologiche riguarda la fase di inventario (73%), con particolare riferimento agli aspetti legati alla reperibilità e attendibilità di alcuni dati, alle problematiche di dispersione di diserbanti e fitofarmaci (21%) e di allocazione (12%). Seguono i problemi relativi alla valutazione d'impatto (24% delle osservazioni) e, in particolare, alla caratterizzazione dei pesticidi (15%) e i problemi legati alla definizione degli obiettivi e del campo di applicazione (3%).

Come si può notare dall'osservazione della tabella, si tratta di problematiche tipiche della LCA di alimenti e prodotti agroindustriali delle quali si sono già occupati molti studiosi o gruppi di lavoro che possono costituire un'ottima traccia per il lavoro futuro del GdL. Ma alla specificità delle LCA dei settori in questione, si aggiunge anche la specificità territoriale e dei modi in cui le pratiche agricole sono condotte su diversi tipi di terreni.

Da qui la necessità di affrontare tali problematiche *ad hoc* per la realtà italiana. Questo non significa andare in deroga alla natura site-independent della LCA, ma semplicemente considerare, per quanto possibile, le specificità derivanti da pratiche agricole o zootecniche svolte in modo differente in funzione delle caratteristiche pedo-climatiche dei territori.

## **Attività del GdL a medio-lungo termine**

Alla luce dei risultati raggiunti – mappatura degli studi e individuazione delle problematiche metodologiche più sentite all'interno del GdL – è possibile individuare obiettivi e attività a medio-lungo termine (a causa della difficoltà attuale di programmare la tempistica, si preferisce aggregare gli obiettivi di medio e lungo termine). Un obiettivo molto ambizioso, ma allo stesso tempo considerato molto importante fra tutti i membri del GdL, è quello di elaborare delle apposite "linee guida" per la conduzione della LCA nel settore alimentare e agroindustriale, che permettano di fornire risposte concrete alle più comuni problematiche metodologiche emerse e che permettano di orientare e guidare gli studi di questo settore. Tale obiettivo potrebbe essere raggiunto in un anno e mezzo/due circa pubblicando per la fine del 2009 un apposito report "linee guida", alla stregua dei report dei gruppi di lavoro della SETAC. La realizzazione di questo report potrebbe richiedere la suddivisione del GdL in sottogruppi – ad esempio uno per ognuna delle quattro fasi che costituiscono la LCA, o uno ad hoc sulla qualità dei dati – per analizzare le più importanti problematiche metodologiche individuate e messe in evidenza nella presente nota.

Un'ulteriore attività a medio-lungo termine dovrebbe essere quella di individuare, per i prodotti maggiormente studiati e riportati in questa nota, ad esempio vino, olio di oliva, pasta, latte, biomasse (ma anche per quelli meno studiati come carne o pomodoro) gli "hot spot" e i miglioramenti ambientali che si possono conseguire. Anche questa attività potrebbe richiedere la divisione del GdL in sottogruppi che svolgeranno un lavoro comparativo sui diversi studi svolti sullo stesso prodotto e potrebbe richiedere una tempistica nell'ordine di un anno e mezzo due.

Un'altra attività a medio-lungo termine è quella di individuare, relativamente al settore alimentare e agroindustriale, campi di applicazione della LCA poco diffusi e potenzialmente interessanti. In particolare, potrebbe essere il caso di specifici macchinari o tecnologie impiegati in particolare nel settore in oggetto.

Un altro obiettivo ritenuto molto importante è quello di passare in rassegna e individuare approcci semplificati – tipo VerDEE – che siano facilmente applicabili al settore in questione. Allo stesso modo, tra gli obiettivi di medio-lungo termine rientra l'eventuale rassegna di metodologie parallele alla LCA di recente introduzione, quali Life Cycle Costing (LCC) e Societal LCA (SLCA), lo sviluppo di applicazioni ibride quali Input-Output LCA (IO-LCA) allo scopo di valutare in che modo una LCA possa essere utilmente integrata da informazioni complementari di natura economica e sociale.

Nel medio-lungo termine si intende verificare, per quanto possibile, il livello di diffusione della LCA nell'industria alimentare e agroindustriale (almeno nelle grandi aziende), nell'ottica di divulgarne la conoscenza presso gli operatori del settore, elaborando documenti informativi fruibili che ne illustrino i vantaggi ed eventuali workshop diretti all'industria. Si potrebbero utilizzare i database delle aziende agroalimentari registrate EMAS, certificate ISO 14001 e ISO 9001 per informarle delle iniziative del GdL.

Nel medio/lungo termine si intenderebbe provare a coinvolgere i diversi stakeholder delle filiere alimentari, cercando, per quanto possibile, di far sedere allo stesso tavolo anche la grande distribuzione, la vendita al dettaglio e le associazioni dei consumatori sull'esempio della "Milk roadmap" del DEFRA (Foster et al., 2007).

Nel lungo termine occorrerà anche procedere alla definizione di strategie d'informazione trasparente al consumatore in modo tale da chiarire differenze con altri marchi ambientali dei prodotti alimentari.

Nel breve medio e lungo termine, molto importanti sono i rapporti che il GdL dovrà avere con altri organismi quali, in particolar modo, le Piattaforme Italiane ed Europee Tecnologiche "Food for Life", le ARPA e l'APAT, il MIPAAF, il CRA, il Ministero dell'Ambiente.

## **Conclusioni**

I risultati a breve termine raggiunti, mappatura degli studi di LCA alimentare e agroindustriale e individuazione delle problematiche metodologiche, costituiscono un punto di partenza sul quale basare gli obiettivi e le attività di medio-lungo termine descritti. Il lavoro finora svolto non pretende di essere esaustivo di tutti gli studi di LCA alimentare e agroindustriale presenti in Italia, ma vuole essere un "building block" da implementare nel tempo, qualora gli autori e i gruppi di ricerca, i cui lavori non sono stati presi in considerazione in questo contributo, prendano contatti con il GdL, in modo da poter coprire una parte sempre maggiore degli studi italiani di LCA dei settori alimentare e agroindustriale.

Sicuramente gli obiettivi di medio-lungo termine del GdL sono ambiziosi. L'adesione volontaria al GdL dei finora trentasei componenti e l'entusiasmo di ognuno nel cercare di raggiungere i risultati programmati si dovrà correlare con gli altri impegni istituzionali e non dei singoli componenti. È evidente che il perseguimento e il raggiungimento dei suddetti obiettivi potrebbe dipendere dalla eventuale disponibilità di risorse finanziarie ed umane da ottenere attraverso la partecipazione a progetti di ricerca e a bandi delle diverse istituzioni interessate.

## **Bibliografia**

AA.VV. 1996, 'Proceedings of the I International Conference on Application of Life Cycle Assessment in Agriculture, Food and Non-Food Agro-Industry and Forestry', Brussels, Belgium, 4-5 April 1996.

AA.VV. 1998, 'Proceedings of the II International Conference on Life Cycle Assessment in Agriculture, Agro-Industry and Forestry', Brussels, Belgium, 3-4 December 1998.

AA.VV. 2001, 'Proceedings of the III International Conference on LCA in Foods', Gothenburg, Sweden, 26-27 April, 2001.

AA.VV. 2003, 'Proceedings of the 4th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-food sector', Horsens, Denmark, 6-8 October 2003.

AA.VV. 2007, 'Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on LCA in Foods', Gothenburg, Sweden 25-27 April 2007,.

Andersson, K, Ohlsson, T & Olsson, P 1993, 'Life Cycle Assessment (LCA) of Food Products and Production Systems. Part II: LCA and Foods', Report to the Swedish Waste Research Council (AFR).

- Davis, JH, Ray, A & Goldberg, A 1957, 'Concept of Agribusiness', Harvard.
- EcoFlower 2005, Life Ambiente 04-ENV/IT/000480 ,[www.ecodap.it](http://www.ecodap.it).
- European Technology Platform Food for Life 2007, Strategic Research Agenda 2007-2020'.
- Foster, C, Green, K, Bleda, M, Dewick, P, Evans, B, Flynn, A & Mylan, J 2006 'Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A report to the Department for Environment', Food and Rural Affairs. Manchester Business School. Defra, London.
- Foster, C, Audsley, E, Williams, A, Webster S, Dewick P & Green, K 2007, 'The environmental, social and economic impacts associated with liquid milk consumption in the UK and its production: a review of literature and evidence', Defra Project Code EVO 2067
- IPTS-ESTO 2006, 'Environmental Impact of Products (EIPRO) Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25', European Commission Directorate-General Joint Research Centre, Technical Report EUR 22284 EN.
- Mazzaracchio, P & Raggi, A 1996, 'Contributo critico alla valutazione dei sistemi alimentari in funzione dei vincoli ambientali', Atti del XVII Congresso Nazionale di Scienze Merceologiche, vol 1, Lecce, 3-5 ottobre 1996, pp.799-806.
- Mattsson, B & Sonesson, U 2003, 'Environmentally friendly food processing'. Woodhead Publishing Limited and CRC.
- Rete Italiana LCA 2007, Newsletter, 1(1) [www.reteitalianalca.net](http://www.reteitalianalca.net).
- Wegener Sleeswijk, A, Kleijn, R, Meeusen, MJG, Leneman, H, Sengers, HHWJM, van Zeijts, H & Reus, JAWA 1996, 'Application of LCA to Agricultural Products', CML report 130.
- Weidema, BP & Meeusen, MJG 2000, 'Agricultural data for Life Cycle Assessment', Vol 1 & 2. Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague.

Il presente lavoro è il risultato del contributo di tutti i componenti il GdL, ai quali si rivolge un vivo ringraziamento:

Ardente Fulvio, Balducci Elena, Boccardelli Massimiliano, Bordin Alessandro, Borsari Andrea, Bruno Claudio, Canese Stefano, Cavallaro Fausto, Cellura Maurizio, Cevenini Stefano, Cirino Gianni, Cordella Mauro, Cotti Gino, Di Bari Cinzia, D'Incognito Vito, de Camillis Camillo, Gallo Michela, Gatto Fabio, Guido Massimo, La Regina Daniele, Mistretta Marina, Masotti Paola, Migliorini Massimo, Nicoletti Giuseppe M., Petti Luigia, Raggi Andrea, Razza Francesco, Roma Rocco, Russo Carlo, Russo Giovanni, Salomone Roberta, Scarascia Mugnozza Giacomo, Secci Margherita, Settanni Ettore, Tassielli Giuseppe.

Un particolare ringraziamento al facilitatore del GdL, il dott. Ettore Settanni, per il lavoro di classificazione e analisi delle schede.

# LCA in edilizia: orientamenti normativi e criticità applicative

di Monica Lavagna<sup>1</sup> e Umberto Desideri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politecnico di Milano, Dipartimento BEST, [monica.lavagna@polimi.it](mailto:monica.lavagna@polimi.it)

<sup>2</sup>Università di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale, [umberto.desideri@unipg.it](mailto:umberto.desideri@unipg.it)

con il contributo di: Livia Arcioni<sup>3</sup>, Antonio Basti<sup>4</sup>, Andrea Campioli<sup>5</sup>, Chiara Consalvi<sup>3</sup>, Daniela Leonardi<sup>3</sup>, Gianfranco Rizzo<sup>6</sup>, Marzia Traverso<sup>7</sup>

<sup>3</sup>Università di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale <sup>4</sup>Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara, DiTAC - Dipartimento di Tecnologie per l'Ambiente Costruito, <sup>5</sup>Politecnico di Milano, Dipartimento BEST - Building Environment Science & Technology, <sup>6</sup>Università di Palermo, DREAM - Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientale, <sup>7</sup>ORSA, Palermo

## Sommario

*Il presente testo cerca di ricostruire lo stato dell'arte dell'applicazione del Life Cycle Assessment nel settore delle costruzioni; innanzitutto, illustrando gli orientamenti normativi e le politiche ambientali a sostegno dell'introduzione dell'approccio al ciclo di vita come strumento per la valutazione della sostenibilità in edilizia. Quindi, evidenziando le caratteristiche e criticità di applicazione del metodo in edilizia. Infine, riportando alcune riflessioni critiche su norme specifiche e sulla loro applicabilità.*

## Orientamenti normativi internazionali e nazionali

*di Monica Lavagna*

Il metodo LCA nasce in ambito industriale e solo recentemente è stato "trasferito" e applicato al settore delle costruzioni. Con non pochi ostacoli e difficoltà, legate alla peculiarità del settore. Molte sono oggi le sollecitazioni normative che indirizzano verso un approccio al ciclo di vita (Life Cycle Thinking), e forse saranno proprio le sollecitazioni normative a permettere l'affermazione di questo metodo di valutazione e di questo approccio al progetto, rispetto a una adesione spontanea da parte degli operatori del settore. Il quadro di riferimento dei percorsi normativi, delle politiche di incentivo e dell'evoluzione degli strumenti segue sostanzialmente due percorsi autonomi, che oggi stanno difficoltosamente ricongiungendosi in alcuni, anche se ancora pochi, contesti: la valutazione ambientale dell'edificio e la valutazione ambientale dei prodotti edilizi.

### La valutazione ambientale degli edifici

Il settore edilizio ha da tempo manifestato l'esigenza di orientarsi verso la sostenibilità e di avere a disposizione strumenti di supporto alla progettazione ambientale e di valutazione dell'edificio progettato. La risposta a queste esigenze è stata soddisfatta, in questi anni, tramite percorsi diversi dal LCT e più vicini a una impostazione "progettante". Si sono andati definendo, in maniera prima spontanea, poi sempre più formalizzata, requisiti e criteri progettuali orientati alla sostenibilità (risparmio energetico, risparmio e recupero dell'acqua, riciclaggio dei materiali), che hanno poi portato alla costruzione di veri e propri framework di criteri progettuali.

A partire da questi "elenchi" di requisiti sono quindi nati strumenti di valutazione multicriteri, definiti "sistemi a punteggio" (BREEAM, LEED, HQE, GBTool, Protocollo di Itaca ecc.), che associano a tali criteri un punteggio di merito, in base al grado di soddisfazione del requisito verificato tramite indicatori. Gli strumenti di valutazione a punteggio hanno costituito una risposta "semplice", accessibile e facilmente diffondibile, adatta alle esigenze del mercato e degli operatori di settore.

A livello internazionale l'elaborazione dei sistemi a punteggio è nata per sollecitazione dei costruttori, che hanno manifestato l'esigenza di "certificare" la realizzazione di edifici ad alte prestazioni energetiche e a basso impatto ambientale, sulla base di riferimenti consolidati e con l'avallo di strutture di riferimento affidabili: il BREEAM e il LEED, che sono gli unici veri e propri sistemi di certificazione ambientale degli edifici, hanno riscontrato un notevole successo proprio dal mercato. Anche gli utenti finali, e soprattutto i grandi investitori immobiliari, hanno manifestato l'esigenza di strumenti di garanzia della qualità degli edifici acquistati.

In Italia, le Pubbliche Amministrazioni italiane hanno da tempo manifestato l'esigenza (per aderire ai processi di Agenda 21) di inserire nei regolamenti edilizi criteri di sostenibilità per gli interventi sul territorio, di definire criteri di sostenibilità per l'assegnazione di "premi" di volumetria o incentivi alle costruzioni sostenibili e di avere strumenti di valutazione per la verifica del soddisfacimento di tali criteri e la stesura di graduatorie di merito. Proprio l'Associazione delle Regioni italiane, riunite nell'ambito di ITACA (Istituto per la Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale), ha elaborato, a partire dal GBTool, il Protocollo di Itaca: i sistemi a punteggio sono stati considerati uno strumento accessibile e utilizzabile negli uffici tecnici comunali, senza la necessità di competenze specialistiche.

I sistemi a punteggio hanno però diverse criticità. Innanzitutto hanno un approccio apparentemente prestazionale, ma articolato in talmente tanti indicatori che finisce per essere prescrittivo: per esempio, si definiscono soglie di trasmittanza termica da rispettare, quando lo scopo prestazionale effettivo è il risparmio di energia, e quindi basterebbe la verifica di questo indicatore. Inoltre, l'impostazione è volta a "ottimizzare" singoli elementi del progetto senza un approccio sistemico e una verifica complessiva dei risultati: viene dato per scontato che la somma di prestazioni corrisponda alla prestazione finale complessiva dell'edificio, ma questo non sempre accade, anche perché spesso la soluzione progettuale ottimale per soddisfare un certo requisito va a detrimento di altri requisiti (il progetto è sempre un compromesso di esigenze spesso conflittuali). Infine, manca totalmente un approccio al ciclo di vita, soprattutto nei criteri legati alla scelta di materiali e componenti edilizi: anche gli indicatori legati alla verifica dei consumi di energia computano separatamente l'energia incorporata nei materiali e l'energia in uso, senza un bilancio unitario dell'intero ciclo di vita.

La necessità di integrare l'approccio al ciclo di vita in tali strumenti è stato affermato all'interno della norma ISO/TS 21931-1:2006 Sustainability in building construction – Framework for methods for assessment of environmental performance of construction works, e all'interno di diverse normative, tra cui, peraltro anche la Direttiva EPBD Energy Performance of Buildings, che ha portato alla direttiva EuP 2005/32/CE, sull'Ecodesign dei prodotti che consumano energia.

Il gruppo CEN TC/350 *Sustainability of construction works. Framework for assessment of buildings* è stato incaricato di armonizzare i diversi strumenti di valutazione ambientale degli edifici, in modo da definire regole comuni sovranazionali nel caso di comparazioni tra stati differenti, e di introdurre l'approccio al ciclo di vita, integrando nella valutazione ambientale dell'edificio la certificazione ambientale di prodotto EPD.

L'obiettivo è di definire uno strumento di valutazione della sostenibilità ambientale che integri istanze ambientali, sociali (di salute e benessere) ed economiche (Life Cycle Cost). I metodi di valutazione e le norme che confluiranno in questo strumento sono: il Life Cycle Assessment (ISO 14040), i metodi di valutazione delle prestazioni energetiche (CEN/TC89, TC156, TC169, TC228, TC247), il metodo di stima della vita utile degli edifici (Service Life Estimation of Buildings, ISO TC/59/SC14), le dichiarazioni di vita utile dei prodotti (Service Life Declarations, ISO TC59/SC14) e le norme relative al rilascio di sostanze pericolose (TC351).

Il Ministero dello Sviluppo Economico, che si sta occupando di definire le linee guida per la certificazione energetica degli edifici, si è reso conto della necessità espressa dal mercato di avere a disposizione, oltre alla certificazione energetica, anche una certificazione ambientale degli edifici, volta a premiare la qualità di edifici a elevate prestazioni e ha avviato una richiesta alla Comunità Europea per avviare le procedure di definizione di un marchio di qualità ecologica (Ecolabel) degli edifici. La richiesta è stata accolta e la Comunità Europea ha dato mandato all'Italia di definire i criteri. Esistono già esperienze all'estero di Ecolabel nazionali degli edifici: in particolare, la Danimarca ha realizzato un Ecolabel per le *small house*. La certificazione è stata utilizzata come forma di incentivo da parte degli enti pubblici: per esempio, la costruibilità di un terreno veniva concessa solo in relazione al rispetto dei criteri e all'accesso alla certificazione.

La perplessità che emerge è la conflittualità che esiste tra l'impostazione dell'Ecolabel, che è una derivazione dei sistemi multicriterio con la fissazione di soglie prestazionali sui singoli indicatori, e l'impostazione valutativa proposta dal CEN, basata sul ciclo di vita, indicatori sintetici e l'attivazione delle etichettature EPD di prodotto.

### **La valutazione ambientale dei prodotti edilizi**

Come per l'edificio, così anche per i prodotti edilizi si è manifestata l'esigenza di definire come valutare l'ecocompatibilità, in maniera scientifica, condivisa e affidabile. A livello internazionale esistono diversi tipi di etichettatura, in particolare l'Ecolabel e le EPD. Nel settore edilizio si è optato per questo secondo tipo di etichettatura, in grado di veicolare una informazione tecnica utile agli operatori, e in particolare ai progettisti. In edilizia, infatti, non è possibile definire l'ecologicità dei prodotti in maniera slegata dall'edificio; piuttosto sono necessarie informazioni tecniche sul profilo ambientale per operare scelte consapevoli.

Nel settore delle costruzioni è stata dunque elaborata una norma specifica sulle EPD dei prodotti edilizi: la ISO 21930:2007, Sustainability in building constructions – Environmental declaration of building products.

Parallelamente sono state sviluppate norme relative alle certificazioni delle prestazioni dei prodotti: in particolare, la direttiva 89/106/CE, che introduce la marcatura CE, prevede la assunzione di responsabilità da parte del produttore rispetto a sei requisiti essenziali (resistenza meccanica e stabilità; sicurezza in caso d'incendio; igiene, salute e ambiente; sicurezza d'impiego; protezione contro il rumore; risparmio energetico).

La scala del prodotto è oggetto di attenzione anche da parte della Politica Integrata di Prodotto, che spinge alla responsabilizzazione di tutti gli attori e sollecita il Green Public Procurement.

Le Regioni italiane hanno manifestato l'esigenza di avere un prezzario relativo a "prodotti edilizi ecologici" di riferimento per il Green Public Procurement. Questo ha portato in prima battuta a cercare di integrare il Protocollo di Itaca con un elenco di "materiali ecologici" di riferimento. In seguito, proprio per la criticità di definizione di soglie di ecologicità dei materiali (pericolose perché comportano una discrimi-

nazione tra ambiti materici, spesso operata in base alla "presunta" naturalità dei materiali), anche ITACA si è orientata verso l'uso del Life Cycle Assessment, tramite l'emissione di un bando per la realizzazione di una "banca dati dei materiali di riferimento per costruzioni ad elevata prestazione ambientale".

Attualmente la strategia europea Sustainable Production and Consumption ha rinnovato la sollecitazione a definire l'ecologicità dei prodotti, soprattutto per incoraggiare gli acquisti verdi. Sotto questa sollecitazione, il Ministero dell'Ambiente italiano ha attivato un gruppo di lavoro ministeriale per la definizione di "Criteri ambientali minimi" relativi ai prodotti edilizi, per il Green Public Procurement.

Ancora una volta è importante sollecitare a non affrontare il tema dell'ecologicità dei materiali edilizi "a parte", ma all'interno di una valutazione d'insieme dell'edificio.

### **Indicatori sintetici *versus* metodologie multicriterio**

Dal quadro illustrato finora emerge la necessità di orientare la valutazione ambientale degli edifici verso un approccio al ciclo di vita e di integrare la valutazione ambientale dei prodotti edilizi "dentro" tale valutazione sistemica.

Le possibili conseguenze normative sono molteplici. Da un approccio prescrittivo, articolato come elenco di requisiti da soddisfare, si passerebbe a un approccio prestazionale, basato sull'effettivo carico ambientale dell'edificio nel suo insieme. Come la certificazione energetica degli edifici, a livello internazionale, chiede di esprimere l'indicatore sintetico del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m<sup>2</sup>a, così si auspica che la certificazione ambientale di un edificio sia espressa per indicatori sintetici, legati a un bilancio del ciclo di vita: energia primaria (kWh/m<sup>2</sup>a), effetto serra (kg di CO<sub>2</sub> eq.), acidificazione (g di SO<sub>2</sub> eq.), eutrofizzazione (g di PO<sub>4</sub> eq.), formazione di ossidanti fotochimici (g di C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq.); indipendentemente dalle scelte di progetto. Con la possibilità di integrare verifiche sul comfort e salubrità. Questa è la strada scelta per esempio dalla Germania e che ha già portato a una diffusione delle EPD.

Le difficoltà da superare per arrivare a questo traguardo sono tante: la preparazione degli operatori, la diffusione e disponibilità di informazioni ambientali, la definizione degli scenari di durata dei materiali, di manutenzione dell'edificio e di dismissione e riciclaggio dell'edificio e dei suoi componenti, l'integrazione di indicatori relativi alla sostenibilità economica (LCC) e sociale ecc. Però è importante definire il traguardo e il percorso, al fine di orientare gli studi, la ricerca e le normative verso l'uso e l'applicazione di strumenti adeguati per la definizione di edifici "sostenibili".

### **LCA in edilizia**

*di Umberto Desideri, Daniela Leonardi, Livia Arcioni, Chiara Consalvi*

Per effettuare l'analisi dell'impatto ambientale associato al ciclo di vita di un prodotto è necessario l'utilizzo di strumenti software: attualmente sono disponibili sul mercato mondiale numerosissimi software di supporto per la LCA. Nonostante ognuno di essi abbia delle proprie caratteristiche, quasi tutti sono basati sulla stessa metodologia ed hanno, quindi, molte caratteristiche comuni.

Non tutti, ovviamente, sono adatti a realizzare uno studio di LCA nel settore edilizio; i principali software utilizzabili per tale settore sono:

- Athena Impact Estimator for Buildings, Canada: in Nord America, è il solo strumento software di LCA che valuta l'intero edificio.

Usando l'Estimator, architetti ed ingegneri possono facilmente valutare e confrontare le implicazioni ambientali degli edifici industriali, istituzionali, commerciali e residenziali sia di nuova realizzazione sia esistenti.

L'Estimator prende in considerazione gli impatti ambientali di: produzione e trasporto di materiali, costruzione in-situ, variazione regionale nell'uso di energia e nei trasporti, tipo di edificio, effetti della conservazione e del restauro, demolizione.

- BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability), Stati Uniti: è uno strumento pratico, flessibile e trasparente, rivolto ai progettisti, ai costruttori e agli industriali, e include dati di funzionamento ambientali ed economici per 230 prodotti edilizi. In tale software sono analizzate tutte le fasi della vita di un prodotto: acquisizione di materie prime, produzione, trasporto, installazione, uso e riciclo.

- Eco-Quantum, Olanda: è uno strumento che quantifica l'impatto ambientale a livello di interi edifici.

Gli utenti di Eco-Quantum sono gli architetti e le pubbliche amministrazioni. Gli architetti usano tale software come strumento di eco-progettazione. Invece le pubbliche amministrazioni, soprattutto comuni e province, hanno con Eco-Quantum uno strumento per chiedere e verificare una certa prestazione minima riguardo l'impatto ambientale di un edificio. I dati tipici da inserire nel programma sono la dimensione dell'edificio, la durata della vita dell'edificio, l'uso dei materiali, l'uso di acqua e l'uso di energia. Il database contiene più di 100 componenti edili con cui è possibile scegliere tra più di mille alternative. L'aspetto nuovo di Eco-Quantum è che, in questa versione, i calcoli ambientali ed i calcoli energetici sono integrati. Quindi, per esempio, se si sceglie un materiale che aumenta l'uso di energia per il riscaldamento in casa, automaticamente viene rifatto il calcolo energetico ed anche il calcolo ambientale.

- Invest 2, Regno Unito: semplifica il processo di progettazione di edifici a basso impatto ambientale e bassi costi. I progettisti immettono i dati relativi al disegno del loro edificio e i materiali scelti: Invest 2 identifica gli elementi con più influenza sull'impatto ambientale dell'edificio e i costi della sua intera vita e mostra gli effetti della scelta di materiali diversi.

- LEGEP, Germania: è uno strumento di supporto nella progettazione, costruzione e valutazione di edifici nuovi o esistenti. Il database contiene la descrizione di tutti gli elementi di un edificio ed i costi del loro ciclo di vita; LEGEP stabilisce i bisogni energetici per riscaldamento, acqua calda, elettricità ed i loro costi. LEGEP è formato da quattro strumenti software, ognuno con il proprio database organizzato gerarchicamente: inizia con dati di LCI, di materiali da costruzione, descrizione del processo lavorativo, elementi semplici, elementi composti e termina con macro-elementi come oggetti edilizi.

Tali software prendono in considerazione l'intero ciclo di vita di un edificio, in quanto ogni azione associata ad una fase può avere riflessi su fasi precedenti o successive: viene, pertanto, considerata l'estrazione delle materie prime, la produzione ed il trasporto dei materiali, la costruzione in-situ, l'occupazione, la demolizione ed il successivo riuso, riciclaggio e smaltimento dei materiali.

All'interno dei software sono contenuti o possono essere importati i database, i cui dati sono utilizzati per eseguire l'analisi dell'inventario (LCI). A livello mondiale sono disponibili numerosi database: negli ultimi anni, infatti, sta crescendo l'attenzione nei confronti della realizzazione di strumenti software e database a supporto della LCA.

L'Italia risulta essere ancora indietro rispetto ad altri Paesi: l'unica banca dati italiana attualmente disponibile è la DIM, contenuta all'interno del software eVerDEE prodotto dall'ENEA ed accessibile alle PMI. I dati contenuti all'interno della DIM risultano, però, insufficienti per realizzare uno studio di LCA nel settore edilizio. Si dovrà aspettare circa un anno per avere a disposizione dati relativi all'edilizia italiana: la Regione Marche ed ITACA (Istituto per la Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale) stanno, infatti, collaborando con l'ITC-CNR (Istituto per le tecnologie delle costruzioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche) per la realizzazione della prima banca dati in Italia dei materiali di riferimento per costruzioni ad elevata prestazione ambientale. È un segnale positivo che mostra la volontà di promuovere la sostenibilità ambientale in edilizia.

Lo sviluppo sostenibile è sicuramente una delle maggiori sfide di questo secolo: l'obiettivo prioritario di una nuova progettazione sostenibile dovrebbe essere quello di selezionare opportunamente materiali e componenti dell'edificio allo scopo di ridurre, in prima istanza, soprattutto i suoi consumi energetici più rilevanti imputabili alla fase di esercizio.

La progettazione per la sostenibilità deve fondare le proprie proposte sulla valutazione comparata delle implicazioni ambientali delle diverse soluzioni tecnicamente, economicamente e socialmente accettabili, e deve concretizzarsi nella realizzazione di materiali, prodotti, componenti e servizi progettati tenendo conto del loro intero ciclo di vita. Conoscere l'impatto ambientale del ciclo di vita dei materiali è quindi fondamentale per scegliere in modo corretto: la base di qualsiasi scelta è un confronto tra diverse opzioni che consentono di svolgere la stessa funzione.

Un ruolo importante nella progettazione sostenibile è giocato dagli isolanti termici, i quali consentono di ridurre il consumo di energia per il riscaldamento degli edifici, e quindi di risparmiare preziosissime materie prime, ed evitare l'emissione di sostanze nocive o dannose per il clima, come il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

Particolare attenzione va posta alla scelta dell'isolante da inserire nelle componenti opache di un edificio: occorre, innanzitutto, valutare il diverso impatto ambientale generato dall'uso di differenti materiali, andando quindi a selezionare quelli che generano un minor impatto; va poi anche valutata la durabilità dei vari isolanti, in quanto le loro prestazioni devono rimanere invariate per un tempo almeno pari alla vita dell'edificio.

Va, perciò, fatta una attenta scelta tra i diversi isolanti disponibili: negli ultimi anni sta crescendo l'uso degli isolanti naturali, quali i pannelli in fibra di legno di abete mineralizzata legata con cemento Portland (Celenit), i quali generano bassi impatti ambientali e sono caratterizzati da una durabilità illimitata nel tempo. Tali caratteristiche li rendono preferibili agli isolanti tradizionali, che contengono sostanze nocive per la salute umana.

Relativamente alle differenti tipologie dei materiali, risulta di non secondaria importanza la valutazione delle risorse utilizzate per il trasporto sul luogo di utilizzo dei materiali stessi, in quanto l'uso di prodotti naturali può comportare la necessità di lunghissimi trasporti, a volte molto più impattanti dell'utilizzo diretto di materiali di sintesi (es. fibre di cocco).

## La valutazione LCA di materiali ed elementi costruttivi

di Antonio Basti

Il tema della valutazione delle prestazioni ambientali di materiali ed elementi costruttivi, condotta attraverso l'uso di metodologie e strumenti basati sull'analisi del ciclo di vita (LCA, Life Cycle Assessment-ISO 14040, 1997), assume particolare rilevanza se collocato all'interno degli obiettivi di sostenibilità del settore delle costruzioni (ISO/TS 21931-1, 2006).

Con riferimento alle differenti fasi del processo edilizio emerge inoltre come le modalità di scelta dei materiali e di configurazione degli elementi tecnici (tecniche costruttive) tendano ad influenzare le prestazioni ambientali dell'edificio nel corso della sua vita utile (Cangelli, Paoletta, 2001; Fernandez, 2006).

I soli consumi energetici connessi all'estrazione, produzione, trasporto, movimentazione ed assemblaggio dei materiali e prodotti edilizi (initial embodied energy) manifestano un'incidenza stimabile fra il 10 ed il 15%. Per l'Italia tale valore si attesta intorno al 13,58% del totale di settore (ENEA, 2004). A questi si aggiungono i consumi energetici legati alle attività di manutenzione, smontaggio/sostituzione (recurring embodied energy) e dismissione (disposal embodied energy) che si attestano intorno al 3-8%. L'incidenza complessiva dell'energia inglobata nell'edificio sul ciclo di vita (life cycle embodied energy) si oscilla pertanto fra il 13 ed il 23%. Volendo estendere l'indagine agli impatti ambientali correlati (consumo di risorse, emissioni e relativi danni causati alla salute umana ed all'ecosistema), emerge come tale incidenza si attesti, in funzione dei differenti contesti territoriali, mix energetici e tecnologie impiegate, fra il 24 ed il 28% degli impatti complessivi generati dall'edificio (ANNEX 31a, 2004; ANNEX 31b, 2004).

Studi scientifici sull'argomento evidenziano la possibilità di ridurre gli impatti correlati agli usi energetici in fase di esercizio (pari a circa l'85% del totale) agendo sulla scelta delle tecnologie edilizie ed impiantistiche. L'uso di materiali con ridotta energia inglobata, di soluzioni costruttive per il risparmio (isolamento termico, schermature solari), l'accumulo (sistemi solari passivi e attivi) e l'efficienza energetica (impianti ed apparecchiature), consentirebbe una riduzione degli impatti compresa fra il 25 ed il 50% (Neri, 2008). Evidenziano altresì alcuni ambiti d'incertezza, e di potenziale intervento, legati alla durata degli elementi tecnici ed alla gestione del loro fine vita. Un maggiore controllo di detti fattori attraverso criteri di life cycle service (ISO 15686-2, 2001) e di eco-design (ISO/TR 14062, 2002), con particolare riferimento al *design for disassembly and recycling*, porterebbe ad un miglioramento delle prestazioni ambientali di circa il 20%.

Dalle precedenti riflessioni emerge l'utilità di sviluppare nuovi strumenti di conoscenza, capaci di rendere facilmente accessibili gli esiti ambientali delle differenti scelte costruttive già in fase di progettazione. Ciò consentirebbe di adottare modalità realizzative più sostenibili, con particolare riferimento al corretto uso delle materie prime (conservazione delle risorse naturali, Comunicazione CE 670/2005), al prolungamento della vita utile di materiali ed elementi costruttivi, alla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (Berge, 2000).

Attualmente i dispositivi normativi e regolamentari volti alla certificazione e/o qualificazione ambientale degli edifici, consentono di rispondere solo in parte a tali obiettivi.

Ad esempio le recenti regole di EPD (Environment Product Declaration) dei materiali e prodotti edilizi (ISO/DIS 21930, 2005), emanate sulla base delle procedure di etichettatura ambientale di tipo III (ISO/CD2 14025, 2004), permettono di quantificare gli impatti legati alle fasi di approvvigionamento e produzione (from cradle to gate), ma forniscono informazioni generiche riguardo alle altre fasi del ciclo di vita.

Gli stessi protocolli internazionali e nazionali (come il BREEAM inglese, l'HQE francese, il LEED statunitense, il DCBA olandese, il GBtool canadese ed il protocollo ITACA italiano) ed i regolamenti edilizi locali tendono ad individuare criteri di progettazione ed indicatori di prestazione (a punteggio) prevalentemente orientati alla quantificazione del consumo di risorse (es: percentuale di energia rinnovabile utilizzata sul totale; materiali rinnovabili e riciclabili utilizzati sul totale) piuttosto che alla valutazione dei carichi ambientali specifici. Solo alcuni adottano un approccio orientato all'intero ciclo di vita. Alcuni altri fanno riferimento alle EPD sopra menzionate (ANNEX 31c, 2004).

Anche le Banche Dati Ambientali (I-LCA, Ecoinvent, BUWAL250, Idemat, ETH-ESU ecc.) utilizzate dai cosiddetti Detailed LCA modelling tools, forniscono dati informativi correlati ai singoli materiali (Building Materials) ed ai loro processi trasformativi (Processes). Questo consente una maggiore flessibilità nella elaborazione delle analisi d'inventario (LCI, Life Cycle Inventory-ISO 14041, 1998) ma rende necessaria la costruzione continua di *processi dedicati* per ogni elemento e soluzione costruttiva indagata. Pur volendo riferirsi a strumenti di progettazione specifici, come gli LCA design tools (EcoQuantum<sup>4</sup>, LCAid e LISA), basati su dati d'inventario articolati per sub-sistemi ed elementi edilizi, permane la difficoltà di doversi riferire ad informazioni elaborate per contesti esteri. Ne emerge la difficoltà a contestualizzare i risultati ambientali rispetto alla realtà italiana.

Alcune recenti iniziative sembrano però manifestare la volontà di sviluppare sperimentazioni applicative e strumenti operativi maggiormente adeguati alla realtà italiana. Ne sono un esempio il "Sistema di valutazione della eco-compatibilità delle opere temporanee" sviluppato in occasione dei XX Giochi Olimpici Invernali di Torino 2006<sup>5</sup> (Baldo, 2005), il bando per la realizzazione di una "banca dati dei materiali di riferimento per costruzioni ad elevata prestazione ambientale" promosso dalla regione Marche e da ITACA (Istituto per la Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale), gli esiti di ricerca sull'applicazione dell'LCA alla progettazione bio-ecologica degli edifici<sup>6</sup> presentati in occasione dell'ultimo SAIE di Bologna, l'integrazione di una sezione sulle opere di bioedilizia e ingegneria naturalistica e sui materiali e lavorazioni tipiche del territorio all'interno dell'edizione

---

4 EcoQuantum ad esempio si basa su di un database che raccoglie gli esiti ambientali di circa 100 materiali e prodotti da costruzione, analizzati e certificati secondo la procedura MRPI (dichiarazione ambientale del prodotto sviluppata secondo uno studio di life-cycle assessment).

5 Il sistema adotta un metodo di valutazione delle prestazioni dei materiali impiegabili basato sulla loro adeguatezza funzionale ed economica (resistenza agli agenti atmosferici, conducibilità e diffusività termica, costo) e sul loro impatto ambientale determinato secondo la metodologia LCA, con riferimento agli indicatori relativi al consumo di risorse energetiche per la produzione, all'energia feedstock (recuperabile in sede di dismissione), all'effetto serra potenziale (GWP 100), all'acidificazione potenziale (AP), alla formazione di ossidanti fotochimici (POCP), all'indice di riciclabilità e tossicità.

6 Il lavoro raccoglie oltre 30 esperienze applicative di LCA alla progettazione degli edifici, sviluppate da ricercatori afferenti a sei dipartimenti delle Facoltà italiane di Architettura e Ingegneria, all'ENEA e al CNR. Contiene inoltre una proposta di linee guida e procedure di analisi e valutazione espressamente dedicate alla realtà italiana, oltre alla BANCA DATI relativa alle analisi d'inventario (LCI) espressamente sviluppate per gli studi effettuati, alcune delle quali riferite a materiali e prodotti di aziende nazionali.

2007 del prezzario regionale del Piemonte, in collaborazione con Environment Park, Parco tecnologico regionale.

Una particolare notazione va alla necessità di armonizzazione delle metodologie e procedure di valutazione e certificazione ambientale basate sull'LCA, con altri dispositivi normativi orientati:

- alla certificazione di qualità dei prodotti da costruzione (marcatatura CE, DPR 499/97 di attuazione della direttiva CEE 89/106/1988) con particolare riguardo ai punti 3 (Igiene, salute ed ambiente<sup>7</sup>), 5 (Protezione contro il rumore) e 6 (Risparmio energetico e isolamento termico);
- alla salubrità degli ambienti abitativi (Sick Building Syndrome) anche in considerazione della recente emanazione del regolamento REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances, Regolamento CE 1907/2006);
- alla recente proposta di riclassificazione del sistema edilizio, e tecnologico in particolare (progetto di norma UNI-Edilizia U86000091 e U86000092/2005) orientata alla "Codificazione dei prodotti e processi costruttivi in edilizia", ed alla loro armonizzazione con le rispettive voci di prezzo e di capitolato per le opere compiute, contenuti negli attuali prezzari regionali.

Quest'ultima consentirebbe peraltro di rendere più agevole ed immediata la successiva applicazione di metodologie ed analisi di LCC (Life Cycle Costing) al settore delle costruzioni.

## **Ciclo di vita, prestazioni e durata**

*di Andrea Campioli*

Uno degli aspetti più critici dell'applicazione del *Life Cycle Assessment* in edilizia è la definizione dell'unità funzionale, sia alla scala del componente, sia alla scala della soluzione tecnica, sia alla scala dell'edificio.

Se si sta valutando un componente, la definizione dell'unità funzionale è particolarmente critica, perchè si tende ad assumere le prestazioni "fornite" dal componente, privilegiando quella caratterizzante, senza conoscere le prestazioni che si attendono da quel componente all'interno dell'edificio. Inoltre in genere si tende a impostare valutazioni LCA di prodotto comparative assumendo una sola prestazione di riferimento, mentre tutti i prodotti edilizi assolvono in opera a più prestazioni. Se si prendono in considerazione i requisiti essenziali definiti dalla direttiva 89/106/CE sui prodotti da costruzione, essi sono molto articolati e difficili da considerare contemporaneamente nell'impostazione di una valutazione LCA comparativa. Dunque la valutazione comparativa tra materiali e prodotti è sempre parziale e poco adeguata alla definizione della "sostenibilità" di un prodotto.

Se si sta valutando una soluzione tecnica, nuovamente si pone il problema della definizione delle prestazioni attese da quella soluzione all'interno dell'edificio e in sinergia con gli altri subsistemi: le prestazioni attese per esempio da una chiusura verticale cambiano in relazione alla località climatica, alle specificità del sito, all'orientamento, alle modalità d'uso, al sistema di impianti adottato ecc.

---

7 "Per soddisfare questa esigenza l'opera deve essere concepita e costruita in modo da non costituire una minaccia per l'igiene o la salute degli occupanti o dei vicini, causata, in particolare, dalla formazione di gas nocivi, dalla presenza nell'aria di particelle o di gas pericolosi, dall'emissione di radiazioni pericolose, [...] dalla formazione di umidità in parti o sulle superfici interne dell'opera."

Di conseguenza operare comparazioni volte a identificare una soluzione tecnica "sostenibile" sono alquanto rischiose e tendenziose.

Se si sta valutando un edificio, al fine di individuare la soluzione tecnica e i materiali più adeguati oppure di "ottimizzare" la quantità di materiali impiegati in relazione alle prestazioni svolte in fase d'uso, risulta critica la definizione dell'unità funzionale, volendo definire per esempio le prestazioni attese dall'edificio nel suo insieme, e soprattutto le durate, sia dei componenti che dell'edificio. Infatti, la scelta della soluzione tecnica più eco-efficiente dipende dalla durata dell'edificio come insieme (per esempio dalla permanenza o temporaneità dell'edificio) e dipende dalla durata dei componenti (manutenzioni e sostituzioni incrementano il carico ambientale complessivo). La definizione della durata è centrale in una valutazione che ha come obiettivo la valutazione del ciclo di vita, e però è quanto mai problematica nel settore edilizio, poiché gli edifici sono "oggetti" che durano a lungo nel tempo, composti da elementi con durate differenti e soggetti a modificazioni in relazione alle modalità d'uso nel tempo.

L'impegno verso la definizione di modalità di applicazione della valutazione LCA in edilizia efficaci per cogliere le peculiarità tipiche del settore è notevole, per la necessità di comporre diversi aspetti e tenere in considerazione vari versanti. Per esempio conciliare gli aspetti energetici (Lavagna, 2005), manutentivi (Campioli et alii, 2007), gli usi temporanei (Campioli, Lavagna, 2007; Lavagna, 2007).

Si tratta di un impegno necessario per uscire dalle "rigidità" del metodo derivanti da un approccio tipico dell'ingegnerizzazione dei processi e per far emergere "nuove" modalità di applicazione e obiettivi di valutazione utili al settore edilizio.

## **Applicabilità del marchio Ecolabel al marmo**

*di Gianfranco Rizzo e Marzia Traverso*

L'attribuzione di un marchio di qualità ecologica al marmo impiegato nell'edilizia rappresenta un forte elemento di comunicazione delle prestazioni ambientali di questo importante materiale. A tal riguardo, è stata esaminata, mediante un'analisi di campo nel bacino estrattivo di Custonaci (TP), l'applicabilità della "Decisione" del 25 marzo 2002 della Commissione Europea al marmo.

Vista la estensiva applicazione del marmo come copertura dura per pavimenti, appare interessante valutarne la compatibilità ecologica. A tal fine si può applicare la Decisione della Commissione Europea del 25 marzo 2002 (Commissione Europea, 2002). Va detto che la validità di questa normativa (inizialmente stabilita dal 1° aprile 2002 fino al 31 marzo 2006) è stata prorogata, poiché non sono ancora stati fissati i nuovi criteri previsti.

Nella presente applicazione la direttiva è stata utilizzata per la valutazione degli impatti ambientali di un impianto di produzione di lastre di marmo e marmette, rappresentativo del ciclo di lavorazione svolto nelle cave del bacino di Custonaci.

L'applicazione ha permesso di evidenziare punti di forza e di debolezza della normativa nonché della procedura di analisi degli impatti ambientali in essa contenuta. I prodotti ai quali la Direttiva 272/2002 si riferisce possono essere suddivisi in due sottogruppi principali: i "prodotti naturali" ed i "prodotti lavorati". Per pietre naturali (CEN TC 246) si intendono i materiali rocciosi presenti in natura, tra cui il marmo, il granito e le altre pietre reperibili in natura. Il sottogruppo delle pietre lavorate può essere a sua volta suddiviso in prodotti induriti e prodotti cotti. I primi sono agglomerati lapidei, masselli e terrazzi; i secondi sono le piastrelle in ceramica ed i laterizi.

La Decisione della Commissione delle Comunità Europee del 25 marzo 2002 che, come è noto, stabilisce i criteri ecologici per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica alle coperture dure per pavimenti, indica nove criteri che si riferiscono ad altrettanti ambiti della filiera produttiva delle pietre dure: 1. estrazione delle materie prime; 2. scelta delle materie prime; 3. operazioni di finitura; 4. processo di produzione; 5. gestione dei rifiuti; 6. fase di utilizzo; 7. idoneità all'utilizzo; 8. informazioni per i consumatori; 9. informazioni riportate sul marchio di qualità ecologica. Si noti che il criterio 4 si applica esclusivamente ai prodotti lavorati.

Con riferimento al marmo ed al bacino estrattivo di Custonaci [Maniscalco, 2006] vengono qui evidenziati gli indicatori applicabili per intero (😊), quelli che necessitano di ulteriori approfondimenti (😐), quelli di difficile applicabilità (😞).

L'applicazione sistematica dei criteri della direttiva ha permesso di evidenziare alcune rilevanti criticità nell'utilizzo dei primi cinque criteri. Del resto, gli ultimi quattro criteri non sono stati oggetto di interesse in questa fase dello studio.

Con riferimento al primo criterio, "estrazione delle materie prime", che rappresenta un importante aspetto del ciclo produttivo del marmo, va sottolineato che esso si avvale dell'utilizzo di 14 indicatori. Tre di essi, quelli denominati con le sigle I4, I5 ed I6, non consentono una verifica completa dei possibili impatti generati nella fase di estrazione del marmo di Custonaci. In tabella 1 si riportano i commenti relativi all'applicazione di questi indicatori.

Relativamente ai successivi criteri (dal 2° al 5°) (tabella 2), si sottolinea una completa applicabilità e completezza del 2° e 5° criterio, mentre le maggiori criticità si riscontrano nell'applicazione del 4° criterio, "processo di produzione". Per questo criterio, infatti, la normativa non prevede che nel caso dei materiali naturali, quali il marmo, si effettui un'analisi dettagliata del ciclo di produzione; ciò introduce purtroppo un notevole grado di indeterminatezza sui consumi di materiali e di energia e, conseguentemente, sugli impatti ambientali generati dal ciclo di produzione del suddetto materiale. A tal proposito, infatti, va osservato che un precedente studio sul campo ha permesso di valutare che il ciclo di vita (estrazione, taglio e lucidatura) di una lastra o di una marmetta di marmo nel bacino di Custonaci richiede un consumo energetico ed un impatto ambientale assolutamente non trascurabili [La Gennusa *et al.*, 2006].

Criteri d'estrazione		
Indicatore	Giudizio di applicabilità	Commento
I4: Valorizzazione delle risorse naturali	😐	Qui si riferisce al materiale effettivamente utilizzato: manca però una specifica valutazione del volume di materiale di scarto prodotto in cava e destinato alla discarica.
I5: Condizione di funzionamento dei macchinari	😐	Nella normativa vengono considerate solo macchine quali caricatori su ruote ed escavatrici mentre dall'analisi del ciclo estrattivo sono varie le tipologie di impianti e macchinari coinvolti nel ciclo di estrazione delle materie prime.
I6: Qualità dell'aria	😐	L'indicatore tiene conto delle particelle in sospensione PM 10; ma potrebbe risultare importante valutare anche il particolato fine PM2.5

Criterio	Giudizio	Commento
2. Estrazione delle materie prime	😊	la direttiva afferma che le materie prime usate per i prodotti naturali, non possono contenere amianto, che l'uso di resine poliestere nella produzione è limitato al 10% del peso totale delle materie prime. Il criterio è compatibile ed è importante la verifica in quanto vengono utilizzate durante l'operazione di resinatura sia delle lastre che delle marmette resine poliestere a base di stirene insaturo, catalizzatore e mastice per marmo.
3. Operazioni di finitura	😐	Tale criterio risulta incompleto in quanto tiene conto solo di alcuni impatti ambientali e in nessun modo considera il dispendio energetico e il conseguente impatto generato dalle numerose macchine coinvolte nelle operazioni di finitura
4. Processo di produzione	😞	Non si applica ai materiali naturali ed è impensabile di determinare il consumo di energia, calcolato come fabbisogno energetico di processo (Process Energy Requirement - PER-), soltanto per i prodotti lavorati. Invece la sua corretta applicazione anche al marmo permetterebbe la stima delle emissioni e dei consumi energetici derivanti dal ciclo di produzione.
5. Gestione Rifiuti	😊	Tale criterio è compatibile in quanto si prevede per ogni stabilimento una corretta gestione dei rifiuti. Particolare attenzione andrebbe volta nei confronti della fase di estrazione ove i volumi di scarti in gioco sono notevoli.

Tabella 1 - Criticità relative ad alcuni indicatori del 1° criterio previsto dalla normativa

Tabella 2 - Risultati dell'analisi di campo per il 2°, 3°, 4° e 5° criterio

Questa preliminare analisi di campo della direttiva europea per l'attribuzione di un marchio di qualità ecologica alle coperture dure per pavimenti suggerisce una revisione della direttiva stessa alla luce dei punti critici qui evidenziati. La direttiva dovrebbe, infatti, tenere maggiormente in conto le specificità dei singoli processi di lavorazione delle pietre naturali e del marmo, in modo particolare.

In particolare questa analisi della direttiva rivolta alle "coperture dure per pavimenti" non sembra considerare in maniera accurata il caso dell'impiego del marmo per tale scopo.

È evidente che questa rappresenta solo una prima valutazione in tal senso; quindi si auspicano maggiori approfondimenti per validare ulteriormente la proposta ed individuare l'effettivo livello di applicabilità di tutti gli indicatori ecologici che corredano la direttiva.

## **Conclusioni**

Il quadro articolato delle esperienze illustrate in queste pagine dimostra le difficoltà di un percorso ancora tutto da costruire e da precisare. Un percorso però quanto mai necessario, richiesto da più parti e da più soggetti, al fine di affrontare il tema ambientale con rigore metodologico e con strumenti scientifici. In questo senso il Life Cycle Assessment costituisce il riferimento prioritario, da affermare anche in sede di elaborazione di strumenti normativi di settore. Molte delle criticità applicative derivano oggi dalla poca esperienza, che si auspica andrà costruendosi grazie alla diffusione veicolata dalle normative e dall'uso degli operatori.

## **Bibliografia**

Campioli A., Lavagna M., 2007, "Integrating Life Cycle Assessment in Building Environmental and Energy Certification", International Conference Sustainable Building South Europe, 7-8 June 2007, Turin. Proceedings, Celid, Torino.

Campioli A., Lavagna M., 2007, "Life cycle design in building and construction sector", in 3<sup>rd</sup> International Conference on Life Cycle Management. From analysis to implementation, Zurich, Switzerland, 27-29 August 2007.

Campioli A., Ferrari S., Lavagna M., 2007, "Il comportamento energetico-ambientale di involucri in laterizio", *Costruire in laterizio*, n. 120, pp. 58-65.

Cangelli E., Paoletta A., 2001, *Il progetto ambientale degli edifici. LCA, EMAS, Ecolabel, gli standard ISO applicati al processo edilizio*, Alinea, Firenze.

Commissione Europea, 2002, Decisione della Commissione del 25 marzo 2002, che stabilisce i criteri ecologici per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica alle coperture dure per pavimenti, Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee L 94 del 11.04.2002, pagg 13-27.

ENEA, 2004, *Libro bianco: energia-ambiente-edificio*, Il Sole 24 ore, Milano.

Fernandez J., 2006, *Material Architecture, emergent materials for innovative buildings and ecological construction*, Elsevier Architectural press, Oxford.

IEA-ECBCS (a) (International Energy Agency-Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme), 2004, Annex 31: Energy-Related Environmental Impact of Buildings - Highlight Report, Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) on behalf of IEA.

IEA-ECBCS (b) (International Energy Agency-Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme), 2004, Annex 31: Energy-Related Environmental Impact of Buildings - Comparative applications: a comparison of different tool results on similar residential and commercial buildings, Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) on behalf of IEA.

IEA-ECBCS (c) (International Energy Agency-Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme), 2004, Annex 31: Energy-Related Environmental Impact of Buildings - Directory of tools: survey of lca tools, assessment frameworks, systems, technical guidelines, catalogues, checklists and certificates, Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) on behalf of IEA.

ISO 2001, ISO 15686-2:2001, Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures.

ISO 2002, ISO/TR 14062:2002, Environmental management - Integrating environmental aspect into Product design and development.

ISO 2006, ISO/TS 21929-1:2006, Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Framework for development of indicators for buildings.

ISO 2006, ISO/TS 21931-1:2006, Sustainability in building construction - Framework for methods for assessment of environmental performance of construction works.

ISO 2007, ISO 21930:2007, Sustainability in building constructions - Environmental declaration of building products.

La Gennusa M., Raimondi C., Rizzo G., Traverso M., 2006, Environmental impact of marble mining: the case study of a Sicilian marble quarry. Proceedings of SETAC Europe - 13th LCA Case Studies Symposium, Environmental Product Declaration (EPD), pp. 167-169, 7-8 December 2006, Stuttgart, Germany.

Lavagna M., 2005, Sostenibilità e risparmio energetico. Soluzioni tecniche per involucri eco-efficienti, Clup, Milano.

Lavagna M., 2006, "Eco-efficienza dell'isolamento termico nella realizzazione di chiusure opache in Italia", *Il Progetto Sostenibile*, n. 10-11, giu.-set. pp. 68-75.

Lavagna M., 2006, EPD use in building assessment to support design strategies, in SETAC Europe, 13<sup>th</sup> LCA Case Study Symposium, Environmental Product Declaration (EPD) with focus on the building and construction sector, Proceedings, 7-8 December 2006, Stuttgart, Germany, pp. 14-18.

Lavagna M., 2007, Lightness and Temporariness in Life Cycle Assessment, in Alessandra Zanelli, a cura di, Ephemeral Architecture. Time and Textile, Tensinet Symposium 2007, Libreria Clup, Milano, 2007, pp. 375-384.

Lavagna M., 2008, Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale, Hoepli, Milano.

Neri P. (a cura di), 2008, La valutazione ambientale LCA a supporto della progettazione eco-sostenibile degli edifici - Procedure, strumenti e casi applicativi, Alinea, Firenze.

# Life Cycle Assessment applicato alla gestione dei rifiuti

Antonio Scipioni<sup>1</sup>, Tania Boatto<sup>2</sup>, Filippo Zuliani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria, Università degli Studi di Padova  
Rete Italiana LCA – Coordinatore del Gruppo di Lavoro LCA rifiuti

<sup>2</sup>Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria, Università degli Studi di Padova  
[scipioni@unipd.it](mailto:scipioni@unipd.it)

con la collaborazione di

Grazia Barbiero<sup>3</sup>, Alessandra Bonoli<sup>4</sup>, Patrizia Buttol<sup>3</sup>, Arianna Dominici Lopriero<sup>3</sup>,  
Federica Pantaleoni<sup>4</sup>, Roberto Pergreffi<sup>3</sup>, Lucia Rigamonti<sup>5</sup>, Stefano Zuin<sup>6</sup>  
<sup>3</sup> ENEA

<sup>4</sup> Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle tecnologie Ambientali,  
Università di Bologna

<sup>5</sup> Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie,  
Rilevamento – Sezione Ambientale, Politecnico di Milano

<sup>6</sup> Consorzio Venezia Ricerche

## Sommario

*Al lavoro di prima mappatura svolto dall'ENEA sulle attività riguardanti gli studi LCA in Italia, è seguita la formazione di gruppi di lavoro su specifici settori di attività, uno dei quali riguarda la gestione e trattamento dei rifiuti. La partecipazione a questo gruppo di lavoro ha visto numerose adesioni, indice della sempre più crescente diffusione della metodologia Life Cycle Assessment proprio in questo ambito così vario. Al fine di creare un network italiano sulle esperienze, sulle competenze e sull'interesse per il tema LCA applicato al settore rifiuti è necessario mappare più da vicino questo Gruppo di Lavoro. Questo documento vuole presentare il Gruppo di Lavoro sul settore rifiuti ed è basato sulle informazioni raccolte mediante uno specifico questionario.*

## Presentazione del Gruppo di Lavoro

Al fine di fornire un punto di partenza più circostanziato alla discussione sul tema LCA applicato alla gestione dei rifiuti è stata definita una prima mappatura dei partecipanti che lavorano in Italia, attraverso la richiesta tramite questionario, di informazioni su natura e consistenza dei gruppi, tipologie di attività svolte o di interesse nel settore rifiuti, esperienze nel campo e dati più specifici relativi all'applicazione della metodologia LCA.

Le schede restituite sono state in totale 10; con esse è stato realizzato un primo scambio di informazione, certamente non completo, ma sicuramente significativo, dei partecipanti a questo gruppo di lavoro e delle attività in questo settore.

Il questionario (si veda allegato 1) è stato strutturato in modo da raccogliere precise informazioni sui seguenti argomenti:

- generalità del partecipante;

- esperienze nella conduzione di studi LCA applicati a questo ambito;
- interessi verso precise attività all'interno dello stesso Gruppo di Lavoro;
- informazioni derivanti dall'esperienza pratica nella conduzione di studi LCA applicati alla gestione dei rifiuti (principali ostacoli, banche dati utilizzate, codici di calcolo ecc.);
- conoscenza degli studi italiani di LCA (pubblicati e non) applicati alla gestione dei rifiuti

## **Generalità dei partecipanti**

Le informazioni che vengono riportate in questo paragrafo si riferiscono ai partecipanti che hanno compilato il questionario, mettendo così a conoscenza e condividendo i propri dati all'intero Gruppo di Lavoro. Dall'analisi dei questionari è risultato che tutti i partecipanti derivano da Università italiane e da Centri di ricerca operanti nel territorio nazionale. Essi possono essere raggruppati in 4 principali realtà, ovvero ENEA (Ente Nazionale Energia Ambiente) con sede a Bologna, CESQA (Centro Studi Qualità Ambiente) del Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria - Università degli Studi di Padova, DICMA (Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle tecnologie Ambientali) dell'Università di Bologna, CVR (Consorzio Venezia Ricerche) e DIIAR (Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento) del Politecnico di Milano.

Per quanto riguarda l'esperienza nella conduzione di studi Life Cycle Assessment applicata al settore rifiuti quasi tutti i partecipanti hanno segnalato di essersi approcciati durante la loro carriera a questa metodologia. Inoltre, l'esperienza pratica di alcuni dei partecipanti deriva proprio da attività lavorative dirette in specifiche tematiche rientranti nel settore rifiuti.

Il Gruppo di Lavoro, quindi, a questo momento pare dimostrare una buona preparazione generale sul Life Cycle Assessment applicato al settore rifiuti. Questo aspetto dovrebbe consentire ai partecipanti di procedere ad attività che portino valore aggiunto in linea con gli obiettivi che il Gruppo di Lavoro si è posto.

## **Esperienze nella conduzione di studi LCA nel settore rifiuti**

Come accennato nel paragrafo precedente esiste un'esperienza più o meno ripetuta nella conduzione di studi LCA al settore in questione. Il questionario, infatti, chiedeva precisamente quali fossero le esperienze dei partecipanti in questo campo: si è potuto, quindi, raggruppare le diverse esperienze in 2 principali ambiti:

- Life Cycle Assessment applicato alla gestione integrata di un territorio più o meno esteso (Provincia, Comune);
- Life Cycle Assessment applicato a specifiche tipologie di trattamento dei rifiuti in base alle caratteristiche impiantistiche anche per specifici tipi di rifiuto. Le principali esperienze interessano:
  - o modalità di smaltimento di fanghi del gres porcellanato;
  - o depurazione dei fanghi derivanti dal trattamento delle acque reflue;
  - o riciclo di materiale polimerico (PP);
  - o recupero energetico dei residui di triturazione degli autoveicoli;
  - o impianto di termovalorizzazione dei rifiuti urbani e CDR;
  - o smaltimento in discarica;
  - o modalità di smaltimento per i dissipatori domestici.

## **Limitazioni sull'applicazione degli studi LCA applicata alla gestione dei rifiuti**

Come riportato dalla letteratura internazionale le principali restrizioni sulla applicazione della metodologia LCA sono legate a diversi aspetti di seguito riassunti:

- ✓ L'applicazione del modello LCA consente di stimare quali sono gli impatti associati ad una quantità di rifiuti di riferimento e di comparare tra loro diverse alternative di smaltimento ma non è in grado di dare una valutazione su quali sono gli accorgimenti da adottare per ottenere una riduzione della quantità di rifiuti prodotta. La metodologia non consente, cioè, di identificare possibili strategie preventive.
- ✓ Lo studio non è in grado di effettuare delle previsioni su quale dovrà essere la potenzialità dell'impianto in funzione del trend di incremento della produzione di rifiuti.
- ✓ L'approccio seguito è di tipo statico, non sarà pertanto possibile ottenere informazioni sul periodo necessario a coprire l'investimento.
- ✓ I processi considerati in uno studio di LCA risultano inoltre lineari e caratterizzati da uno stato stazionario, utile ad agevolare l'identificazione di quale, tra le diverse opzioni considerate, sia la migliore. A questo proposito il problema nasce, ad esempio, poiché il processo di riciclaggio del materiale è, al contrario, una funzione non lineare della quantità di materiale raccolto. Ogni tonnellata di materiale raccolta in più ed inviato al recupero comporta un livello di consumo di combustibili fossili e di emissioni notevolmente maggiore. Quindi, dal momento che i risultati dello studio di LCA sono lineari, non saranno in grado di fornire informazioni su quale sia il "giusto mix di trattamenti" da adottare e quale sia l'ottimo livello a cui spingere il recupero e riciclaggio.
- ✓ Un problema intrinseco alla metodologia è quello di non prendere in considerazione quali siano le differenze degli effetti apportati da un'emissione in funzione di dove queste hanno luogo. Una logica conseguenza è quindi l'incapacità del modello di fornire un supporto per la scelta dell'allocazione dell'impianto di trattamento.
- ✓ L'inquinamento derivante dai processi analizzati include un elevato numero di sostanze chimiche. La descrizione del destino di ogni singolo elemento in funzione del diverso trattamento che l'ha originato risulta impossibile da rappresentare in un modello. Per questo motivo, durante lo studio LCA, queste sostanze vengono aggregate all'interno di macro categorie anche se, in realtà, gli impatti ambientali possono variare pesantemente all'interno della stessa classe. Tale semplificazione riduce quindi la capacità del modello di descrivere in maniera accurata gli impatti ambientali attuali.
- ✓ Aspetto molto importante è poi la scelta della tipologia di dati da utilizzare. La maggior parte dei modelli disponibili in letteratura usufruisce di dati ricavati da operazioni di media, per la definizione dei sottosistemi coinvolti. L'utilizzo di questa tipologia di dati si ripercuote sull'incapacità del modello di adattare i risultati in funzione delle assunzioni riguardanti le strategie di

gestione dei rifiuti, poiché questi non sono in grado di influenzare in modo equo tutti gli aspetti presi in considerazione dallo studio.

- ✓ La definizione dei confini del sistema dovrà essere tale da includere tutti i processi coinvolti ed il maggior numero di dettagli possibile. Il limite corrisponderà al punto in cui le incertezze e i rischi di effettuare degli errori diventano così rilevanti da comportare che, l'inclusione di ulteriori aspetti utili alle valutazioni, porti a conclusioni del tutto inattendibili a causa della mancanza o inaffidabilità delle informazioni considerate.
- ✓ I risultati ottenuti dall'applicazione di LCA possono fornire informazioni solamente riguardanti gli impatti ambientali. Per una valutazione più a lungo termine della sostenibilità di una particolare politica di gestione saranno necessarie anche valutazioni di carattere economico e sugli impatti sociali.

Sulla base di quanto riporta la letteratura su questo tema, è stato chiesto ai componenti del Gruppo di Lavoro quali siano state le principali difficoltà riscontrate durante la conduzione di studi LCA applicati al settore rifiuti. Diverse sono state le risposte, alcune delle quali hanno interessato problematiche comuni ritrovate in tutte le schede dei partecipanti. In figura 1 è riportato il diagramma che mostra la frequenza con cui si sono riscontrate le difficoltà per l'applicazione della LCA al settore rifiuti. In particolare, sulla base del numero di risposte ricevute si è constatato che il problema principale consiste nella reperibilità e disponibilità di dati.

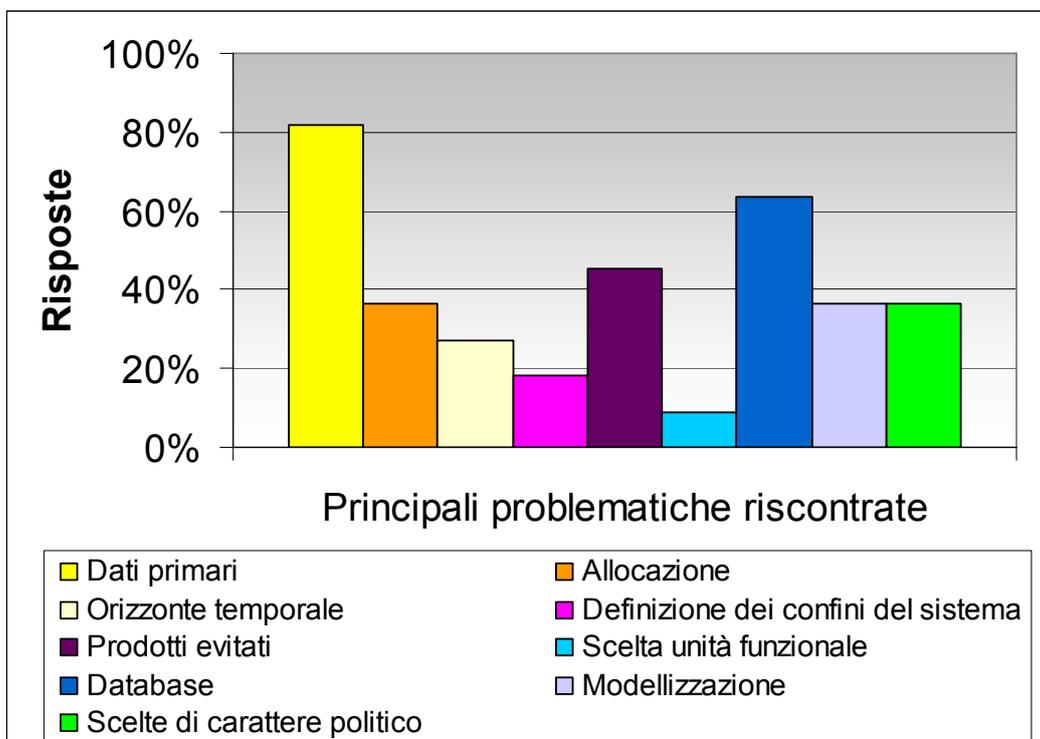


Figura 1 – Diagramma rappresentante le risposte ricevute dai partecipanti relativamente alle problematiche riscontrate durante la conduzione di studi LCA per il settore rifiuti

Questa problematica è stata evidenziata in più dell'80% delle risposte: essa riguarda la fase di raccolta di dati primari che molto spesso sono difficilmente disponibili, relativamente alla gestione dei rifiuti urbani e speciali a livello territoriale. Quanto detto porta conseguentemente a prendere in considerazione un'altra difficoltà riscontrata dal Gruppo di Lavoro: le banche dati per i processi di trattamento/smaltimento/recupero dei rifiuti. Questo problema è legato, secondo il 64% delle risposte all'assenza di banche dati che descrivano processi di trattamento dei rifiuti paragonabili a quelli che caratterizzano la realtà italiana.

Sulla base di quanto è stato dichiarato dai componenti del Gruppo un altro grande problema (45% delle risposte) riguarda gli impatti evitati e l'allocazione degli stessi nelle diverse fasi del ciclo di vita.

Difficoltà inoltre appaiono nella modellizzazione di particolari processi e trattamenti ai quali sono sottoposti i rifiuti (per esempio, processi di compostaggio, di riciclo di materia) come pure nella previsione di scenari futuri di gestione dei rifiuti a causa di linee di sviluppo poco chiare a livello politico. Quest'ultimo aspetto si collega al fatto che sia la struttura del sistema che i dati utilizzati si riferiscono ad un periodo storico molto recente. La programmazione dell'attività di gestione dei rifiuti, però, deve necessariamente coprire un periodo di tempo sufficientemente lungo (alcune decine di anni) nel corso del quale si potrebbero verificare sensibili cambiamenti delle condizioni al contorno. Una decisione presa oggi, anche se in linea coi risultati ottenuti, potrebbe risultare insostenibile per le future generazioni.

Problematiche che hanno trovato un più basso riscontro all'interno del Gruppo riguardano la definizione dei confini del sistema oggetto dello studio LCA, l'estensione dell'orizzonte temporale (difficoltà che nasce, per esempio, nel paragonare due processi che si svolgono in un arco temporale differente) ed infine la scelta dell'unità funzionale adeguata allo scopo dello studio Life Cycle Assessment.

## **Informazioni relative agli strumenti di supporto alla conduzione di studi LCA**

Il questionario ha voluto raccogliere informazioni relative alle banche dati alle quali i componenti del Gruppo di Lavoro fanno ricorso generalmente.

Nella figura 2 vengono illustrate le banche dati che più frequentemente vengono utilizzate dai partecipanti al Gruppo: più dell'80% dei componenti utilizza Ecoinvent, il 65% altre banche dati, come ETH-ESU, mentre meno frequentemente (meno del 60%) si fa ricorso a database come BUWAL, I-LCA (Banca dati sviluppata dall'ANPA) e Boustead.

Analogamente alla raccolta delle informazioni sull'utilizzo di banche dati, sono state formulati quesiti relativi all'uso di codici di calcolo per la conduzione di studi LCA. In particolare, è stato chiesto ai partecipanti del Gruppo di Lavoro di indicare quale software utilizzino per questo tipo di studi. Le informazioni raccolte sono rappresentate in figura 3.

Come si vede nella figura 3 il software più utilizzato dai componenti del Gruppo di Lavoro è il SimaPro (82%). Altri codici di calcolo conosciuti dai componenti sono il GaBi, TEAM, WISARD e IWM2.

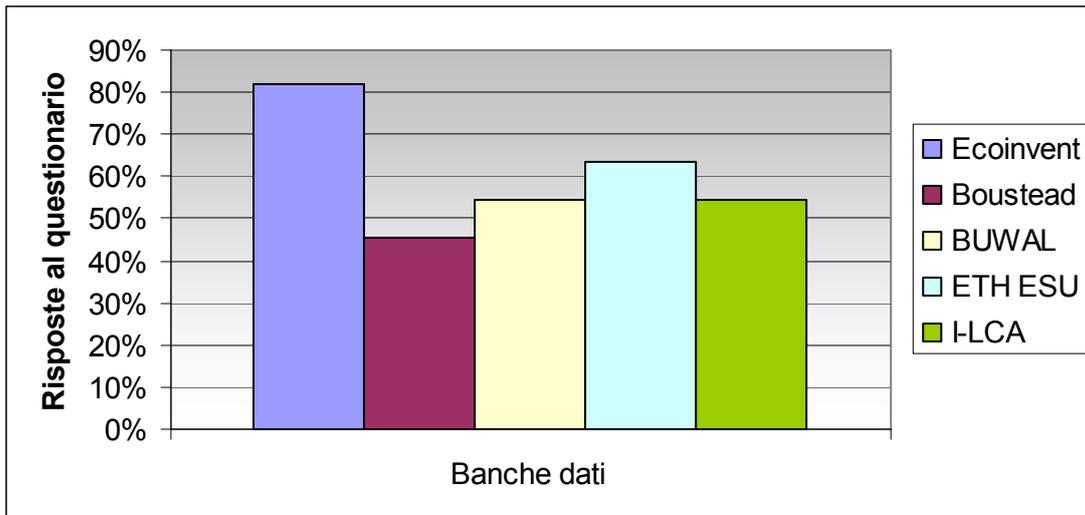


Figura 2 – Diagramma rappresentante le risposte ricevute dai partecipanti relativamente alle banche dati utilizzate durante la conduzione di studi LCA per il settore rifiuti

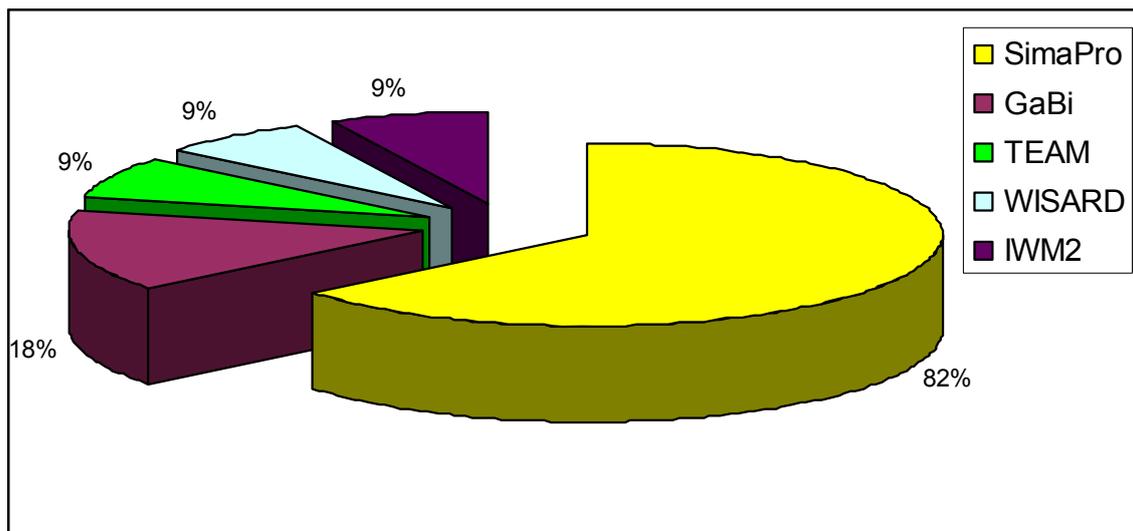


Figura 3 – Utilizzo di diversi codici di calcolo all'interno del Gruppo di Lavoro

## Attività del Gruppo di Lavoro

In linea con gli obiettivi, condivisi dai partecipanti al Gruppo, si è cercato di definire una struttura dello stesso in base all'interesse per le diverse attività dimostrate da ogni partecipante. Sono state individuate, pertanto, 6 macroattività di interesse per il Gruppo di Lavoro che lavorerà sul LCA applicato alla gestione dei rifiuti. L'espressione dell'interesse da parte dei componenti del Gruppo ad occuparsi di alcune tematiche sui rifiuti si basa sul principio volontaristico che caratterizza tutta questa iniziativa promossa da ENEA su scala nazionale. Sono stati individuati interessi da parte dei componenti nei confronti delle seguenti aree tematiche:

- modalità di raccolta dei rifiuti;
- tecnologie di smaltimento/recupero dei rifiuti;
- aspetti economici e sociali integrabili negli studi LCA;
- analisi di banche dati;
- monitoraggio di opportunità di finanziamenti europei per dare avvio a lavori su questo tema;
- attività di promozione del Life Cycle Assessment nel settore rifiuti.

Dai questionari raccolti è stato individuato un forte interesse da parte dei partecipanti (80%) nell'ambito delle diverse tecnologie utilizzate per lo smaltimento e recupero dei rifiuti. Come viene mostrato in figura 4 altre attività di elevato interesse riguardano la promozione della metodologia LCA nel settore rifiuti e lo sviluppo di aspetti sociali ed economici all'interno degli studi LCA.

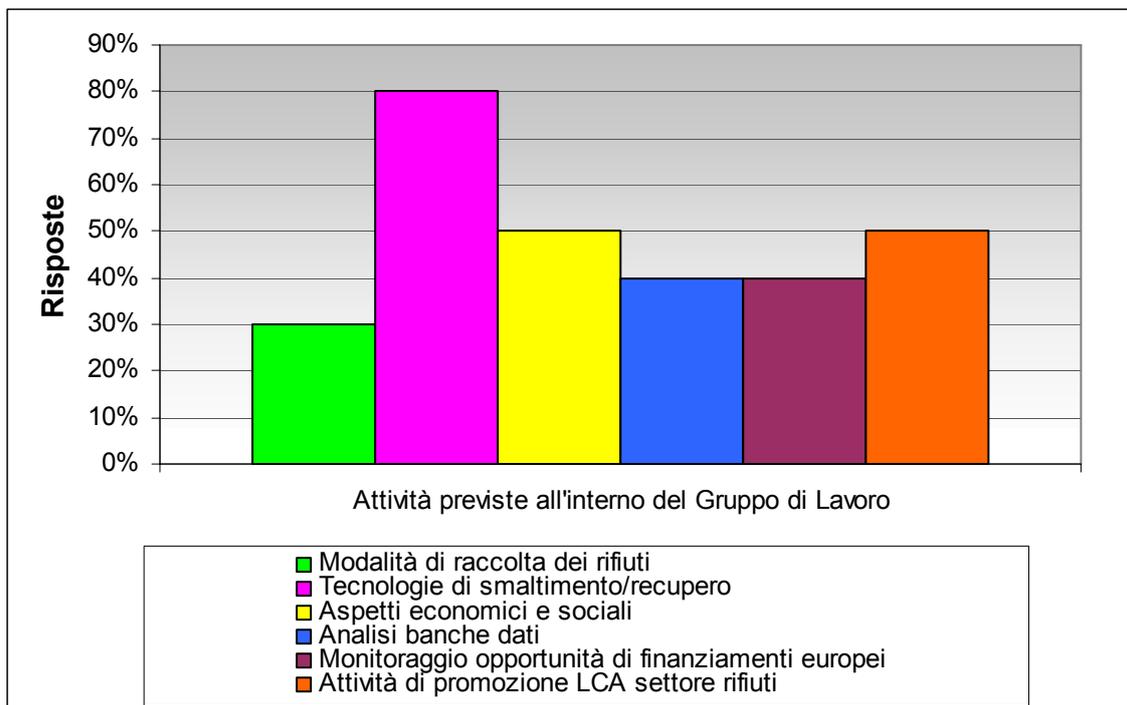


Figura 4 - Interesse dimostrato dai componenti ad occuparsi di diverse attività all'interno del Gruppo di Lavoro

## Conclusioni

Questa breve relazione ha voluto presentare il Gruppo di Lavoro sui rifiuti nell'ambito della Rete Italiana. Mediante uno specifico questionario è stato possibile raccogliere le informazioni sui partecipanti a questa iniziativa, mettendo così a conoscenza del Gruppo le attività di ciascuno relativamente al settore rifiuti, alla conduzione di studi LCA e ad altri interessi in questo ambito.

Le informazioni raccolte, pertanto, hanno consentito uno scambio di informazioni e di conoscenze all'interno del Gruppo: questa prima fase rappresenta quindi solo un punto di partenza per dare avvio ad attività che possano portare valore aggiunto in linea con gli obiettivi del Gruppo di Lavoro.

La stesura di questa prima mappatura del Gruppo è stata possibile grazie alla collaborazione dei partecipanti ai quali è rivolto un sincero ringraziamento.

## Allegato 1

### QUESTIONARIO INFORMATIVO

NOME .....

COGNOME .....

E-MAIL .....

TELEFONO .....

ENTE DI APPARTENENZA .....

AMBITO LAVORATIVO

<input type="checkbox"/> RICERCA	<input type="checkbox"/> PROFESSORE UNIVERSITARIO
<input type="checkbox"/> CONSULENZA	<input type="checkbox"/> DIPENDENTE
<input type="checkbox"/> GESTIONE RIFIUTI	<input type="checkbox"/> IMPRENDITORE
<input type="checkbox"/> ALTRO.....	

.....

ESPERIENZE NELLA  
CONDUZIONE DI STUDI  
LIFE CYCLE  
ASSESSMENT NEL  
SETTORE DEI RIFIUTI

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ESPERIENZE  
LAVORATIVE NEL  
SETTORE DELLA  
GESTIONE DEI RIFIUTI

.....  
.....  
.....  
.....

ATTIVITÀ DI INTERESSE  
ALL'INTERNO DEL GDL  
DEL SETTORE RIFIUTI

<input type="checkbox"/> MODALITÀ DI RACCOLTA RIFIUTI
<input type="checkbox"/> TECNOLOGIE DI SMALTIMENTO/RECUPERO RIFIUTI
<input type="checkbox"/> ASPETTI ECONOMICI E SOCIALI INTEGRABILI NEGLI STUDI LCA
<input type="checkbox"/> ANALISI DI BANCHE DATI
<input type="checkbox"/> MONITORAGGIO OPPORTUNITÀ DI FINANZIAMENTI EUROPEI
<input type="checkbox"/> ATTIVITÀ DI PROMOZIONE LCA NEL SETTORE RIFIUTI
<input type="checkbox"/> ALTRO

*Nella Vs. esperienza quali ostacoli di natura metodologica sono sorti durante la conduzione di studi LCA applicati al settore rifiuti?*

*Quali sono i principali vantaggi pratici che il committente ha potuto trarre dai risultati degli studi LCA che avete condotto?*

*Quali sono stati i principali scopi degli studi Life Cycle Assessment che Vi sono stati commissionati?*

*Avete mai sottoposto un Vs. studio LCA a revisione critica?*

*Avete delle preferenze ed interessi ad occuparvi della gestione di alcune particolari tipologie di rifiuti?  
Se si, indicate quali.*

*Quali sono le principali banche dati da Voi utilizzate?*

*In generale quale codice di calcolo utilizzate per modellizzare il processo che state studiando?*

*Proponiamo di utilizzare Skype come mezzo di comunicazione per i nostri futuri meeting in videoconferenza .  
Indicate se ritenete opportuno utilizzare altre forme di comunicazione specificando quali.*

*Siete a conoscenza di studi italiani LCA condotti nell'ambito della gestione dei rifiuti pubblicati?Indicate i  
riferimenti bibliografici.*

*Siete a conoscenza di studi italiani LCA condotti nell'ambito della gestione dei rifiuti non pubblicati?Indicatene  
i riferimenti.*

# LCA dei prodotti turistici: stato dell'arte e prospettive

Andrea Raggi<sup>1</sup>, Luigia Petti<sup>1</sup>, Camillo De Camillis<sup>2</sup>, Alessandro Bordin<sup>3</sup>, Tania Boatto<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dip. delle Scienze Aziendali, Statistiche, Tecnologiche e Ambientali (DASTA) – Università degli Studi "G. d'Annunzio", Pescara

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze – Università degli Studi "G. d'Annunzio", Pescara

<sup>3</sup> Dipartimento Territorio e Sistemi Agro Forestali - Università degli Studi di Padova

<sup>4</sup> CESQA, Dip. di Processi Chimici dell'Ingegneria - Università degli Studi di Padova  
[a.raggi@unich.it](mailto:a.raggi@unich.it)

## Sommario

*Dopo aver sottolineato il ruolo delle attività turistiche nell'economia e l'esigenza di una loro accurata valutazione ambientale nell'ottica del ciclo di vita, si affronta il problema della definizione ambientale del prodotto turistico. Vengono, quindi, delineate le relazioni tra turismo ed ambiente, in particolare nell'ottica di modellizzazione della Life Cycle Assessment (LCA). Infine vengono analizzati criticamente i rari casi studio rinvenuti in letteratura, delineandone le peculiarità ed i limiti, per concludere con la puntualizzazione delle problematiche e potenzialità dell'LCA applicata al turismo*

## Introduzione

Tra le attività economiche, il turismo sta riscuotendo un sempre maggiore interesse per il crescente ruolo di rilievo che va assumendo a livello internazionale. L'elevato tasso di crescita che ha caratterizzato il mercato turistico negli ultimi decenni ha, infatti, collocato l'industria turistica tra i principali settori dell'economia mondiale e le stime per i prossimi anni prevedono un consolidamento di tale trend (UNWTO, 2001; Raggi, Petti, 2006a, 2006b, UNWTO, UNEP, WMO, 2007).

Se, da un lato, una maggiore incidenza dei servizi nel contesto economico globale può essere considerata funzionale alla dematerializzazione dell'economia che uno sviluppo ambientalmente sostenibile richiede, dall'altro, proprio per questo ruolo crescente, è sempre più opportuna una accurata individuazione e valutazione degli impatti che i servizi, nello specifico quelli turistici, possono generare sull'ambiente. Infatti, molte attività di servizio sono comunemente reputate scarsamente impattanti, per effetto della modesta intensità materica diretta e delle limitate emissioni inquinanti in fase di erogazione del servizio. Ciò non toglie che la fornitura degli input richiesti per la produzione del servizio non contribuisca ad aumentare significativamente l'impatto complessivo dello stesso. Può essere, quindi, utile l'impiego di strumenti quali la Life Cycle Assessment (LCA) che, come è noto, si basano su un approccio oggettivo e scientifico e considerano la performance ambientale di un prodotto/servizio in un'ottica estesa al ciclo di vita.

## Verso una definizione del prodotto turistico<sup>8</sup>

Nello studio metodologico dell'LCA in ambito turistico, un aspetto prioritario da considerare è l'individuazione e la definizione dell'oggetto d'indagine, ovvero il "prodotto turistico". A tal fine occorre partire necessariamente da una più ampia definizione di turismo. Poiché non rientra tra gli intenti di questo lavoro fornire un contributo all'ancora irrisolto dibattito, in corso da tempo tra gli studiosi del settore in ambito nazionale ed internazionale, su una definizione condivisa di turismo

---

<sup>8</sup> Paragrafo a cura di L. Petti e A. Raggi

(Wilson, 1998), ci si limiterà in questa sede a riportare e discutere brevemente alcuni significativi contributi tratti dalla letteratura.

La United Nations World Tourism Organization (UNWTO, 2007) definisce il turismo come l' "attività di persona che visita un Paese diverso da quello in cui risiede abitualmente, per un periodo di tempo non superiore ad un anno, per svago, viaggio di lavoro o altro scopo che non sia esercitare un'attività remunerata nel Paese visitato". Il turismo perciò riguarda l'insieme dei fenomeni che sono causati dal movimento volontario e temporaneo di singoli individui o di gruppi verso luoghi che non siano la loro abituale residenza, a fini di ricreazione e/o arricchimento culturale.

Emerge da questa definizione la natura economica del turismo, in quanto spostamento nello spazio (dal luogo in cui si risiede al luogo di destinazione del proprio viaggio) di tutti i consumi dell'uomo: quelli consuetudinari e quelli strettamente connessi alla vacanza (Peroni, 1995). Si possono comunque rilevare altri importanti profili legati al turismo, quali quello sociologico, culturale e politico, inteso come attività che incentiva i rapporti personali, veicolo di integrazione tra i popoli, nonché arricchimento di valori propri di altre culture, produttore di posti di lavoro, che produce effetti diretti e indotti (Camarsa, 2003).

Già quasi trenta anni fa Leiper (1979) definì il turismo come "il sistema riguardante lo spostamento ed il soggiorno di persone lontane dalla loro abituale residenza per una o più notti, escluso i viaggiatori a fini di lavoro". Egli individua cinque elementi del sistema turistico: i turisti, i luoghi di partenza, il percorso, la destinazione turistica e l'industria turistica, caratterizzati da interconnessioni reciproche spaziali e funzionali. Da questa definizione si possono evincere due elementi caratteristici: l'individuazione di un approccio sistemico esistente tra le diverse componenti del turismo ed il riferimento all'industria turistica, per evidenziare la natura economica di tale settore.

Woodside e Dubelaar (2002) definiscono il sistema di consumo turistico come "l'insieme delle considerazioni, decisioni e comportamenti relativi al viaggio di un determinato turista prima, durante e dopo la vacanza". Tale definizione sottolinea come l'attività turistica cominci prima di lasciare la propria abitazione, perché è in tale contesto che i viaggiatori iniziano ad effettuare le scelte che influenzeranno le componenti della loro vacanza, ad esempio: come effettuare il viaggio, le scelte relative al pernottamento, alle attività da svolgere ecc.

Anche Rispoli e Tamma (1995) hanno proposto una visione "sistemica" del turismo, legata alla complessità del prodotto turistico, composto da attrattive territoriali e da servizi, che si integrano a vicenda. Dalle considerazioni precedenti emerge come sia vasto e complesso il concetto di prodotto turistico, poiché il turismo offre un prodotto-servizio assai particolare, che può essere compreso razionalmente solo come risultato di un complesso sistema, costituito da un numero insieme di componenti, molto diverse tra loro, fortemente interdipendenti.

È necessario, a questo punto, distinguere due macrocategorie di prodotti turistici risultanti assai diverse, ma allo stesso tempo strettamente interrelate fra loro: il prodotto turistico specifico ed il prodotto turistico globale. La prima corrisponde al "prodotto offerto da una determinata azienda turistica per appagare, in genere, le sole e particolari esigenze della clientela" (Grasso, 2003). La seconda macrocategoria costituisce, invece, "l'insieme dei fattori di attrattiva a disposizione del consumatore in una determinata località di destinazione lontana dal luogo di sua abituale residenza" (Grasso, 2003).

il sistema turistico è, quindi, un sistema complesso caratterizzato da numerose forze in gioco, fra loro molto diverse. Tuttavia, il turista percepisce il sistema complesso nella sua unitarietà e gli attribuisce un valore globale.

Ogni sistema turistico intrattiene relazioni biunivoche con un ambiente esterno più ampio (ambiente turistico generale) che è caratterizzato da numerosi fattori, variabili nel tempo. Il sistema turistico ha quindi carattere dinamico nel senso che tende a modificarsi per effetto sia dei comportamenti dei soggetti che ne fanno parte, sia delle loro relazioni, sia degli adattamenti alle condizioni dell'ambiente esterno.

## **Il rapporto turismo-ambiente<sup>9</sup>**

L'ambiente naturale rappresenta, da un lato, una risorsa fondamentale per il turismo, la cui stessa esistenza è spesso strettamente connessa alla perfetta conservazione ed attrattività ambientale dei siti (Raggi, Petti, 2006a).

La località turistica dev'essere però considerata un ecosistema complesso, la cui componente umana ha spesso una netta prevalenza sugli aspetti naturalistici, sui quali determina una notevole impronta. Essa è quindi il risultato dell'azione di numerosi fattori: ambientali, culturali, economici-sociali.

Per quanto riportato, l'ambiente nei sistemi turistici assume una connotazione più ampia e complessa rispetto all'habitat naturale. Esso va inteso cioè come un territorio governato, in cui elementi naturali (ecosistemi, biotopi, biodiversità) interagiscono con gli ecosistemi antropici (Bordin, 2003).

Per gli studi che riguardano i complessi rapporti turismo-ambiente, diventa quindi fondamentale considerare gli elementi culturali ed economici-sociali, che caratterizzano e contraddistinguono le diverse località turistiche. Una notevole rilevanza lo assumono le Pubbliche amministrazioni e le diverse attività economiche, fra queste ultime le strutture ricettive (hotel, ristoranti, agriturismi, villaggi turistici, stabilimenti balneari e sportivi ecc.). Questi attori possono, infatti, intraprendere iniziative per la promozione di una gestione oculata del territorio, rispettosa dell'ambiente.

È corretto, quindi, focalizzare l'attenzione sul territorio governato. Quest'ultimo è un sistema costituito da un insieme di risorse, non tutte quantificabili nell'applicazione di una LCA, che hanno un ruolo determinante nella fruizione turistica. Tali risorse subiscono per le pressioni antropiche alcune modificazioni talora irreversibili, che devono comunque essere oggetto di valutazione.

L'altra faccia dell'ambiente, che si presenta nella sua dualità, è quella del corpo recettore degli impatti ambientali dell'attività e della presenza turistica. Impatti ambientali che sono determinati da un insieme di fattori e strettamente collegati alle molteplici forme di turismo. Infatti, l'impatto è differente (sia nella tipologia che nell'intensità) al variare della modalità della fruizione del territorio, delle risorse presenti e dei servizi utilizzati.

## **Il servizio turistico in un'ottica di Life Cycle Assessment**

Il servizio turistico può essere interpretato come una serie di processi consequenziali, i quali se visti nel loro insieme tracciano il ciclo di vita del servizio turistico. Il processo generale può essere schematizzato attraverso un flusso di attività che caratterizzano le diverse fasi comuni alle differenti forme di turismo. Questo processo, in un'ottica di ciclo di vita, per la sua realizzazione necessita di input che vengono prelevati dall'ambiente e territorio. Esso rilascia nell'ambiente una serie di output; gli input e output possono essere valutati nella loro accezione di aspetti ambientali.

---

<sup>9</sup> Paragrafo a cura di A. Bordin e T. Boatto

Il modello che viene rappresentato nella Figura 1 raffigura il processo di fruizione di un servizio turistico<sup>10</sup>, suddiviso in quattro fasi principali: la partenza dal luogo di residenza; l'arrivo del turista e la sua sistemazione; il soggiorno; la partenza dalla località turistica.

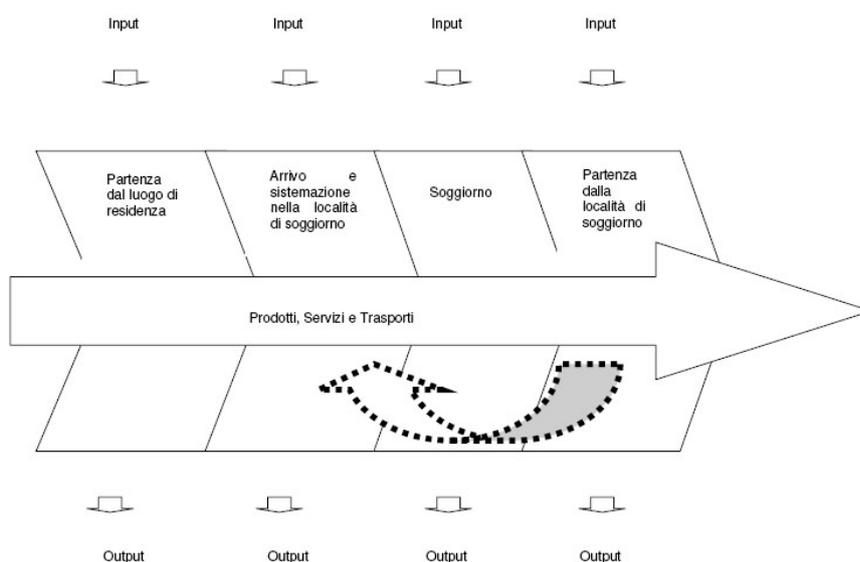


Figura 1 – La fruizione del servizio turistico in un'ottica di Life Cycle Assessment

Particolare attenzione va posta ai processi relativi ai trasporti che vengono utilizzati durante l'intero soggiorno: infatti, essi possono caratterizzare solo la prima e l'ultima fase dell'intero processo, rappresentato in Figura 1, ma possono essere presenti in modo più o meno rilevante lungo tutto il processo. Essi assumono, pertanto, una grande rilevanza nell'impatto ambientale generato dall'attività turistica.

Gli aspetti ambientali coinvolti sono molteplici ma assai differenziati a seconda delle tipologie di forme turistiche. Per esempio, nel caso di turismo giornaliero il turista può non avvalersi di servizi erogati nell'area mentre in quello residenziale è molto probabile che si avvalga di uno o più servizi, in particolare ristorazione ed alloggio. L'impatto ambientale è quindi più differenziato. Alla luce di queste semplici considerazioni è facile capire che alcuni aspetti ambientali possono caratterizzare delle forme di turismo mentre possono essere completamente assenti in altre.

Sulla base di quanto detto precedentemente e dell'esistenza di altri strumenti di gestione ambientale, come quello della certificazione ecolabel, si possono individuare i seguenti aspetti ambientali: consumo di energia elettrica, consumo di acqua, consumo di disinfettanti, produzione di rifiuti, consumo di prodotti alimentari, consumo di combustibili, utilizzo trasporti, scarichi idrici, emissioni in atmosfera. Se poi concentriamo l'attenzione sugli aspetti ambientali che possono caratterizzare la struttura ricettiva, essi possono variare ancora, sia che essi siano diretti o indiretti. Gli aspetti diretti possono derivare dalle modalità di gestione organizzativa della struttura, dall'utilizzo delle risorse naturali ed energetiche, dalla produzione e gestione dei rifiuti.

<sup>10</sup>Lo schema può rappresentare anche un turismo itinerante. Infatti, si può creare un *loop*, che dalla quarta fase torna alla seconda, che si ripete "n" volte quante sono le tappe del tour.

Mentre gli aspetti ambientali indiretti sono attribuibili a tutto ciò che è indotto dalla stessa struttura: aspetti associati alle normali attività del turista e dei fornitori. Inoltre la magnitudo degli impatti ambientali associati al pernottamento dipende dalle caratteristiche territoriali, locali, stagionali e strutturali.

In particolare l'uso d'acqua è più impattante durante le stagioni aride, in zone aride e nelle isole che hanno a disposizione una quantità d'acqua limitata. L'ottimizzazione dell'uso dell'acqua diventa pertanto un aspetto strategico e rilevante che può essere condizionato da scelte e disposizioni sul risparmio idrico. Lo stesso uso dell'energia per pernottamento è influenzato dal periodo climatico: in estate, ad esempio, viene consumata molto meno energia che in inverno. Naturalmente la presenza di piscine o sistemi di condizionamento possono far aumentare notevolmente i consumi energetici in estate per pernottamento. In ogni caso la qualità dell'isolamento termico può rappresentare un importante fattore di abbattimento dei consumi di energia. Le attività turistiche possono impattare direttamente o indirettamente anche sulla biodiversità. La costruzione di edifici turistici causa la distruzione di aree naturali, l'uso di acqua contribuisce alla desertificazione, il rilascio di inquinanti contamina il territorio locale e la presenza dei turisti disturba la flora e la fauna del luogo.

### **Casi studio di LCA nel turismo: una rassegna critica<sup>11</sup>**

A seguito di un'approfondita rassegna della letteratura scientifica internazionale sull'LCA, sono stati identificati solo pochi casi studio riguardanti l'implementazione di tale strumento ai prodotti turistici. I primi studi risalgono agli anni novanta quando la UK CEED (UK Centre for Economic Development), una società di consulenza inglese, sviluppò due LCA complete per l'operatore turistico British Airways Holidays (BAH) al fine di valutare da un punto di vista ambientale il ciclo di vita di due tra sue le maggiori destinazioni turistiche: le Seychelles (Sisman, 1994) e St. Lucia (UK CEED, 1998). In seguito, sono stati condotti degli studi di Input/Output LCA relativi ai settori turistici statunitense (Rosenblum et al., 2000; Horvath, 2000) e neo-zelandese (Patterson and McDonald, 2004). Inoltre, la Natural Science Foundation cinese ha supportato studi di LCA relativi al turismo nelle riserve naturali (Shi et al., 2003). Chambers (2004) ha utilizzato la metodologia per comparare due diversi prodotti turistici offerti in Bulgaria al fine di analizzarne le differenze. Raggi et al. (2005) hanno implementato l'LCA al servizio di ricettività turistica offerto da due hotel italiani per analizzarne le prestazioni ambientali e identificarne le criticità. Kuo et al. (2005) hanno invece analizzato con l'LCA i servizi di ristorazione turistica erogati tramite pasti al sacco. Infine, König et al. (2007) hanno applicato un'LCA comparativa alla progettazione di una struttura alberghiera in Portogallo.

Dall'analisi della letteratura è emersa una notevole eterogeneità nell'applicazione della metodologia: dalla scelta dello strumento specifico - LCA tradizionale o Input/Output LCA - alla definizione degli obiettivi e del campo d'applicazione. Questo secondo elemento di eterogeneità ha inciso profondamente sulle successive fasi dell'LCA - analisi d'inventario (LCI) e valutazione degli impatti ambientali (LCIA) - fornendo chiavi di lettura diverse per l'interpretazione dei risultati. Partendo da queste constatazioni e considerando che le applicazioni hanno spesso un diverso arco temporale di riferimento<sup>12</sup>, è lecito affermare che i risultati dei diversi studi esaminati sono difficilmente comparabili. Pur riconoscendo questo limite, al fine di delineare un quadro generale degli approcci metodologici adottati finora nelle

---

<sup>11</sup> Paragrafo a cura di C. De Camillis, A. Raggi e L. Petti

<sup>12</sup> Il diverso periodo di applicazione dell'LCA, oltre ad avere avuto ripercussioni sui risultati degli studi a causa delle evoluzioni tecnologiche dei processi considerati, ha influito sulla metodologia adottata, visto che questa si è affinata notevolmente nel corso degli ultimi anni.

applicazioni individuate in letteratura, si riportano di seguito studio per studio<sup>13</sup> i principali elementi che li caratterizzano: obiettivi, unità funzionale, confini del sistema, qualità dei dati d'inventario e metodo di valutazione degli impatti ambientali, nonché alcuni commenti su peculiarità e limiti di tali studi.

### **LCA di una destinazione turistica: le isole Seychelles (Sisman, 1994)**

**Metodologia:** approccio qualitativo di valutazione ambientale orientato al ciclo di vita dei servizi turistici.

**Prodotto:** pacchetto turistico offerto dall'operatore turistico British Airways Holidays (BAH) alle Seychelles. La maggior parte della domanda turistica è orientata ad una vacanza distribuita su più di un'isola.

**Obiettivi:** valutazione degli impatti ambientali del pacchetto turistico considerato al fine di definire delle misure di miglioramento ambientale da adottare dai vari portatori d'interesse.

**Unità funzionale:** non è stata definita chiaramente.

**Confini del sistema:** le fasi del ciclo di vita considerate nel *foreground system* sono: costruzione delle infrastrutture turistiche, gestione delle infrastrutture, trasporto di prodotti e turisti all'interno dei confini spaziali delle Seychelles, uso e consumo di risorse, smaltimento di rifiuti. I confini spaziali del sistema corrispondono ai confini geografici della destinazione turistica, mentre quelli temporali vanno dall'arrivo del turista all'aeroporto di destinazione fino alla sua ripartenza dallo stesso aeroporto.

**Qualità dei dati:** le informazioni utilizzate per l'LCA sono quasi sempre di tipo qualitativo. Laddove sono quantitative, derivano da interviste dirette effettuate ai dirigenti degli hotel.

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** Gli impatti ambientali sono stati valutati qualitativamente con un approccio matriciale per fasi del ciclo di vita e per categorie d'impatto.

**Peculiarità:** lo studio rappresenta uno dei primi tentativi di applicazione di un approccio di valutazione ambientale orientato al ciclo di vita ai servizi in genere. Vengono considerate nella fase di LCIA diverse categorie d'impatto ambientale normalmente trascurate dai metodi di valutazione comunemente utilizzati dai software di LCA più diffusi. Tra queste categorie possiamo menzionare l'impatto estetico, l'inquinamento acustico e la distruzione dei banchi corallini.

**Principali limiti:** si è adottato un approccio prevalentemente qualitativo, e comunque piuttosto distante dalla metodologia LCA come la intendiamo oggi e come già andava delineandosi fin dall'inizio degli anni '90.

Non viene chiaramente evidenziata la differenza tra carichi e impatti ambientali. Questi ultimi vengono esclusivamente associati agli output delle unità processo e non agli input. Sono state trascurate diverse categorie di impatto (es.: depauperamento della fascia di ozono stratosferico, acidificazione delle precipitazioni, tossicità umana ecc.). Inoltre, il metodo di valutazione degli impatti ambientali risulta fortemente soggettivo.

Nello studio, il consumo di risorse da parte dei turisti, anziché rappresentare un input dei servizi turistici, è stato considerato come un processo a sé stante. Infine, la problematica dell'allocazione non è stata affrontata, sebbene se ne possa ravvisare la necessità in più processi (es. manutenzione delle strade, costruzione dell'aeroporto ecc.).

---

<sup>13</sup> A causa della indisponibilità della relativa documentazione, in questa analisi non si sono potute prendere in considerazione le applicazioni di LCA relative al turismo nelle riserve naturali in Cina citate da Shi et al. (2003).

## **LCA di una destinazione turistica: St. Lucia (UK CEED, 1998)**

**Metodologia:** approccio qualitativo di valutazione ambientale orientato al ciclo di vita dei servizi turistici.

**Prodotto:** pacchetto turistico offerto nell'isola di St. Lucia dall'operatore turistico British Airways Holidays (BAH). I clienti alloggiano in hotel e la durata media della vacanza va dalle 7 alle 14 notti.

**Obiettivi:** valutazione degli impatti ambientali legati al prodotto turistico genericamente offerto nella località considerata al fine di definire delle misure di miglioramento ambientale da adottare da parte dei vari portatori d'interesse; comparazione del pacchetto turistico all-inclusive con quello base.

**Unità funzionale:** non è stata definita chiaramente.

**Confini del sistema:** le fasi del ciclo di vita considerate sono le stesse dello studio di Sisman (1994) con l'inclusione della fase di trasporto aereo dei passeggeri verso la destinazione turistica e ritorno.

**Qualità dei dati:** le informazioni utilizzate per l'LCA sono quasi sempre di tipo qualitativo. Laddove sono quantitative, derivano dalla letteratura o da questionari.

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** sia per l'LCA riferita al prodotto turistico generico, sia per quella comparativa riferita ai prodotti turistici alternativi, la valutazione degli impatti ambientali ha seguito un approccio matriciale e di tipo qualitativo.

**Peculiarità:** oltre alle peculiarità riportate per lo studio di Sisman (1994), bisogna sottolineare che questo secondo rapporto commissionato dalla British Airways Holidays riporta quella che ci risulta essere la prima definizione di vacanza in un'ottica di LCA: «una vacanza è un "prodotto" complesso, assemblato da una serie di beni e servizi che permettono ad una persona di trascorrere piacevolmente del tempo in una determinata destinazione» (UK CEED, 1998). Inoltre, sono state incluse nell'analisi anche valutazioni di tipo economico e socio-culturale.

**Principali limiti:** oltre alle carenze evidenziate nel precedente studio, gli stessi autori di questa applicazione riconoscono il limite di non aver incluso nei confini del sistema i processi esterni alla destinazione turistica quali per esempio la produzione di beni importati dall'industria turistica (come la coltivazione e distribuzione di beni alimentari) e le attività che seguono la vacanza (come lo sviluppo fotografico).

## **Input/Output LCA del settore alberghiero USA (Rosenblum et al., 2000)**

**Tipologia di metodologia Life Cycle:** Input/Output LCA.

**Prodotto:** il settore analizzato è quello della ricettività turistica alberghiera.

**Obiettivi:** valutazione degli effetti diretti e indiretti dei servizi su economia e ambiente. In particolare, si sono comparati gli impatti ambientali delle seguenti industrie di servizio: autotrasporto, commercio al dettaglio, istruzione secondaria e universitaria e ricettività alberghiera.

**Qualità dei dati:** i dati utilizzati sono di letteratura; in particolare quelli economici derivano dalle tavole intersettoriali dell'economia statunitense (U.S. Department of Commerce, 1997; Lawson, 1997).

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** sono stati adottati i seguenti parametri ed indici:

- utilizzo di risorse (include il consumo di: elettricità, combustibili, minerali e fertilizzanti);
- consumo complessivo di energia (include il consumo di elettricità e quello di combustibili);
- emissioni tossiche (TRI) (si basa sull'emissione in aria, acqua, suolo e sottosuolo di 650 sostanze chimiche tossiche);
- rifiuti pericolosi (RCRA);

- indice di tossicità potenziale (CMU-ET) (pesa le emissioni di sostanze chimiche diverse utilizzando la tossicità relativa che si basa sui valori limite per la salute e sicurezza dei lavoratori);
- alcuni inquinanti comuni (es.: SO<sub>2</sub>, COV ecc.);
- riscaldamento globale potenziale (CO<sub>2</sub> equiv.).

**Peculiarità:** lo studio si caratterizza per il gran numero di settori economici inclusi: l'economia statunitense viene disaggregata in 485 settori.

**Principali limiti:** la metodologia di valutazione degli impatti ambientali è molto eterogenea: a volte si utilizzano degli indici sintetici, altre dei carichi ambientali grezzi.

Lo studio presenta una certa incoerenza per quanto concerne l'aspetto temporale, poiché dati economici ed ambientali si riferiscono ad anni diversi.

### **LCA di pacchetti turistici in Bulgaria (Chambers, 2004)**

**Metodologia:** LCA integrata con l'analisi dell'impronta ecologica.

**Prodotto:** lo studio confronta due pacchetti turistici aventi ad oggetto le seguenti destinazioni: Slanchev Bryag e monti Rodopi. La prima, scelta per il turismo di massa – in particolare per quello balneare –, è localizzata sulla costa del Mar Nero; si estende per circa 8 km con oltre 100 hotel aventi una capacità ricettiva di circa 30.000 posti letto. La seconda destinazione – scelta per il turismo responsabile – è un esempio di offerta di ecoturismo con escursioni organizzate ed educazione ambientale.

**Obiettivi:** valutazione comparativa degli impatti ambientali legati a due pacchetti turistici appartenenti a tipologie di servizio contrastanti: turismo di massa e turismo responsabile. La prima tipologia tradizionalmente non si preoccupa degli impatti economici, sociali o ambientali ad essa collegati, mentre la seconda è particolarmente attenta a migliorare i propri impatti sociali e ambientali di tipo negativo.

**Unità funzionale:** i dati sono stati raccolti in funzione degli impatti ambientali "per gruppo di turisti per tipologia di viaggio", anche se il pacchetto del turismo di massa aveva una durata di tre giorni in meno rispetto al secondo pacchetto.

Al fine di analizzare l'efficienza degli hotel, sono stati inoltre analizzati i dati di queste strutture, non solo per il flusso di riferimento precedentemente illustrato, ma anche in funzione degli impatti generati "per turista per notte" e "per turista per periodo di soggiorno".

**Confini del sistema:** nei confini dei sistemi di prodotti comparati sono stati inclusi tutti i processi legati alla vacanza: dal momento in cui il cliente lascia l'abitazione fino al suo ritorno. L'autore ha denominato questa tipologia di studio "da porta a porta". Nello specifico le unità di processo incluse nel *foreground system* sono: viaggio dei turisti dalla propria abitazione all'aeroporto di partenza e viceversa, servizi aeroportuali, trasporto aereo, trasferimenti, ricettività turistica e altre attività turistiche.

**Qualità dei dati:** i dati sono stati raccolti tramite interviste dirette, analisi della letteratura o calcolati con sistemi informatici (nel caso della definizione delle distanze percorse dagli aerei).

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** sono stati selezionati degli indicatori per fornire una rappresentazione semplificata degli impatti ambientali: consumo di energia, consumo di alimenti, produzione di rifiuti solidi, consumo di acqua, emissione di sostanze chimiche e produzione di olii esausti di cucina.

L'analisi dell'impronta ecologica ha affiancato i sopraelencati indicatori per la valutazione comparativa.

**Peculiarità:** il caso studio del turismo responsabile evidenzia il ruolo rilevante degli operatori turistici nell'educare i clienti al rispetto dell'ambiente. Diversamente da altri studi presenti in letteratura, l'autore è ricorso a una definizione di turismo per delineare i confini dei sistemi da mettere a confronto.

**Principali limiti:** sebbene si sottolinei l'importanza di valutare gli impatti a carattere locale, questi vengono inclusi solo parzialmente tra gli indicatori di valutazione. Sebbene sia evidente uno sforzo notevole nel raccogliere i dati, si riscontrano diverse carenze per alcuni processi. Per esempio, per quanto attiene la fase di attività turistiche della vacanza nella destinazione Slanchev Bryag, la raccolta dei dati si limita al consumo di energia durante gli spostamenti dei turisti e trascurava i carichi ambientali di altre attività turistiche (es.: ristoranti, discoteche, negozi e così via). Non si affronta il problema dell'allocazione sebbene se ne possa ravvisare la necessità per diversi processi.

### **Input/Output LCA del settore turistico neo-zelandese (Patterson, McDonald, 2004)**

**Metodologia:** Input/Output LCA.

**Prodotto:** il settore turistico non è stato descritto dagli autori.

**Obiettivi:** un primo obiettivo è quello di valutare gli impatti ambientali diretti, indiretti e futuri dell'industria turistica neozelandese. Lo studio è stato inoltre realizzato per migliorare la conoscenza sulla sostenibilità del turismo attraverso l'identificazione dei legami tra ambiente ed economia.

**Confini del sistema:** sono stati individuati e quantificati tutti gli input forniti da altri settori al settore turismo. I confini del sistema vanno dal momento in cui i turisti lasciano casa fino al momento in cui tornano. Lo studio non include gli impatti legati ai beni importati dall'estero per mancanza di dati. Il mancato controllo degli impatti ambientali legati a questi beni è stato riportato come giustificazione di tale esclusione.

**Qualità dei dati:** i dati utilizzati provengono da fonti statistiche ufficiali (Statistics New Zealand, 1999) e il periodo di riferimento dello studio corrisponde agli anni 1997/1998.

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** nell'applicazione di Input/Output LCA, i settori sono stati comparati attraverso i seguenti indicatori di pressione ambientale: energia (TJ), acqua prelevata (m<sup>3</sup>), BOD<sub>5</sub> (kg), nitrati rilasciati (kg), fosforo rilasciato (kg), scarichi (m<sup>3</sup>) uso del territorio (ha) e CO<sub>2</sub> (t).

**Peculiarità:** attraverso un'analisi degli scenari, vengono stimati gli impatti ambientali futuri del settore analizzato. Considerazioni economiche affiancano quelle ambientali.

**Principali limiti:** nell'analizzare gli scenari futuri si sono combinate le previsioni sul numero di arrivi di visitatori (1997–2007) con i dati ambientali raccolti per il periodo 1997/1998, ipotizzando quindi una assenza di evoluzione tecnologica verso processi maggiormente eco-efficienti.

### **LCA di un imballaggio per alimenti da asporto a Taiwan (Kuo et al., 2005)**

**Metodologia:** LCA tradizionale.

**Prodotto:** lo studio ha per oggetto degli alimenti da asporto (meal box). Nello specifico, il prodotto si compone di un imballaggio – in carta, polistirene o polipropilene – che contiene riso, carne (maiale o pollo) e tre o quattro tipi di verdure. La maggior parte dei turisti di massa a Taiwan usa questo meal box per pranzo, specialmente quando è in movimento.

**Obiettivi:** valutazione comparativa degli impatti ambientali generati da tre tipologie di imballaggio di meal box per definire quella preferibile da un punto di vista ambientale.

**Unità funzionale:** un'unità d'imballaggio di meal box per ciascuna delle tre tipologie di materiale di cui può essere costituito.

**Confini del sistema:** le unità di processo considerate sono: produzione, uso e gestione finale dell'imballaggio del meal box. Rimangono fuori dai confini del sistema tutti i processi legati alla produzione degli alimenti.

**Qualità dei dati:** gli autori non descrivono a fondo la qualità dei dati, limitandosi a menzionare il database del Bousted, software di LCA utilizzato per creare l'inventario.

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** sebbene lo studio si fermi alla fase di LCI, i carichi ambientali sono stati classificati per le seguenti categorie d'impatto ambientale: consumo di energia e di materiali, inquinamento dell'aria, inquinamento dell'acqua e produzione di rifiuti.

**Peculiarità:** gli autori propongono, per i prodotti alimentari, di integrare la metodologia di LCA con l'Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP), metodologia consolidata per la gestione della sicurezza alimentare. L'integrazione potrebbe facilitare la raccolta dei dati d'inventario. Al fine di trarre conclusioni economiche dai risultati della LCI sui tre prodotti comparati, sono stati utilizzati i costi ambientali corrispondenti ai diversi carichi ambientali. Tali costi sono stati ottenuti dalla letteratura.

**Principali limiti:** lo studio ha considerato solamente le tre tipologie di imballaggio, escludendo gli alimenti per mancanza di dati dovuta a difficoltà nella raccolta. Le categorie d'impatto sono troppo generiche e non esaustive (es.: l'inquinamento dell'aria potrebbe includere l'effetto serra, l'assottigliamento dell'ozono stratosferico, l'acidificazione delle piogge, lo smog invernale e quello estivo). Sebbene non sia stata implementata neanche una fase di caratterizzazione, gli autori comparano i prodotti non solo in termini di carichi ambientali, ma anche di impatti ambientali.

#### **LCA di servizi di ricettività turistica in due hotel italiani (Raggi et al., 2005)<sup>14</sup>**

**Tipologia di metodologia Life Cycle:** LCA tradizionale secondo lo standard ISO 14040: 1997.

**Prodotti:** Servizio ricettivo offerto dall'hotel Prestige di Montesilvano, Abruzzo (Petti e Tontodonati, 2002); Servizio ricettivo offerto dall'hotel Dante di Cervia, Emilia Romagna (Mazzoni et al., 2004).

**Obiettivi:** gli obiettivi dei due studi di LCA sono i seguenti:

- identificazione delle criticità ambientali dei servizi di ricettività turistica;
- supporto all'implementazione di un Sistema di Gestione Ambientale;
- accrescimento dell'esperienza per la definizione delle Regole di Categoria di Prodotto (PCR) per sistema di etichettatura ambientale di Tipo III.

**Unità funzionale:** servizio di ricettività turistica riferito ad una presenza di un giorno.

**Confini del sistema:** tutte le attività dell'hotel sono state considerate all'interno dei confini del sistema. Per quanto riguarda il servizio principale di ospitalità, sono stati considerate le seguenti unità di processo: pulizia (stanze, corridoi, bagni, sala, biancheria, asciugamani ecc.), trasporto di biancheria e asciugamani (se non lavati internamente), consumo e produzione di calore ed energia elettrica, produzione e gestione dei rifiuti, produzione e trasporto di materiali e prodotti utilizzati (oggetti di cortesia, carta igienica, detergenti ecc.). È stato inoltre incluso il trasporto dei clienti da e per l'hotel. Sono stati esclusi dai confini del sistema la produzione dei beni durevoli – fattori di produzione impiegati dall'hotel – e la costruzione dell'edificio con i processi ad essi collegati.

---

<sup>14</sup> In questo paragrafo vengono presentati due casi studio, la cui analisi è stata accorpata per omogeneità di caratteristiche.

**Qualità dei dati:** i dati d'inventario sono stati raccolti direttamente presso gli hotel e le strutture di alcuni fornitori (es.: lavanderie, tipografie ecc.) mediante: visite dei siti, interviste dirette a dirigenti e personale, contatti diretti con i fornitori.

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** i dati raccolti sono stati elaborati nel software GaBi 4. Le problematiche ambientali sono state valutate con il metodo CML96.

**Peculiarità:** gli autori hanno implementato delle LCA "modulari" in cui ciascun servizio (modulo) fornito dall'hotel viene valutato singolarmente. Pertanto, gli impatti ambientali dell'intero sistema di prodotti possono essere calcolati sommando gli impatti di tutti i servizi (moduli) considerati nello studio (es.: ristorazione, sauna, piscina ecc.) (Petti et al. 2004).

I casi studio dei due hotel sono gli unici nella letteratura analizzata in cui, oltre alla classificazione e caratterizzazione, sono state implementate le fasi di normalizzazione e pesatura. Sebbene siano stati introdotti elementi soggettivi, gli autori hanno implementato anche queste fasi di LCIA per facilitare la lettura dei risultati ai portatori d'interesse non esperti.

Al fine di migliorare le prestazioni ambientali degli hotel, sono state proposte delle modifiche al servizio di ricettività turistica (es.: lavaggio della biancheria solo se richiesto dai clienti). L'analisi degli scenari di miglioramento ha permesso di valutare i vantaggi e gli svantaggi legati all'introduzione di queste proposte.

**Principali limiti:** gli autori hanno riscontrato difficoltà nel definire regole di cut-off, a causa di un ampio numero e varietà di materiali e prodotti consumati dai servizi ricettivi, nonché, in alcuni casi, nel raccogliere i dati per i vari processi.

### **LCA di strutture alberghiere in Portogallo (König et al., 2007)**

**Metodologia:** LCA implementata attraverso l'utilizzo del software LEGEP che adotta un approccio Life Cycle.

**Prodotto:** lo studio compara tre progetti (A, B e C) di struttura alberghiera (superficie di 33.600 m<sup>2</sup>, volume di 78.450 m<sup>3</sup>). La struttura, avente un andamento curvilineo, circonda un cortile.

Il progetto A prevede l'utilizzo di materiali e tecniche tradizionali (es. muratura in terra) e si caratterizza per le seguenti soluzioni energetiche: riscaldamento a legna, collettori solari per coprire il 30% del fabbisogno di acqua calda, assenza di climatizzazione.

Il progetto B, invece, combina materiali tradizionali con tecniche industriali (es. muratura con strati di argilla e mattoni porizzati) e si caratterizza per le seguenti soluzioni energetiche: riscaldamento e acqua calda con caldaia a metano, fotovoltaico per coprire il 30% dei consumi di energia elettrica, assenza di climatizzazione. Infine, il progetto C usa materiali e tecniche convenzionali (es.: cemento armato e materiali isolanti sintetici) adottando le seguenti soluzioni energetiche: riscaldamento e acqua calda da fonti fossili, aria climatizzata.

**Obiettivi:** la metodologia viene utilizzata per comparare gli impatti ambientali legati a tre tipologie di costruzioni alberghiere alternative. La metodologia è stata applicata al termine della fase progettuale al fine di selezionare il miglior progetto da un punto di vista ambientale.

**Unità funzionale:** l'unità funzionale in base alla quale vengono confrontati i tre progetti è l'intera struttura dell'edificio con le varie soluzioni tecnologiche.

**Confini del sistema:** sono stati considerati i seguenti processi legati al ciclo di vita dell'edificio sono stati considerati: costruzione, manutenzione, uso (pulizia), ristrutturazione, demolizione al termine della vita utile (si è ipotizzata una durata di 80 anni).

**Qualità dei dati:** l'inventario è stato realizzato grazie all'uso delle banche dati contenute nel software LEGEP: ECOINVENT, Baustoff Ökoinventare (IULHIM, 1995) ed una specifica sui prodotti da costruzione creata dalla software house del LEGEP.

**Metodo di valutazione degli impatti ambientali:** sono stati utilizzati i seguenti indicatori per valutare gli impatti ambientali:

- cambiamento climatico, kg CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup>
- acidificazione, kg SO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup>
- eutrofizzazione, kg PO<sub>4</sub> eq./m<sup>2</sup>
- energia non rinnovabile, MJ/m<sup>2</sup>.

**Peculiarità:** lo studio evidenzia la necessità di utilizzare un software specifico di LCA a supporto della progettazione di edifici. Si rimarca quindi l'importanza di prevenire gli impatti ambientali agendo sin dalla fase di progettazione.

**Principali limiti:** gli indicatori selezionati per la fase di caratterizzazione si riferiscono solo a quattro categorie d'impatto ambientale. Non viene considerato l'impatto sul paesaggio.

## Conclusioni

Nonostante il ruolo crescente dell'industria turistica nell'economia mondiale ed il riconoscimento dell'esigenza di valutarne in modo accurato i potenziali impatti sull'ambiente, vi è ancora una scarsa diffusione di modelli e applicazioni di LCA relativi ai prodotti turistici. Inoltre, le rare applicazioni mostrano una estrema eterogeneità rispetto all'oggetto dell'analisi ed alle scelte metodologiche effettuate. Ciò è attribuibile ad alcune peculiarità dei prodotti turistici, quale, tra le altre, la difficoltà della stessa definizione del prodotto turistico e della corretta individuazione dei confini del sistema, che possono rendere problematica l'adozione di approcci tradizionali di LCA.

Diversi sono, quindi, gli aspetti metodologico-implementativi da affrontare per favorire l'applicabilità e la diffusione dell'approccio LCA in questo contesto. Innanzitutto, vista la complessità e la molteplicità dell'industria turistica, si richiede una chiara identificazione dell'oggetto (o degli oggetti) di studio. Occorre pervenire ad una definizione sistemica e ad una classificazione di prodotto/servizio turistico che sia funzionale alla sua modellizzazione in un'ottica di LCA. L'orientamento sistemico nella definizione, già proposto, come si è visto in questa sede, da alcuni autori, risulta particolarmente stimolante in questo contesto, proprio perché coerente con l'approccio ecologico-industriale. Strettamente connesso a questo, vi è il problema dell'individuazione dell'ambito di riferimento, con la corretta identificazione di tutti quei processi da considerare all'interno dei confini del sistema. Comune con numerosi altri campi di applicazione dell'LCA è l'aspetto della reperibilità e qualità dei dati di inventario. Occorre valutare con attenzione se vi sia l'esigenza di disporre di banche dati ad hoc o se, invece, quelle attualmente esistenti possano considerarsi adeguate per la maggior parte delle applicazioni turistiche. D'altro canto, vista la spiccata specificità territoriale dei servizi turistici, è opportuno valutare adeguatamente l'esigenza dell'impiego di dati primari. Sarebbe inoltre utile studiare l'impiego di approcci metodologici non convenzionali che consentano di evidenziare la corretta distribuzione spazio-temporale degli impatti (particolarmente importante nel turismo, spesso caratterizzato dalla concentrazione degli aspetti ambientali nel tempo e nello spazio) o che permettano di considerare adeguatamente gli impatti indiretti, tipici delle attività di servizio, pur mantenendo il livello di dettaglio della classica LCA di processo (quali, ad esempio, gli approcci ibridi). Infine, occorre studiare le possibilità di integrazione della metodologia LCA con altri strumenti, quali quelli di supporto alla progettazione ed allo sviluppo (ad esempio QFD) e di comunicazione e marketing (quali Eco-label).

## Bibliografia

Bordin, A 2003, 'Turismo e Ambiente. Le interrelazioni tra turismo ed ambiente', *De Qualitate, Rivista Italiana della Qualità*, Marzo, pp. 46-52.

Camarsa, G 2003, 'Turismo sostenibile: l'impatto ambientale provocato dalle navi da crociera e dai turisti. Azioni e metodologie', *Rapporto sullo sviluppo sostenibile*, Fondazione Eni Enrico Mattei.

Chambers, T 2004, *Environmental Assessment of a mass tourism package holiday and a responsible tourism package holiday, using Life Cycle Assessment and Ecological Footprint Analysis*, Master Degree Thesis, University of East Anglia, Norwich.

Grasso, M 1997, *Le imprese di viaggio*, Franco Angeli, Milano.

Horvath, A 2000, 'LCA in the Service Industries: Case Study of Telecommunications and Tourism', *The International Conference and Exhibition on Life Cycle Assessment: Tools for Sustainability*, University of California at Berkeley, 25-27 aprile.

IULHIM 1995, *Institut für Industrielle Bauproduktion*, University of Karlsruhe; *Lehrstuhl Bauklimatik und Bauökologie*, Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar; *Institut für Energietechnik*, ETHZürich; M. Holliger *Energie*, Bern (Hrsg.), *Baustoffdaten Ökoinventare*, Karlsruhe, Weimar, Zurigo.

König, H, Schmidberger, E & De Cristofaro, L 2007, 'Life Cycle Assessment of a tourism resort with renewable materials and traditional construction techniques', in: L. Bragança et al. (Eds.), *Portugal SB07, Sustainable Construction, Materials and Practices*, IOS Press, Amsterdam, pp. 1043-1050.

Kuo, NW, Hsiao, TY & Lan, CF 2005, 'Tourism management and industrial ecology: a case study of food service in Taiwan', *Tourism Management*, vol. 26, no. 4, pp. 503-508.

Lawson, AM 1997, 'Benchmark Input-Output Accounts for the U.S. Economy, 1992', *Survey of Current Business*, U.S. Department of Commerce, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, Novembre.

Leiper, N 1979, 'The framework of tourism: towards a definition of tourism, tourist, and the tourist industry', *Annals of Tourism Research*, 6, pp. 390-407.

Mazzoni, E, Bruzzi, L, Sára, B, & Scimìa, E 2004, 'Valutazione energetico ambientale del ciclo di vita del servizio turistico ricettivo', *Atti dei seminari di Ecomondo 2004*, Rimini, 3 - 6 novembre.

Patterson, M & McDonald, G 2004, *How Clean and Green is New Zealand Tourism? Lifecycle and Future Environmental Impacts*, Manaaki Whenua Press, Landcare Research, Lincoln, Canterbury, Nuova Zelanda.

Peroni, G 1995, *Economia e management delle imprese alberghiere*, Franco Angeli, Milano.

Petti, L & Tontodonati, S 2002, 'The Use of LCA as a Tool to Implement EPDs: An Application to Hotel Services', *Proceedings of the Fifth International Conference on Ecobalance*, Tsukuba, Giappone, 6-8 novembre, pp. 329-332.

Petti, L, Raggi, A, Scimìa, E & Sára, B 2004, 'Eco-labelling for hotel services', *Proc. Sixth International Conference on EcoBalance*, Tsukuba, Giappone, 25-27 ottobre, pp. 621-622.

Raggi, A & Petti, L 2006a, 'A newly developed integrated environment-quality approach for the design of hotel services', *Progress in Industrial Ecology – An International Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 251–271.

---- 2006b, 'Life Cycle Assessment and tourism services', Relazione presentata al Workshop su Stato dell'arte e prospettive degli studi di Life Cycle Assessment in Italia, Bologna, 18 ottobre.

Raggi, A, Sára, B & Petti, L 2005, 'Life Cycle Assessment case studies in Small and Medium sized Enterprises offering tourist accommodation services', *Proc. of the 12th SETAC Europe LCA Case Studies Symposium*, Bologna, 10–11 Gennaio, pp. 171-174.

Rispoli, M & Tamma, M 1995, *Risposte strategiche alla complessità: le forme di offerta dei prodotti alberghieri*, Giappichelli, Torino.

Rosenblum, J, Horvat, A & Hendrickson, C, 2000, 'Environmental Implications of Service Industries', *Environmental Science & Technology*, vol. 34, no. 22, pp. 4669-4676.

Shi, H, Moriguchi, Y & Yang, J 2003, 'Industrial Ecology in China, Part 1', *Journal of Industrial Ecology*, vol. 6, no. 3-4, pp. 7-11.

Sisman, K 1994, 'A life-cycle analysis of a holiday destination: Seychelles', *British Airways Environment Report 41/94*, UK CEED, Cambridge, Gran Bretagna.

Statistics New Zealand 1999, *Tourism satellite accounts 1997*, Wellington, Statistics New Zealand, Nuova Zelanda.

U.S. Department of Commerce 1997, *Input-Output Accounts of the U.S. Economy, 1992 Benchmark*, Interindustry Economics Division, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

UK CEED 1998, 'An Assessment of the Environmental Impacts of Tourism in St. Lucia', *British Airways Environment Report 5/98*, Cambridge, Gran Bretagna.

UNWTO 2001, *Tourism 2020 Vision - Set of the 6 regional reports & "Global Forecast and Profiles of Market Segments"*, Pubblicazioni UNWTO, Madrid, Spagna.

UNWTO 2007, <http://www.unwto.org>, visitato il 10 febbraio 2007.

UNWTO, UNEP, WMO, 2007, *Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges*, Proc. 2nd International Conference on Climate Change and Tourism, Davos, Switzerland, 1-3 October.

Wilson, K 1998, 'Market/industry confusion in tourism economic analyses', *Annals of Tourism Research*, vol. 25, no. 4, pp. 803-817.

## **LCA di processi chimici innovativi: problemi e prospettive applicative**

Michele Aresta\*, Angela Dibenedetto, Gianfranco La Gioia  
Università di Bari, Centro METEA  
via Celso Ulpiani 27, 70126 Bari  
[m.aresta@chimica.uniba.it](mailto:m.aresta@chimica.uniba.it)

La innovazione di processo e di prodotto è la base della sostenibilità nell'industria chimica. La riduzione della utilizzazione di energia e di carbonio, l'eliminazione di prodotti tossici, la riduzione della produzione di reflui, che sono i pilastri dell'innovazione, passano attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie sintetiche che realizzano sintesi più dirette, ad elevata selettività, basso impatto ambientale, con diversificazione delle materie prime e riciclo di risorse (energia e materia).

La proposizione di una tecnologia innovativa e la sua accettazione devono necessariamente passare attraverso la comparazione del vecchio ciclo produttivo con il nuovo proposto, comparazione che solo può essere effettuata attraverso una Analisi e Valutazione del Ciclo di Vita dei processi.

Affrontare questo problema non è semplice in quanto non è immediato poter disporre di tutti i dati necessari ad una affidabile analisi.

I punti di maggiore criticità per i due processi sono legati ad una serie di fatti e difficoltà.

Per i processi on stream la disponibilità di dati di processo, i soli seriamente utilizzabili per una valutazione del ciclo di vita, è sovente molto scarsa ovvero reperibile attraverso la consultazione di siti specialistici che non sono di pubblico accesso. Molto spesso, pertanto, una corretta analisi è fattibile su una base puramente confidenziale (fatto positivo) o in associazione con i settori industriali interessati (molto positivo). Purtroppo, si assiste anche a situazioni in cui l'analisi viene realizzata sulla base di dati incerti e non verificati, cui non è legata alcuna analisi delle incertezze.

In maniera diversa si pone il problema relativamente ai processi innovativi i quali possono trovarsi ad un diverso stato di implementazione su scala di impianto. Lo "scale-up" di un processo può introdurre variabilità in particolari quantità sensibili per la valutazione del processo. Pertanto, la compiuta valutazione di un processo innovativo potrebbe essere affetta da una sotto- o sopra-valutazione di un numero di parametri chiave.

Quanto sopra riassunto porta alla conclusione che la comparazione di processi esistenti e di nuovi processi non è un fatto automatico e semplice e richiede una critica analisi di dati e situazioni e la elaborazione di procedure complesse per la validazione di risultati.

Per quanto concerne i nuovi prodotti, la corretta applicazione della LCA richiede la conoscenza di una lunga serie di parametri relativi alla tossicità ed alla persistenza. La nuova normativa REACH incrocia la LCA.

L'applicazione della LCA a nuovi processi e prodotti richiede un supporto di confidenzialità che rappresenta un costo. La organizzazione di Data-Base o di un accordo con determinati settori industriali o Istituti di Ricerca stranieri può rappresentare la via di uscita che può realmente dare un significativo supporto alla Rete Nazionale ed ai Gruppi che operano in questo settore.

## **Bibliografia**

Michele Aresta, Michele Galatola, Life Cycle analysis applied to the assessment of the environmental impact of alternative synthetic processes. The dimethylcarbonate case: part 1, *Journal of Cleaner Production*, 1999, 7, 181

Michele Aresta, Antonella Caroppo, Angela Dibenedetto and Marcella Narracci, Life cycle assessment (LCA) applied to the synthesis of methanol. comparison of the use of syngas with the use of CO<sub>2</sub> and dihydrogen produced from renewables. *Book on "Environmental Challenges and Greenhouse Gas Control for Fossil Fuel Utilization in the 21<sup>st</sup> Century"* edited by Maroto Valer et al., Kluwer Academic/Plenum Publisher, New York, 2002, 331.

Michele Aresta, Grazia Barberio and Angela Dibenedetto, Life cycle assessment of fuel production from macro-algae: evaluation of the net energy gain and CO<sub>2</sub> atmospheric loading reduction, GHGT-7 2005

Michele Aresta, Angela Dibenedetto and Grazia Barberio, Utilization of macro-algae for enhanced CO<sub>2</sub> fixation and biofuels production: development of a computing software for a LCA study, *Fuel Processing Technology*, 2005, 86, 1679.

Michele Aresta, Angela Dibenedetto, Francesco Nocito, "TOPCOMBI EU IP Project", 2006-2010.



Edito dall'ENEA  
Unità Comunicazione  
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma  
*www.enea.it*

Edizione della pubblicazione a cura di Giuliano Ghisu  
Copertina: Cristina Lanari

Stampa: Laboratorio Tecnografico C.R. Frascati  
Finito di stampare nel marzo 2008