



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

I-LCA V.3: AVVIO DELLE ATTIVITÀ DI AGGIORNAMENTO DELLA BANCA DATI ITALIANA PER LCA I-LCA V2.

Ing. Angela Fiore

Tutor: Ing. Laura Cutaia

Data	Firma stagista	Firma Tutor	Firma Responsabile Servizio
20.10.2008			

PREFAZIONE

La valutazione del ciclo di vita (LCA – Life cycle assessment) si configura come uno strumento conoscitivo fondamentale per l'attuazione delle politiche orientate alla sostenibilità nonché per l'implementazione di strumenti di gestione ambientale ed etichettatura ecologica.

L'applicazione della metodologia LCA richiede l'acquisizione di una ingente quantità di dati relativi al consumo di risorse ed agli impatti ambientali prodotti durante ciascuna fase del ciclo di vita (produzione, uso, fine vita). Naturalmente, tanto più i dati sono aderenti alla realtà che vogliono rappresentare, tanto più accurata sarà l'LCA prodotta.

Usualmente i dati sono distinti in primari (se sono specifici del bene/servizio del quale si sta conducendo la LCA) o secondari (se sono relativi a prodotti o processi analoghi). Per la realizzazione di studi LCA è necessario fare ricorso, in assenza di dati primari, a dati secondari di varia natura, disponibili in apposite banche dati sviluppate, negli ultimi anni, da centri di ricerca, società private, enti pubblici e organizzazioni industriali.

Per l'Italia, l'allora ANPA realizzò nel 2000 la banca dati I-LCA v.2, primo esempio di banca dati nazionale pubblica, disponibile per supportare pubblici e privati nella realizzazione di studi LCA. Tale strumento, che ha fornito dati relativi e/o adattati alla realtà italiana, attualmente di fatto non è più fruibile in quanto è stato realizzato secondo standard informatici non più attuali ed, inoltre, contiene informazioni che avrebbero bisogno di essere aggiornate.

La disponibilità di una banca dati per LCA nazionale, aggiornata, pubblica e fruibile può costituire quindi una grande risorsa per l'applicazione delle politiche di sostenibilità in Italia. Per tali motivi all'inizio del 2008, l'ISPRA ha avviato le attività per realizzare una nuova banca dati LCA italiana, pubblica, gratuita e disponibile on-line. Punto di partenza di tale banca dati è costituito dall'aggiornamento di I-LCA v.2 - (I-LCA v.3) - sia per quanto riguarda i dati in essa contenuti, sia per quanto riguarda gli standard ed i formati della BD stessa. Nell'ottica di inserire tale banca dati all'interno del network europeo per la LCA il gruppo di lavoro ha convenuto di realizzarla secondo gli standard già adottati dalla piattaforma europea per LCA (ELCD)¹, di concerto con i suoi gestori.

L'ing. Angela Fiore è stata attivamente coinvolta durante la prima fase di attività occupandosi, in particolare, della transcodifica dei dati di I-LCA v. 2 nel format della banca dati ELCD. L'ing. Fiore ha mostrato interesse nei confronti della materia e spirito di iniziativa nell'ambito del gruppo di lavoro individuando alcune soluzioni sia per la transcodifica dei dati, sia per la loro presentazione; ha portato a termine l'attività di transcodifica dei dati ed ha provveduto a realizzare un portale web per la loro presentazione e fruizione. Il lavoro svolto costituisce pertanto il primo tassello per la realizzazione della banca dati italiana per LCA e consente la fruizione dei dati contenuti in I-LCA v.2 nel formato utilizzato a livello europeo.

Ing. Laura Cutaia

¹ Banca dati ELCD European Reference Life Cycle Data System (<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/index.vm>)

INDICE

INTRODUZIONE	4
Metodologia	5
Capitolo 1. Il life cycle assessment e il life cycle thinking	7
1.1 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione	9
1.2 Life Cycle Inventory	10
Tipi di flussi	10
Foreground e background system	11
Allocazione	11
Strutturare i flussi elementari	11
1.3 Life Cycle Impact Assessment	12
1. 4 Interpretazione dei risultati	14
Valutazione dei risultati	14
Conclusioni e raccomandazioni	15
1. 5 Applicazioni di uno studio LCA	15
Applicazioni industriali	16
Applicazioni nella pubblica amministrazione	16
Capitolo 2. La realizzazione della banca dati I-LCA v.3	17
Introduzione	17
2.1 Le caratteristiche dei dati di I-LCA v.2: elementi di criticità	18
2.2 Obiettivi della banca dati I-LCA v.3	20
2.3 Piattaforma Europea sulla Valutazione del Ciclo di Vita (EPLCA)	20
2.4 Regole di conformità e validità e requisiti di qualità per dati LCI destinati alla banca dati centrale ELCD della piattaforma europea LCA	21
Requisiti di qualità	26
Scelte metodologiche	26
Precisione, completezza e rappresentatività dei dati	27
Convenzioni per la coerenza	28
Revisione	28
Definizione di "revisione tecnica"	29
2.5 La transcodifica di I-LCA v.2 nel format ELCD e creazione di una pagina web	30
Conclusioni	31
Appendice 1: Approccio LCA nello sviluppo dei criteri Ecolabel per edifici	33
Appendice 2: La rete Italiana LCA	37
Bibliografia	39
Sitografia	40

INTRODUZIONE

La mia attività di stage a carattere formativo in APAT si è svolta presso il Servizio Interdipartimentale per le Certificazioni Ambientali, con sede a Roma in Via Vitaliano Brancati, 48, dal 21/01/2008 al 21/07/2008.

Ho intrapreso questa esperienza perché coerente col mio background formativo di ingegnere gestionale specializzata in gestione ambientale d'impresa, con l'obiettivo di ampliare le mie competenze in questo ambito, essendomi stata offerta l'opportunità di collaborare allo sviluppo di attività tecnico-scientifiche di interesse nazionale e internazionale per la protezione dell'ambiente, in una struttura come APAT.

L'argomento su cui si è incentrato il mio stage è stato "il Life Cycle Assessment di prodotti e processi industriali", con focus particolare sulla fase di Inventory. Durante questi sei mesi di attività sono stata validamente supportata e guidata dalla tutor assegnatami, Ing. Laura Cutaia, la quale mi ha coinvolto in due progetti di competenza dell'APAT: un progetto principale sulla revisione della banca dati I-LCA v.2 sviluppata dall'allora ANPA nell'anno 2000, e un "progetto accessorio" sull'analisi di LCA esistenti di edifici, finalizzato all'implementazione dello studio per la definizione dei criteri dell'Ecolabel europeo per edifici, di cui APAT è capofila e che è attualmente in corso di svolgimento. Per quanto riguarda il progetto principale, obiettivo del mio lavoro di stage è stato di dare avvio all'aggiornamento della banca dati italiana per LCA predisponendo un nuovo formato per i dati, che fosse rispondente alle crescenti funzioni a cui lo strumento LCA deve assolvere, sopperisse alle criticità di I-LCA v.2 e fosse conosciuto a livello internazionale, in modo da consentire la collaborazione con realtà non italiane. Il nuovo formato scelto per la banca dati italiana LCA è il format ELCD (Life Cycle Data Set) della piattaforma europea LCA sviluppato dall'Institute for Environment and Sustainability (IES) del Joint Research Center (JRC) della Commissione Europea.

Nel primo capitolo delinea un quadro dello strumento Life Cycle Assessment, dei suoi obiettivi e campi d'applicazione, mentre nel secondo e terzo capitolo descriverò tutti gli aspetti riguardanti la mia principale attività di stage finalizzata all'aggiornamento della banca dati I-LCA v.2.

Nell'appendice riporterò sinteticamente i risultati dell'indagine condotta sull'approccio LCA nello sviluppo dei criteri Ecolabel per edifici e una descrizione della Rete Italiana LCA.

Infine allego al presente lavoro i file relativi alla trans-codifica dei dati di I-LCA v.2 nel format ELCD, e i file relativi alla creazione di una pagina web su cui poter in futuro rendere pubbliche le schede di I-LCA nel formato ELCD.

Metodologia

Le attività di start-up per l'aggiornamento della banca dati italiana per LCA (I-LCA v.2) sono state concordate e sviluppate nell'ambito del gruppo di lavoro di ISPRA che si occupa di questa materia.

La banca dati I-LCA v. 2.0 contiene dati di inventario relativi ad oltre quattrocento processi produttivi e di servizio, strutturati in quattro settori:

- Materiali e processi (carta, plastica, metalli, ...);
- Energia (processi produttivi di energia elettrica e termica);
- Trasporti (modelli dei diversi mezzi di trasporto merci e passeggeri);
- Fine vita (principali processi e tecnologie di trattamento di rifiuti).

I-LCA v. 2.0 è stata concepita secondo parametri che risultavano, allora – nel 2000-, innovativi e di qualità all'interno del panorama nazionale ed internazionale, quando lo sviluppo di database per LCA nazionali erano ancora in fase di avvio per diffusione ed autorevolezza.

Tuttavia, a distanza di sette anni, la struttura, le caratteristiche ed i dati stessi contenuti in I-LCA v. 2.0 risultano non più conformi ai requisiti, agli standard e alle caratteristiche tipiche delle banche dati per LCA maggiormente diffuse a livello nazionale ed internazionale. Tale distanza risulta particolarmente accentuata perché, proprio negli ultimi anni, sia a livello pubblico che privato, si è registrato un notevole impulso della ricerca finalizzata alla compilazione di banche dati per LCA di elevato standard qualitativo; parallelamente, inoltre, a livello di UE ed internazionale sono state messe a punto norme tecniche relative al formato ed alla qualità dei dati.

Alla luce di quanto sopra, possono essere identificati i seguenti elementi di criticità di I-LCA v.2.0:

- qualità dei dati (i dati sono principalmente di tipo aggregato e di tipo secondario, non tipici della realtà italiana, non aggiornati);
- potenzialità dello strumento (I-LCA v.2 è stata impostata per essere uno strumento di consultazione ma è difficilmente interfacciabile con l'utilizzo nei sw per LCA o per la condivisione di informazioni nell'ambito della comunità scientifica e tecnica);

Il progetto per la realizzazione della banca dati I-LCA v.3, pubblica, gratuita e disponibile on-line può costituire un volano per la diffusione dell'LCA e per il suo utilizzo sistematico nelle varie applicazioni per le quali costituisce un fondamento conoscitivo importante (ricerca, progettazione industriale, pianificazione).

Nell'ottica di inserire la banca dati I-LCA v.3 all'interno del network europeo per la LCA, il gruppo di lavoro ha convenuto di realizzarla secondo gli standard già adottati dalla piattaforma europea per LCA (ELCD).

Il presente lavoro di stage si è occupato di avviare le attività per l'aggiornamento della banca dati italiana per LCA, ossia si è occupato dell'estrazione, controllo e trans-codifica dei dati di I_LCA v.2. In una seconda fase dell'attività tali dati verranno verificati, aggiornati ed implementati con informazioni più aggiornate e con nuovi record di dati primari.

Le attività condotte sono state concordate e sviluppate nell'ambito del gruppo di lavoro di ISPRA che si occupa di questa materia. Le attività svolte e presentate in questa tesi sono riportate sinteticamente di seguito:

- ✓ ricerca di un formato adeguato agli obiettivi di aggiornamento della base di dati I-LCA v.2,
- ✓ individuazione del format europeo ELCD come quello ottimo,
- ✓ confronto fra le strutture e i contenuti delle due basi di dati,
- ✓ estrazione dei dati da I-LCA v.2;
- ✓ loro transcodifica nel formato ELCD;
- ✓ predisposizione di un portale web dinamico per la loro consultazione da parte degli utenti e per la loro modifica-integrazione da parte del gruppo di lavoro.

CAPITOLO 1. IL LIFE CYCLE ASSESSMENT E IL LIFE CYCLE THINKING

La valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment) è uno strumento metodologico che consente di analizzare gli impatti ambientali di un prodotto-servizio-processo in una prospettiva di ciclo di vita.

Il ciclo di vita di un prodotto è costituito da diverse fasi: estrazione delle materie prime, produzione dei materiali e dei componenti, utilizzo del prodotto, riciclo o smaltimento finale di alcune sue parti costituenti; attività quali, trasporto, immagazzinamento, vendita, vengono incluse nella valutazione del ciclo di vita se il loro impatto è considerato rilevante. Dunque la valutazione del ciclo di vita di un prodotto include tutti i processi produttivi e i servizi associati al prodotto durante tutto il suo ciclo di vita, “dalla culla alla tomba” (*from cradle to grave*).

Identificando un’unità funzionale è inoltre possibile quantificare la prestazione ambientale della funzione che quel prodotto svolge.

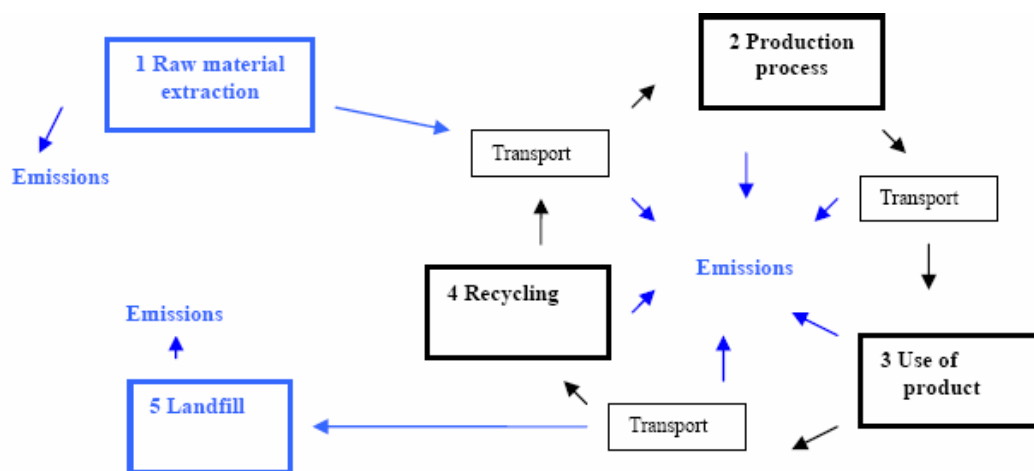


Figura 1. Schema di tutti i processi inclusi nella valutazione del ciclo di vita di un prodotto

Il concetto di ciclo di vita (**Life Cycle Thinking**) integra tutte le esistenti strategie di produzione e consumo attraverso un approccio che tenta di conciliare i bisogni dell’uomo quali cibo, abitazione e mobilità con la capacità di carico degli ecosistemi. Tale approccio può essere di grande aiuto nei processi decisionali sulle politiche produttive e di consumo in quanto consente di integrare aspetti ambientali locali con aspetti ambientali globali.

Oltre alla valutazione di ciclo di vita (LCA) in questa tesi esaminata nel dettaglio, il Life Cycle Thinking prevede altri strumenti quali: il *Life Cycle Management* (LCM), ovvero la minimizzazione

degli oneri ambientali lungo tutto il ciclo di vita, che può essere utilizzato nello sviluppo e applicazione di strategie di sostenibilità; il *Life Cycle Cost* (LCC), ovvero il costo di un prodotto o servizio durante il suo intero ciclo di vita (acquisto, utilizzo, dismissione); il *Design for Environment* (DfE) o Ecodesign, un metodo che supporta i progettisti durante lo sviluppo di un prodotto al fine ridurre l'impatto ambientale totale (riduzione delle risorse utilizzate, delle emissioni e dei rifiuti generati).

In uno studio LCA, per ogni singolo processo vengono documentati come “*Input*” l'uso di risorse, materie prime, parti di prodotto, vettori energetici, elettricità, ecc. Le emissioni in aria, acqua, terra, i rifiuti e i sotto-prodotti sono invece registrati come “*Output*”. Per gli input provenienti dalla “tecnosfera”, va inclusa nei calcoli la loro storia ambientale (flussi indiretti a monte). Per i rifiuti devono invece essere inclusi i processi di trattamento successivi. La somma totale degli input e output è la base per la valutazione degli impatti ambientali del prodotto o processo: le singole risorse utilizzate e le emissioni vengono aggregate secondo determinate categorie di impatto, illustrate nella figura seguente.

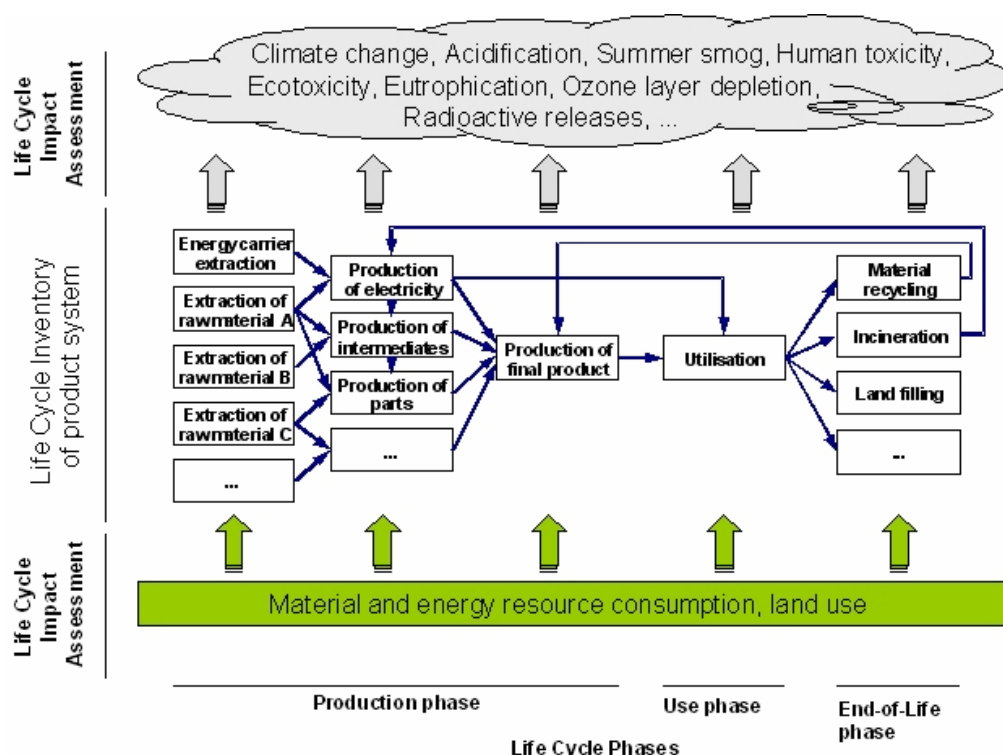


Figura 2. Schema di ciclo di vita di un prodotto con i flussi relativi agli scarti (in blu), alle risorse (in verde) e alle emissioni (in grigio) , seguiti dalla valutazione degli impatti relativi alle emissioni e al consumo di risorse.

Gli studi LCA sono standardizzati nella serie di norme ISO 14040 secondo lo schema seguente:

- Goal and scope definition (definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione)
- Life Cycle Inventory analysis, LCI (analisi di inventario)
- Life Cycle Impact Assessment, LCIA (valutazione degli impatti)
- Interpretation (interpretazione dei risultati)

Nei paragrafi seguenti descriverò in dettaglio tali fasi di una valutazione del ciclo di vita.

1.1 DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE

La definizione dell'obiettivo dello studio e del campo di applicazione è di fondamentale importanza in quanto i risultati ottenuti dovranno essere coerenti con tale definizione.

In questa fase bisogna specificare:

- L'applicazione che si intende dare allo studio
- Il motivo per cui si sta conducendo lo studio
- I possibili fruitori dello studio

Secondo la ISO 14040 gli obiettivi possono essere:

- Analisi della produzione o ottimizzazione dei processi
- Sviluppo di nuovi materiali
- Ottimizzazione dei materiali attraverso l'analisi delle sue prestazioni in una determinata applicazione
- Supporto alle decisioni nel marketing
- Ottimizzazione della produzione di un componente o confronto fra componenti
- Ottimizzazione di un componente dal punto di vista del prodotto e del suo ciclo di vita
- Ottimizzazione di un prodotto nel suo ciclo di vita
- Identificazione delle conseguenze risultanti da misure politiche (es: politiche energetiche)

Per definire il campo di applicazione dello studio bisogna invece:

- Descrivere l'oggetto dello studio: analisi del sistema-prodotto attraverso una presentazione chiara (es: diagrammi di flusso). I confini spaziali devono essere definiti coerentemente con quelli temporali. Fondamentale in questa fase è la definizione dell'*unità funzionale*, che specifica la funzione del sistema-prodotto in esame e la sua efficienza e fornisce un punto di

riferimento per i flussi in input/output, gli impatti potenziali sull'ambiente, sull'uomo e sul consumo di risorse.

- Stabilire le procedure fondamentali: definire e documentare le regole di base e i problemi specifici, come il livello di dettaglio richiesto, la scelta delle categorie di impatto in relazione alla specificità dello studio, l'applicazione di criteri di cut-off per l'esclusione di flussi input/output il cui contributo non risulti significativo.
- Stabilire i criteri di valutazione da applicare nella fase di valutazione degli impatti prima di iniziare la raccolta dei dati di inventario. Nonostante ci siano stati tentativi di includere gli aspetti socioeconomici nei criteri di valutazione, attualmente la maggior parte degli studi LCA considera gli impatti diretti sull'ambiente e sull'uomo e il consumo di risorse come criteri di valutazione. Per il rumore è stato recentemente sviluppato un approccio metodologico, ma la disponibilità di dati di inventario è ancora molto limitata.
- Stabilire le caratteristiche che i dati devono avere: la qualità dei dati ha una significativa influenza sui risultati LCA; a seconda dell'obiettivo dello studio devono essere formulate delle caratteristiche per la qualità dei dati (es: precisione, completezza e rappresentatività). Tutte le fonti di dati devono essere documentate. Qualunque assunzione o ipotesi fatta, ad esempio una stima, dovrebbe essere menzionata.

1.2 LIFE CYCLE INVENTORY

Il Life Cycle Inventory è la fase della valutazione del ciclo di vita che riguarda la compilazione e la quantificazione degli input e degli output e consiste quindi nella raccolta dei dati e nei successivi calcoli. Per la raccolta dei dati bisogna identificare e quantificare i flussi rilevanti in input e in output per l'intero ciclo di vita del prodotto.

Tipi di flussi

Si possono distinguere tre tipi di flussi di base: **elementary flow**, flussi elementari (emissioni, risorse) che vengono emessi nell'ambiente o da esso prelevati; **product flow**, flussi di prodotto (beni o servizi) che derivano dalla *tecnosfera* o sono ad essa destinati; **waste flow**, flussi rifiuto (un sotto-tipo dei flussi di prodotto).

L'uso di risorse e della terra, delle materie prime, dei prodotti fabbricati, dei materiali ausiliari, dei vettori energetici e dell'elettricità vengono registrati come input. Le emissioni in aria, in acqua, nel suolo, i rifiuti, gli scarti e i sottoprodotti vengono registrati come output.

Foreground e background system

Per il sistema delle conoscenze acquisite (foreground system) vengono raccolti dati specifici provenienti dai produttori o dalle attività degli operatori del processo/servizio; per il background dei dati LCI, vengono invece utilizzati dati provenienti da altri database attendibili. Dunque nella modellazione vengono combinati dati di foreground con i rispettivi dati di background.

Devono inoltre essere definiti appropriati criteri di *cut-off* per definire quali emissioni o sottoprodotti possono essere considerati non significativi ai fini dello studio. Nessun flusso rilevante deve però essere tralasciato per evitare che vi siano lacune nei dati.

Allocazione

Un problema che può presentarsi durante la fase di inventario riguarda la ripartizione di consumi e impatti relativi a prodotti differenti generati da uno stesso processo produttivo. Sui criteri da impiegare per tali ripartizioni poche sono ancora le indicazioni fornite. Regole di riferimento per l'operazione di allocazione ancora non ve ne sono. E' evidente che accortezza prima sarà quella di cercare di conoscere nel dettaglio il processo produttivo così da poter attribuire ad ogni prodotto finale la quota spettante di materia prima, energia consumata e quindi anche impatti in aria, acqua e rifiuti solidi. Quando ciò non risulti possibile, in quanto, ad esempio in uno stesso processo vengono lavorati più categorie di prodotti, si potrebbero ripartire consumi e relativi impatti: per via ponderale (quantità consumate assegnate in base al peso dei diversi prodotti - *allocazione in peso dei coprodotti*); in base al valore economico di ciascun prodotto - *allocazione per valore economico*; in funzione all'importanza (qualità + quantità + costo + rilevanza strategica) dei vari prodotti.

Strutturare i flussi elementari

I flussi lungo il ciclo di vita vengono di solito sommati per arrivare al flusso totale di ogni sostanza o materiale associato all'unità funzionale di riferimento. Le emissioni vengono riportate separatamente in accordo col mezzo ambientale in cui vengono rilasciate:

- In aria (gas o composti di particolato emessi attraverso camini, sistemi di ventilazione, ecc., dopo eventuali trattamenti per l'abbattimento dei fumi).
- In acqua (sostanze rilasciate insieme a qualunque tipo di acque reflue, dopo eventuali trattamenti di depurazione).

- Nel suolo (es: fanghi da impianti di depurazione sparsi su suoli agrari).

E' inoltre importante per condurre una buona valutazione degli impatti che le emissioni in acqua abbiano un impatto potenziale differente rispetto alle stesse emissioni in aria.

Il consumo delle risorse può essere distinto in “*material resources*”, “*energy resources*”, and “*land resources*” e può anche essere specificato se le risorse sono “*renewable*” o “*non-renewable*”.

E' pratica comune utilizzare un software LCA come strumento di supporto alla compilazione dell'inventario.

Riassumendo i passi più importanti del lavoro di inventario (LCI) sono:

- Definizione dell'unità funzionale di riferimento;
- Descrizione del sistema con diagrammi di flusso;
- Identificazione di unità di processo che possono essere modellate separatamente in un proprio inventario;
- Determinazione qualitativa e quantitativa degli input e degli output;
- Documentazione del tipo di indagine condotta sui dati;
- Raccolta dei dati di inventario e sui trasporti;
- Calcolo dell'inventario, con allocazione dei flussi e inclusione nell'inventario di altre serie di dati di background.

1.3 LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT

La valutazione degli impatti è condotta sulla base dell'analisi dei dati di inventario. I flussi di inventario vengono classificati secondo il loro potenziale impatto sull'*ambiente*, sulla *salute umana* e sul *consumo di risorse* nelle cosiddette categorie di impatto. Queste categorie forniscono indicatori degli impatti ambientali **potenziali** e non necessariamente degli impatti attuali; questi dipendono infatti dalla concentrazione dei contaminanti nell'ambiente e dal livello di superamento di determinate soglie dovuto dalla presenza di più sorgenti che agiscono nello stesso periodo di tempo e nello stesso luogo. Al contrario della Valutazione di Impatto Ambientale il Life Cycle Impact Assessment non è dunque sempre indicativo di uno specifico luogo. Lo sviluppo di uno strumento che consenta l'uso integrato di entrambi i metodi è attualmente oggetto di interesse scientifico.

Una categoria di impatto ben conosciuta è il Cambiamento Climatico potenziale (formalmente Riscaldamento Globale). Tutte le emissioni che producono un contributo potenziale all'effetto serra vengono assegnate a questa categoria. L'emissione più conosciuta in questa categoria è il biossido di carbonio (CO₂).

Dunque nel classificare i dati di inventario in accordo con il loro impatto ambientale potenziale, ha luogo un'aggregazione dei dati in ogni categoria di impatto. In questo modo il numero dei dati viene considerevolmente ridotto rendendo i risultati più facilmente interpretabili. Naturalmente anche i risultati della valutazione degli impatti potenziali si riferiscono all'unità funzionale scelta.

La fase LCIA è composta da azioni obbligatorie e facoltative. Quelle obbligatorie sono:

- Selezione delle categorie di impatto, degli indicatori per ogni categoria e dei modelli di caratterizzazione.
- Classificazione: attribuzione dei risultati di inventario alle categorie di impatto scelte. Per esempio, le emissioni di anidride carbonica contribuiscono all'effetto serra e sono quindi assegnate alla categoria di impatto "Cambiamenti Climatici". Se una sostanza contribuisce a più categorie di impatto, deve essere tenuta in considerazione in tutte queste categorie; per esempio l'ossido di azoto causa sia Eutrofizzazione che Acidificazione.
- Caratterizzazione: calcolo dei risultati per gli indicatori di categoria. Ad ogni sostanza viene assegnato un valore di impatto potenziale per la categoria alla quale è stata assegnata. L'impatto potenziale di una sostanza è stabilito in base ad un fattore dominante nella categoria. Questi impatti relativi vengono poi moltiplicati per l'ammontare di ogni emissione e gli impatti risultanti in ogni categoria di impatto vengono fra loro sommati.

Le azioni facoltative sono invece:

- Normalizzare: calcolare la magnitudo degli indicatori di impatto risultanti;
- Aggregare: fare una classifica delle categorie di impatto;
- Pesare: convertire e possibilmente aggregare gli indicatori risultanti secondo categorie di impatto usando numeri che indichino un valore; il valore dei dati antecedente alla pesatura deve rimanere disponibile;
- Analizzare la qualità dei dati LCIA addizionali: capire meglio l'affidabilità dei risultati che emergono dai valori calcolati per gli indicatori.

Per implementare le azioni facoltative è possibile usare informazioni estranee a quelle utilizzate per il Life Cycle Impact Assessment; l'uso di tali ulteriori informazioni va documentato e giustificato. L'applicazione dei metodi di normalizzazione, aggregazione e pesatura deve essere totalmente trasparente e coerente con l'obiettivo e il campo d'applicazione dello studio LCA. Tutti i metodi utilizzati e i calcoli effettuati devono essere documentati.

La selezione delle categorie di impatto deve essere coerente con l'obiettivo e il campo di applicazione stabiliti per lo studio LCA, e con la cosiddetta "*area di protezione*" rappresentativa delle entità che desideriamo preservare attraverso l'applicazione dello strumento LCA (risorse naturali, ambiente naturale, salute umana, costruzioni umane).

1.4 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

I risultati della valutazione degli impatti e dell'inventario vengono analizzati e vengono elaborate conclusioni e raccomandazioni. Un ulteriore aspetto è la trasparenza con cui vengono presentati i risultati dello studio LCA. Gli standard ISO comprendono tre elementi di interpretazione:

- Identificazione dei problemi rilevanti;
- Verifica della completezza, sensitività e consistenza dei risultati;
- Conclusioni, raccomandazioni e segnalazione dei problemi rilevanti.

Al fine di identificare i problemi rilevanti, deve essere individuato il contributo principale fornito da ogni categoria di impatto (quali emissioni e/o quali processi risultano più rilevanti per ogni categoria). I dati di inventario rilevanti che non possono essere registrati sotto nessuna categoria di impatto devono comunque essere integrati nello studio. Dopo che sono stati chiariti i processi e le fasi di vita rilevanti possono essere individuati i problemi rilevanti.

Valutazione dei risultati

I risultati devono essere valutati attraverso un controllo completo dei risultati sulla loro completezza e consistenza e un'analisi di sensitività sui processi o le fasi di vita individuati come critici. La completezza viene controllata per esempio attraverso il confronto dei dati di massa e di energia con le conoscenze di esperti del processo modellato. La sensitività è determinata attraverso il calcolo di scenari per differenti processi o parametri: gli effetti delle diverse ipotesi sul risultato finale mostrano la sensitività del processo stesso. Bisogna inoltre verificare che tutte le informazioni necessarie e i dati rilevanti per l'interpretazione siano disponibili e completi e investigare in che

misura le incertezze, causate ad esempio dalla stima dei dati mancanti, influiscano sul risultato. Il controllo di consistenza dei dati deve invece assicurare che la procedura adottata sia coerente con obiettivo e campo di applicazione dello studio e che la metodologia e le regole adottate siano state le stesse per l'intero sistema-prodotto.

Conclusioni e raccomandazioni

La terza fase contiene le conclusioni, raccomandazioni e la presentazione dei risultati. Nella figura seguente è illustrata la relazione esistente fra la fase di interpretazione e le altre fasi di uno studio LCA. È importante sottolineare che le conclusioni e le raccomandazioni di qualsiasi studio LCA devono riguardare solo l'obiettivo e il campo di applicazione dello specifico caso in esame; non sono cioè ammesse generalizzazioni dei risultati.

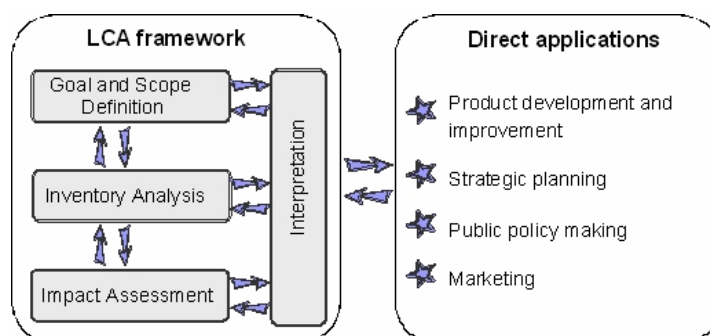


Figura 3. Relazione fra la fase di interpretazione e le altre fasi di uno studio LCA

1.5 APPLICAZIONI DI UNO STUDIO LCA

Le applicazioni di uno studio LCA riguardano varie tipologie di processi decisionali, quali ad esempio:

- Sviluppo e miglioramento di prodotto;
- Miglioramento di processi di funzionamento e servizio;
- Pianificazione strategica;
- Valutazione d'impatto di una tecnologia;
- Elaborazione di politiche pubbliche;
- Marketing.

Uno studio LCA può essere utilizzato da imprese o autorità con vari fini:

Applicazioni industriali

Il crescente interesse verso l'ambiente dei consumatori e altri importanti stakeholders ha portato molte industrie a prendere in considerazione le prestazioni ambientali del ciclo di vita dei propri prodotti. Per realizzare una produzione più "verde" l'LCA è utilizzato come supporto a strumenti metodologici quali il *Design for Environment* (DfE) e il *Design for Recycling* (DfR), per confrontare diverse opzioni di progettazione durante lo sviluppo del prodotto, per identificare i problemi ambientali più rilevanti all'interno del ciclo di vita dei propri prodotti o di prodotti concorrenti (benchmarking), per documentare miglioramenti delle prestazioni ambientali dei propri prodotti, per selezionare i fornitori in una logica di gestione verde della supply chain, per comunicare le prestazioni ambientali dei propri prodotti attraverso etichettature o dichiarazioni ambientali.

Ma anche al livello di siti di produzione e di organizzazioni, l'LCA permette di focalizzare l'attenzione su processi rilevanti attraverso la quantificazione degli effetti indiretti che si verificano fuori dal sito di produzione, ma sono causati dalla domanda del prodotto o servizio, e la scelta del sito più appropriato.

Schemi di gestione ambientale quali EMAS o ISO14001, così come le relazioni di sostenibilità ambientale, utilizzano informazioni provenienti da studi LCA.

Applicazioni nella pubblica amministrazione

L'utilizzo dell'approccio life cycle thinking è incentivato dall'IPP (*Integrated Product Policy*), strumento volontario di politica ambientale che minimizza gli impatti di un prodotto attraverso diversi strumenti, quali ad esempio: etichettature ambientali (prestazioni ambientali basate su criteri multipli), dichiarazioni ambientali di prodotto, acquisti verdi, strategie di gestione dei rifiuti, tassazioni che riflettono i costi ambientali (esternalità incluse) che i prodotti infliggono sulla società durante tutto il loro ciclo di vita.

Le Autorità possono anche utilizzare il principio di valutazione LCA nello sviluppo di leggi e piani d'azione sociale, o nella fornitura di diversi servizi come il trasporto, la generazione di energia elettrica o di trattamento dei rifiuti.

CAPITOLO 2. LA REALIZZAZIONE DELLA BANCA DATI I-LCA V.3

INTRODUZIONE

In uno studio LCA i dati vengono distinti in primari (se specifici del bene/servizio oggetto dello studio), o secondari (se relativi a prodotti o processi analoghi). Per lo sviluppo di valutazioni del ciclo di vita è dunque necessario disporre di questi due tipi di dati: spesso risulta però molto costoso rilevare dati primari in modo diretto attraverso misurazioni di varia natura; avendo invece a disposizione dati secondari di buona qualità è possibile condurre studi LCA in modo più economico: negli ultimi anni centri di ricerca, società private, enti pubblici e organizzazioni industriali hanno a questo scopo sviluppato apposite banche dati contenenti dati secondari per diversi settori di interesse.

Nel 1997 l'allora ANPA commissionò all'Associazione Impresa Politecnico l'incarico di progettare una banca dati che raccogliesse le informazioni più significative desunte da autorevoli banche dati internazionali. Questa versione (I-LCA v.1) non fu mai pubblicata.

Successivamente nel 2000 il progetto fu ripreso con la collaborazione di Ecobilan (PriceWaterhouseCoopers), Boustead Consulting LTD e Ambiente Italia, e fu pubblicata **I-LCA v.2**, primo esempio di banca dati nazionale pubblica, disponibile per supportare pubblici e privati nella realizzazione di studi LCA attraverso dati di inventario rappresentativi dei processi produttivi e di servizio effettuati nel sistema Paese Italia. Le fonti principali da cui vennero ricavati i dati furono banche dati internazionali quali APME (Associations of Plastics Manufacturers in Europe), BUWAL 250 (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), CORINAIR (COoRdination Information AIR - European Environment Agency, European Topic Center On Air Emission), ETH-ESU (Eidgenössische Technische Hochschule, Gruppe Energie – Stoffe – Umwelt), TEMIS (Total Emission Model of Integrated Systems).

Anche I-LCA v.2 non è attualmente più fruibile per i motivi che verranno espressi nel prossimo paragrafo. Rimane però prioritaria l'importanza della disponibilità di una banca dati per LCA nazionale, aggiornata, pubblica e fruibile, come risorsa per l'applicazione di politiche di sostenibilità in Italia.

All'interno di ISPRA è stato dunque avviato un progetto per l'aggiornamento di I-LCA v.2 (formato e dati) e la messa a punto di I-LCA v.3, conforme a standard europei, pubblica, gratuita e disponibile on-line.

2.1 LE CARATTERISTICHE DEI DATI DI I-LCA v.2: ELEMENTI DI CRITICITÀ

La banca dati I-LCA v.2 contiene dati di inventario relativi ad oltre 400 processi produttivi e di servizio strutturati in quattro settori:

- Materiali e processi (i più importanti materiali di base impiegati nell'industria come carte, plastiche, metalli, prodotti chimici, ...)
- Energia (Processi produttivi di energia elettrica e termica, secondo la tipologia e l'origine delle fonti energetiche impiegate in Italia)
- Trasporti (Modelli dei diversi mezzi di trasporto di merci e passeggeri).
- Fine vita (Principali processi e tecnologie di trattamento rifiuti esistenti oggi in Italia, come raccolta, selezione, trattamenti termici, discariche,...)

I dati di inventario relativi ai primi tre moduli sono rappresentativi della realtà industriale italiana di quegli anni (dati di letteratura), mentre i dati relativi ai processi di fine vita sono stati ricavati tramite un software di calcolo per la simulazione dei sistemi di trattamento dei rifiuti (modello SMAR elaborato da Ambiente Italia).

I quattro settori sono a loro volta suddivisi per via gerarchica in *categorie* e *subcategorie*, secondo una struttura ad albero evidenziata nella figura 4. All'interno delle subcategorie sono contenuti i *moduli*, che rappresentano i processi per i quali sono presenti i dati di inventario.

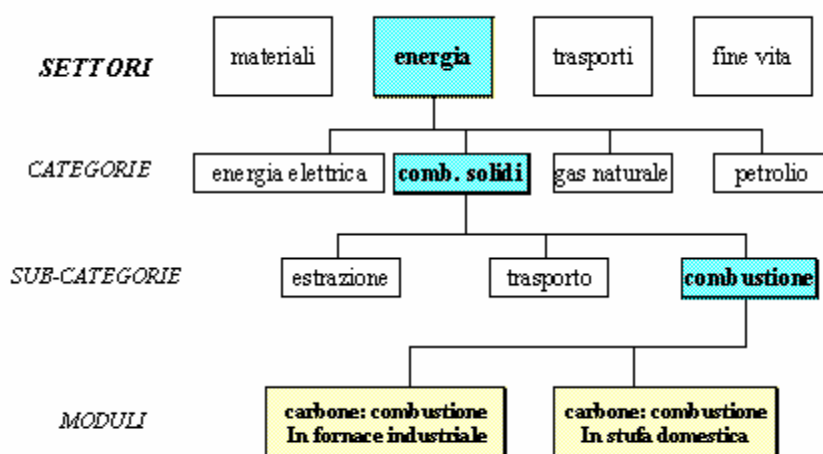


Figura 4. Struttura della banca dati I-LCA v.2 (esempio)

Tali dati di inventario (input/output) sono contabilizzati separatamente a seconda della loro provenienza o destinazione: natura, tecnosfera, aria, acqua, suolo.

Gli input dalla natura comprendono i consumi di risorse energetiche e non energetiche dovuti al processo incluso nel modulo. Le risorse energetiche comprendono i combustibili fossili, nucleari e

le fonti rinnovabili e sono generalmente espressi in massa. Il corrispondente valore energetico può essere calcolato utilizzando i poteri calorifici o l'energia di fissione.

Le risorse non energetiche comprendono principalmente minerali, rocce, elementi metallici, acqua e suolo.

Gli output in aria, acqua, suolo rappresentano le emissioni di sostanze inquinanti dovute al processo considerato. Essi comprendono tutti i principali macro e microinquinanti organici ed inorganici, espressi generalmente in massa.

Gli input dalla tecnosfera individuano quei materiali o servizi impiegati nel sistema considerato, che derivano a loro volta da altri processi produttivi o di servizio. Essi racchiudono gli aspetti ambientali indiretti di un sistema: sono quindi presenti nei moduli di tipo disaggregato.

Gli input dalla tecnosfera comprendono sostanzialmente: consumi di materiali e semilavorati (espressi in massa), consumi di energia in diverse forme (termica, elettrica, meccanica), operazioni di trasporto.

Se gli input dalla tecnosfera sono associati ad attività che avvengono a monte del processo descritto nel modulo, gli output verso la tecnosfera ne sono il prolungamento a valle. Essi individuano sostanzialmente i rifiuti originati dal sistema, i quali devono essere sottoposti ad un successivo trattamento che provoca altre interazioni con l'ambiente.

Per quanto riguarda input o output relativi alla tecnosfera bisogna tener presente che il carico ambientale complessivo legato al processo in oggetto è dato dall'unione dei carichi ambientali *diretti* presenti nel modulo (cioè quelli individuati dagli input dalla natura e dagli output in aria, acqua, suolo) e quelli *indiretti*, ricavabili dall'analisi dei corrispondenti processi di fornitura di materiali e servizi e di trattamento dei residui.

I parametri secondo cui I-LCA v.2 fu concepita risultavano allora innovativi in quanto si trattava di una delle prime banche dati nazionali per LCA, ma attualmente la sua struttura e i suoi contenuti non sono più conformi agli standard delle ormai diffuse banche dati pubblicamente accessibili. La ricerca si sta muovendo nella direzione di uno sviluppo notevole di banche dati per LCA, con l'emanazione da parte dell'UE di norme tecniche relative al formato e alla qualità dei dati. Dunque I-LCA v.2 non può inquadrarsi in questo contesto di sviluppo per tre motivi fondamentali:

1. Scarsa qualità dei dati che sono per lo più di tipo aggregato, dati secondari, informazioni non sempre specifiche della realtà italiana e obsolete per quanto riguarda la l'innovazione tecnologica.
2. Le potenzialità dello strumento sono estremamente limitate: l'utente non può effettuare alcuna elaborazione dei dati, se non esportare i dati in formato excel, ma non ad esempio nei più comuni software per LCA (SimaPro, Gabi, Team, ecc.).
3. Non è possibile per gli utenti aggiornare i dati o inserirne di nuovi.

2.2 OBIETTIVI DELLA BANCA DATI I-LCA v.3

Obiettivo della terza versione della banca dati italiana per LCA è di superare i limiti propri della seconda versione: essa conterrà dati di inventario realmente rappresentativi della situazione italiana e sarà strumento di condivisione e consultazione di dati di inventario essendo gratuitamente disponibile on-line. Conterrà sia dati della seconda versione opportunamente revisionati, validati o aggiornati, sia nuovi dati (di tipo primario). Sarà strutturata in modo che i moduli siano importabili all'interno dei più comuni software per l'elaborazione di analisi del ciclo di vita. Infine il formato sarà conforme agli standard messi a punto dalla piattaforma europea LCA (EPLCA). Proprio il perseguimento di questo ultimo punto ha costituito gran parte della mia attività di stage, finalizzata ad assolvere alle prime due fasi previste per l'aggiornamento di I-LCA v.2 e la creazione di I-LCA v.3: il recupero dei dati da I-LCA v.2 (estrazione dei moduli), l'identificazione e la predisposizione del nuovo format dei dati (standard europeo).

Nei prossimi tre paragrafi descriverò dunque le caratteristiche della banca dati europea per LCA, i requisiti di qualità relativi allo standard europeo per dati di inventario e il lavoro di transcodifica di I-LCA v.2 nel formato ELCD.

2.3 PIATTAFORMA EUROPEA SULLA VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA (EPLCA)

The European Reference Life Cycle Data System (ELCD) è un insieme di dati di inventory di elevata qualità su alcuni processi, prodotti e servizi fondamentali, pubblicamente accessibile sul web al portale <http://lca.jrc.ec.europa.eu/>; questa banca dati è stata sviluppata dal Institute for Environment and Sustainability del Joint Research Center dal 2004 al 2006 secondo un formato standard da loro stessi ideato. Le fonti principali dalle quali sono stati ricavati i dati sono: European Aluminium Association (**EAA**), the European Copper Institute (**ECI**), the European Confederation of Iron and Steel Industries (**EUROFER**), The Association of Plastics Manufacturers in Europe (**PlasticsEurope**, former **APME**), The European Federation of Corrugated Board Manufacturers (**FEFCO**), Groupement Ondulé (**GO**), e European Container Board Organisation (**ECO**).

Tutti i dati forniti da queste Associazioni sono stati approvati dalla Commissione prima di essere pubblicati nel database europeo.

Scopo principale del database ELCD è l'integrazione di strumenti LCA con un web-database che non richiede spazio di memoria sul proprio harddisk. E' possibile accedere liberamente a questi dati come supporto al proprio lavoro e anche distribuirli a terzi. Obiettivo del progetto è anche la possibilità di sviluppare un proprio set di dati ELCD sulla base del core dataset e di renderlo pubblicamente disponibile attraverso un crescente sistema non centralizzato; tali dati devono rispecchiare determinati requisiti di qualità che verranno esposti più avanti.

E' attualmente possibile o lo sarà a breve esportare i dati nei più utilizzati software per LCA quali BRE EnvPro DB, CMLCA, EDIP, EIME, eVerdEE, DIM, GaBi, KCL-ECO, LCA Evaluator, LEGEP, MIPS, Sabento, SimaPro, Sirii/SPINE, TEAM/DEAM, trainEE, e UMBERTO

Aggiornamenti ed estensioni:

A partire dal 2007 è possibile ampliare il core database ELCD con l'integrazione di altri materiali, vettori energetici, servizi di trasporto e gestione dei rifiuti; l'invito è rivolto principalmente alle associazioni europee operanti a livello di business.

Finora solo LCI data sets internamente rivisti e armonizzati vengono forniti attraverso il core database. Tutti gli insiemi di dati sono accuratamente selezionati, di alta qualità e in linea con la norma ISO 14040 e 14044.

2.4 REGOLE DI CONFORMITÀ E VALIDITÀ E REQUISITI DI QUALITÀ PER DATI LCI DESTINATI ALLA BANCA DATI CENTRALE ELCD DELLA PIATTAFORMA EUROPEA LCA

Di seguito vengono presentate le caratteristiche di conformità e validità che un set di dati deve possedere per essere inserito nella banca dati centrale ELCD. Il fatto che un insieme di dati rispecchi tali caratteristiche costituisce condizione necessaria, ma non sufficiente al suo inserimento nella banca dati ELCD.

VALIDITÀ': caratteristiche di base che un set di dati deve avere per essere utile, sensato, gestibile correttamente da un software o database (nome, format version number, data di generazione,...)

CONFORMITÀ': caratteristiche necessarie affinché un data set sia considerato ELCD conforme (sufficiente grado di documentazione, qualità e adeguatezza dei dati); queste caratteristiche non sono codificate in un "conformity stylesheet", ma devono essere controllate manualmente.

Un insieme di dati è tecnicamente valido secondo lo standard ELCD se :

- Sono presenti solo i campi e le voci previste; il contenuto di ogni campo/voce è del tipo previsto (testo, numero, data,...), esiste ed è ELCD valido, si riferisce ad un data set con ID conosciuto, la lunghezza del testo è consentita o è un “predefined entry”.
- Sono presenti tutti i campi e le sezioni segnalate come “obbligatorie” dal pallino rosa e le informazioni sono riportate nel formato specificato (vedi tabella)
- Le informazioni riportate in ogni campo sono corrette (verifica manuale).

Un insieme di dati è conforme allo standard ELCD se:

- E’ “tecnicamente valido”.
- Sono presenti tutti i campi e le sezioni segnalate come “obbligatorie” dal pallino verde (vedi tabella excel).
- Le informazioni riportate in ogni campo sono corrette (verifica manuale).

Di seguito riporto una tabella esemplificativa del formato ELCD con l’indicazione delle voci che vanno obbligatoriamente compilate affinché il set di dati risulti valido e conforme.

- **VALIDITY**
- **CONFORMITY**

PROCESS OR LCI RESULT INFORMATION	
KEY DATA SET INFORMATION	
LOCATION	•
GEOGRAPHICAL REPRESENTATIVITY	• Required only for location, not for sub-location.
DESCRIPTION	
REFERENCE YEAR	•
NAME (BASE NAME; TREATMENT, STANDARDS, ROUTES)	• Treatment, standards, routes, Mix type and location, Quantitative product or process properties.
USE ADVICE FOR DATASET	• can also have an entry such as “No special advice”
TECHNICAL PURPOSE OF PRODUCT OR PROCESS	•
SYNONYMS	
CATEGORY INFORMATION	Top category: Sub category: [may only use entries of the enumerated lists] <ul style="list-style-type: none"> • •
CLASSIFICATION CODE	
GENERAL COMMENT ON DATA SET	
COPYRIGHT	
OWNER OF DATA SET (CONTACT DATA SET)	
QUANTITATIVE REFERENCE	
REFERENCE FLOW(S)	•
TIME REPRESENTATIVITY	
DATA SET VALID UNTIL:	•
TIME REPRESENTATIVITY DESCRIPTION	
TECHNOLOGICAL REPRESENTATIVITY	

TECHNOLOGY DESCRIPTION INCLUDING
BACKGROUND SYSTEM
FLOW DIAGRAM(S) OR PICTURE(S) (SOURCE
DATA SET)

-
- Flow diagram of the relevant parts of the life cycle or of the modelled system/unit process or a diagram showing the exact system boundaries and not just a photo, logo etc.

MODELLING AND VALIDATION

LCI METHOD AND ALLOCATION

TYPE OF DATA SET
LCI METHOD PRINCIPLES
DEVIATION FROM LCI METHOD PRINCIPLES

-
- can also have an entry such as "None"

ALLOCATION OR SYSTEM EXPANSION
PRINCIPLES
DEVIATION FROM ALLOCATION OR SYSTEM
EXPANSION PRINCIPLES; EXPLANATIONS
MODELLING CONSTANTS
DEVIATION FROM MODELLING CONSTANTS

-
- can also have an entry such as "None"

DATA SOURCES, TREATMENT AND REPRESENTATIVENESS

DATA COMPLETENESS PRINCIPLES
DEVIATION FROM DATA COMPLETENESS
PRINCIPLES
DATA SELECTION AND COMBINATION
PRINCIPLES
DEVIATION FROM DATA SELECTION AND
COMBINATION PRINCIPLES
DATA TREATMENT AND EXTRAPOLATIONS
PRINCIPLES
DEVIATION FROM DATA TREATMENT AND
EXTRAPOLATIONS PRINCIPLES
DATA SOURCE(S) USED FOR THIS DATA SET

- the cut-off rules and other systematic exclusions should precisely be described
- can also have an entry such as "None"
-
- can also have an entry such as "None"
-
- can also have an entry such as "None"
- Data sources should be given as completely as possible, including sources of high relevance for relevant background data. A use of the field subreference is not required.
- if "TYPE OF DATASET"="Unit process, not pre-allocated" or "Pre-allocated unit process"
- if "TYPE OF DATASET"="Unit process, not pre-allocated" or "Pre-allocated unit process"
- if "TYPE OF DATASET"="Unit process, not pre-allocated" or "Pre-allocated unit process"

SAMPLING PROCEDURE

PERCENTAGE SUPPLY OR PRODUCTION
COVERED

DATA COLLECTION PERIOD

UNCERTAINTY ADJUSTMENTS

COMPLETENESS

COMPLETENESS PRODUCT MODEL

-

VALIDATION

TYPE OF REVIEW
SCOPE AND METHOD(S) OF REVIEW
REVIEW DETAILS ON DOCUMENTATION
REVIEW DETAILS ON LCI METHOD
REVIEWER NAME AND INSTITUTION (CONTACT)

OTHER REVIEW DETAILS

CONSISTENCY AND CONFORMITY

CONFORMITY SYSTEM NAME	• “ELCD conformity 1.0.1”
APPROVAL OF OVERALL CONFORMITY	• “Fully conform”
NOMENCLATURE AND HIERARCHY CONFORMITY	• “Fully conform”
METHODOLOGICAL CONFORMITY	• “Not defined” [Whether the right LCI method was applied depends on the intended use of the data set and consequently on the Goal and Scope definition. This will have to be checked manually, of course.]
REVIEW CONFORMITY	
DOCUMENTATION CONFORMITY	• “Fully conform”

ADMINISTRATIVE INFORMATION

COMMISSIONER AND GOAL

COMMISSIONER OF DATA SET (CONTACT)	•
INTENDED APPLICATION	•

DATA SET GENERATOR/MODELLER

DATA SET GENERATOR/MODELLER (CONTACT)	•
---------------------------------------	---

DATA ENTRY BY

DATE AND TIME COMPLETED	•
DATA SET FORMAT(S) (SOURCE DATA SET)	•
RE-PUBLICATION OF DATA SET (SOURCE)	
DATA ENTRY BY: (CONTACT)	
OFFICIAL APPROVAL OF DATA SET BY PRODUCER/OPERATOR (CONTACT)	•

PUBLICATION AND OWNERSHIP

UUID OF PROCESS OR LCI RESULT DATA SET	•
DATA SET VERSION	•
PERMANENT DATA SET URI	•
WORKFLOW AND PUBLICATION STATUS	
PUBLICATION OF DATA SET IN: (SOURCE)	
OWNER OF DATA SET (CONTACT)	•
ACCESS AND USE RESTRICTIONS	• (can also have an entry such as “No restrictions”)

INPUTS					
TYPE OF FLOW	EXCHANGE	RESULTING AMOUNT	MEAN AMOUNT	DATA SOURCE TYPE	DATA DERIVATION TYPE/STATUS
•	•	•	•	•	
<p>exclusively the “ELCD reference elementary flow data sets” may be used</p> <p>The creation and naming of such new Flow data sets should follow the same nomenclature and pattern as applied for the reference data sets.</p>					
OUTPUTS					
TYPE OF FLOW	EXCHANGE	RESULTING AMOUNT	MEAN AMOUNT	DATA SOURCE TYPE	DATA DERIVATION TYPE/STATUS
•	•	•	•	•	
<p>exclusively the “ELCD reference elementary flow data sets” may be used</p> <p>The creation and naming of such new Flow data sets should follow the same nomenclature and pattern as applied for the reference data sets.</p>					

Requisiti di qualità

I REQUISITI DI QUALITÀ sono applicabili ad ogni documentazione ELCD “valida e conforme” e si riferiscono alla forma e al campo di applicazione della documentazione stessa.

La documentazione deve rispettare il principio di adeguatezza: deve cioè essere talmente accurata e completa da permettere ad un utente di determinarne l’adeguatezza per un determinato caso applicativo. Questo significa che deve trasparire dai dati la rappresentatività degli stessi rispetto a un determinato prodotto/processo, l’area geografica, l’età dei dati, la precisione e la completezza dei dati rispetto alle categorie di impatto coperte dai flussi di input/output, le scelte metodologiche fatte e le assunzioni fatte.

Come requisito di base la raccolta e modellazione dei dati deve rispettare i principi delle ISO 14040 e 14044.

Per soddisfare i principi di adeguatezza i dati devono essere il più precisi e completi possibile, oltre che non viziati. Non sono stati fissati requisiti procedurali sulla raccolta, modellazione e aggregazione dei dati, ma solo in relazione alla qualità e adeguatezza dei dati finali.

Scelte metodologiche

- **Principi di modellazione:** i dati sono modellati secondo un approccio di “attribuzione” detto anche “average”
- **Confini temporali:** dovrebbero essere inclusi nell’inventario tutti i flussi input/output che si verificano come minimo nei primi 100 anni a partire dall’anno rappresentativo per il set di dati (es: emissioni da deposito di rifiuti). Tutte le emissioni che si verificano oltre i 100 anni vanno conteggiate in flussi elementari separati con l’indicazione “long term” (es: radioactive waste)
- **Indicatori misurati e indicatori somma:** flussi elementari quali gli indicatori misurati (AOX, COD, VOC,...) o gli indicatori somma (metalli, alcheni, pesticidi) creano problemi nella valutazione degli impatti perché la loro composizione varia molto a seconda dei diversi processi che provocano le emissioni. Questi indicatori possono essere esplosi in flussi elementari significativi di una singola sostanza che compone l’indicatore. Ciò è possibile senza misurare direttamente i singoli flussi, se sono disponibili pubblicazioni

che forniscono i dati; l'indicatore originario può comunque essere tenuto in conto come "General reminder flow" evitando però un doppio conteggio.

- **Le emissioni di particolato in aria** dovrebbero essere conteggiate separatamente come minimo come PM₁₀, PM_{2.5-10}, PM_{<2.5}, o meglio PM_{0.2-2.5} and PM_{<0.2}; inoltre ogni altra sostanza tossica o componente con rilevante impatto ambientale presenti nel particolato devono essere inventariate separatamente, in aggiunta alle emissioni di particolato (accettando in questo caso il doppio conteggio).
- **Tutti gli altri flussi elementari che sono "composti"** come i minerali, i rifiuti, i sottoprodotti non assegnati, devono essere appropriatamente specificati nella loro composizione (per esempio fornendo il loro potere calorifico, la loro composizione di elementi tecnicamente e ambientalmente rilevanti come "Flow property").

Precisione, completezza e rappresentatività dei dati

- **"Reference year"**: i dati devono essere più attuali possibile ed essere rappresentativi al minimo per l'anno 2002. Nel caso in cui un gruppo di dati faccia riferimento ad anni diversi, la voce "reference year" deve essere stimata da un giudizio esperto; nel caso in cui i dati provengano da anni troppo lontani fra loro (range maggiore di 5 anni) è richiesto di specificare l'età dei dati riguardanti i processi principali alla voce "*Time representativity description*". E' da notare inoltre che "Reference year" non è l'anno di pubblicazione o dei calcoli, ma delle misurazioni.
- **Criteri di cut off**: i flussi conteggiati devono rispettare al 99% una "Overall relevance" che riguarda tre argomenti fondamentali: ambiente naturale, consumo delle risorse, salute umana. Se questi tre argomenti sono di bassa rilevanza per lo specifico set di dati, non deve essere rispettata la rilevanza del 99% rispetto a tali argomenti, ma occorre fornire una breve giustificazione nella documentazione del set di dati.
- **Completezza**: i dati di inventory dovrebbero coprire principalmente tutti i flussi elementari che contribuiscono in maniera rilevante alle seguenti categorie di impatto: cambiamenti climatici, esaurimento dello strato di ozono, creazione di ozono fotochimico, effetti cancerogeni e non-cancerogeni sulla salute umana, effetti eco-tossicologici sulla terra, sulle acque dolci e sui mari, acidificazione,

eutrofizzazione (terrestre e acquatica), consumo delle risorse (materiali e energia), uso del territorio, radioattività. Se qualcuna di queste categorie di impatto non può essere coperta perché irrilevante per il prodotto-sistema modellato, deve essere esplicitato nella documentazione del set di dati.

- **Rappresentatività:** la rappresentatività dell'inventario del bene o servizio considerato sarà del +/-5% di deviazione standard per consumo di energia primaria e cambiamenti climatici, maggiore del +/-10% di deviazione standard per Acidificazione, Eutrofizzazione, consumo dello strato di ozono, creazione di ozono fotochimico, uso della terra, consumo delle risorse (materiali), maggiore del +/-25% di deviazione standard per gli effetti cancerogeni e non cancerogeni sulla salute umana, effetti eco-tossicologici e radioattività. Questa rappresentatività sarà stimata dal giudizio di esperti attraverso gli indicatori dei più completi e avanzati modelli di valutazione di impatto (es: Impact 2002+, ReCiPe,...).

Convenzioni per la coerenza

Per la creazione di nuovi set di dati da inserire nella banca dati ELCD è preferibile utilizzare come background i set di dati già appartenenti al database centrale ELCD piuttosto che altre fonti di dati; fanno eccezione quelle fonti di dati ritenute più appropriate perché più rappresentative di una determinata area geografica, di uno specifico materiale, vettore energetico o prodotto. Va sottolineato che in molti casi le associazioni di categoria che forniscono set di dati per la banca dati ELCD possono all'occorrenza fornire dati più specifici altrettanto gratuitamente. Nel caso vengano utilizzati come fonti set di dati non appartenenti alla banca ELCD, questi devono a loro volta avere come fonte set di dati provenienti dalla piattaforma ELCD. Solo nel caso di dati di proprietà non industriale appartenenti alla banca ELCD, possono essere utilizzate altre fonti di dati se viene dimostrato che queste siano di qualità superiore; tale superiore qualità deve comunque essere documentata dalle associazioni di categoria competenti. Se vengono utilizzate fonti di dati estranee a quelle contenute nel database ELCD, deve essere assicurata una coerenza sufficiente con i dati di proprietà industriale contenuti nel database ELCD.

Revisione

Una revisione critica indipendente ma limitata deve essere prevista per i dati inseriti nell'ELCD core database. Questa revisione è di responsabilità organizzativa e finanziaria dell'ente che fornisce i dati per la pubblicazione nel database ELCD. La revisione deve

essere fatta sulla base delle caratteristiche della “revisione tecnica” descritta di seguito e deve anche verificare che i dati corrispondano ai requisiti di qualità prescritti dalla piattaforma europea LCA (EPLCA). Il campo d’applicazione della revisione, i metodi e i risultati vanno documentati nel set di dati nella sotto-sezione “Validation”.

Definizione di “revisione tecnica”

La revisione tecnica è una revisione interna o esterna fatta sull’insieme finale dei dati al fine di inserirli nel database ELCD. Vengono valutate la qualità e l’adeguatezza della documentazione e dell’inventario. La revisione comprende anche un’analisi dei dati di inventario sul livello di plausibilità dei risultati attraverso l’applicazione di almeno uno dei più usati metodi CML2001 LCIA, Eco-indicatore 99, Impact 2002 +, o ulteriori metodi sviluppati per almeno le seguenti categorie d’impatto: cambiamento climatico, creazione di ozono fotochimico, acidificazione, eutrofizzazione (terrestre e acquatica), consumo di risorse (materiali ed energia), uso del territorio, effetti cancerogeni e non cancerogeni sulla salute umana, effetti eco-tossicologici (terrestri e acquatici).

Come parte della revisione tecnica i risultati dell’inventario saranno inoltre confrontati con risultati di inventario dello stesso prodotto-processo o di prodotti-processi simili provenienti da una o più fonti indipendenti. La documentazione sarà revisionata dal punto di vista della qualità, precisione, comprensibilità, conformità allo standard ELCD, estensione delle descrizioni appartenenti a ciascun campo, confronto con lo stato dei dati presenti nel database centrale ELCD.

La revisione tecnica sarà fatta in stretta collaborazione con le associazioni di categoria o altri proprietari dei dati che forniscono o approvano i dati.

La revisione tecnica verrà documentata in uno specifico report che spieghi brevemente il campo d’applicazione e le procedure di revisione, affermi che i dati soddisfano le prescrizioni qui fornite, e sia composto principalmente di grafici e numeri riguardanti i confronti, con spiegazioni molto brevi circa i risultati non plausibili e le differenze emerse nel confronto.

Se risulta necessario dalla revisione dei risultati, la serie di dati o la relativa documentazione sarà migliorata e ri-revisionata.

La relazione del riesame tecnico sarà messa a disposizione del JCR-IES e utilizzata per una revisione indipendente; non sarà pubblicata, ma rimarrà come documentazione di background interna alla comunità europea.

2.5 LA TRANSCODIFICA DI I-LCA v.2 NEL FORMAT ELCD E CREAZIONE DI UNA PAGINA WEB

Una volta individuato il format ELCD come il più appropriato per gli obiettivi che I-LCA v. 3 si propone occorreva estrarre i dati di I-LCA v.2 dal database sorgente del software e transcodificarli nel nuovo formato scelto.

Ho dunque predisposto una tabella in excel la cui struttura rispecchia quella del format ELCD; successivamente ho estratto i dati dal database sorgente effettuando una serie di Query in Access, e li ho copiati in corrispondenza delle opportune voci nella tabella. Ho ottenuto così un file Excel per ogni sub-categoria di I-LCA v.2 contenente tante cartelle quanti i moduli di quella sub categoria. Tali file sono contenuti nel primo allegato di questo elaborato. Obiettivo di questa operazione è rendere facilmente e immediatamente accessibili i dati di I-LCA v.2 che si presentano non aggiornati, ma nel formato che si intende mantenere per la futura terza versione della base di dati.

Un'ulteriore azione tesa a migliorare l'accessibilità dei dati di I-LCA v.2 è stata la creazione di una pagina web per la pubblicazione dei dati di I-LCA v.2 transcodificati nel formato ELCD, che potranno così essere letti e aggiornati agevolmente da un più ampio numero di soggetti interessati.

CONCLUSIONI

La Governance per la sostenibilità richiede analisi sia centralizzate che decentralizzate che coinvolgono attori con esigenze diverse (imprese, amministrazioni locali, ecc).

Vi è dunque la necessità di dotare tutti gli attori di adeguati strumenti di analisi. L'approccio del ciclo di vita è la base comune su cui si fondano questi strumenti.

Misurare la sostenibilità di prodotti, servizi e sistemi rimane una sfida complessa: la ricerca in questo campo è in continua evoluzione, nel tentativo di bilanciare interessi economici, ambientali e sociali.

Un piano d'azione per un consumo e una produzione industriale più sostenibile dovrebbe prevedere l'eco-progettazione e l'approccio del ciclo di vita come due degli elementi chiave per intervenire sulla produzione.

Il life cycle approach ha un ruolo centrale nelle politiche europee sull'ambiente, per la valutazione e certificazione della qualità ambientale e per attuare percorsi di eco-innovazione: esso consente anche di contabilizzare anche le emissioni "delocalizzate" in paesi in via di sviluppo dall'attuale struttura produttiva europea.

Nonostante la validità del LCA sussistono ancora grandi difficoltà di diffusione nelle imprese, soprattutto medie e piccole, a causa delle scarse competenze sulle metodologie e sull'utilizzo degli strumenti, della scarsa disponibilità di personale interno specializzato, dei costi elevati, del tessuto di consulenti spesso non adeguato, del supporto insufficiente della P.A., degli strumenti certificativi standard non rispondenti pienamente ai bisogni delle imprese.

In questo quadro risulta fondamentale il ruolo che può giocare un database pubblicamente accessibile contenente dati di buona qualità per lo sviluppo di studi LCA.

La disponibilità di accreditate informazioni LCA potrebbe coadiuvare l'attuazione di azioni progettuali strategicamente importanti per lo sviluppo sostenibile del Paese nei seguenti campi: ecodesign nel settore edilizio, programmazione per i sistemi di gestione e trattamento dei rifiuti, programmazione del piano energetico, programmazione del piano di mobilità.

In conclusione è possibile affermare che sono senza dubbio molteplici i benefici derivanti dall'aggiornamento della banca dati I-LCA: agevolazione del monitoraggio ambientale

delle attività produttive sul territorio nazionale, sostegno scientifico allo sviluppo di DAP, IPP, GPP, EMAS ed Ecolabel per la circolazione di prodotti verdi, supporto alla gestione ambientale delle imprese e miglioramento dell'efficienza con conseguente accrescimento della competitività aziendale, aumento della domanda di figure professionali, oggi poco diffuse, specializzate sul LCA , collaborazione fra organismi istituzionali, accademici e aziendali per uno sviluppo armonico della società, adeguamento delle politiche nazionali a quelle internazionali di sviluppo sostenibile.

APPENDICE 1: APPROCCIO LCA NELLO SVILUPPO DEI CRITERI ECOLABEL PER EDIFICI

Il progetto per lo sviluppo di criteri ambientali per l'assegnazione dell' Ecolabel Europeo a un possibile gruppo di edifici nasce dalla volontà di affiancare alle certificazioni obbligatorie di efficienza energetica , previste dalla direttiva 2002/91 un sistema complementare di certificazione volontaria.

Ma perché la scelta di uno strumento come l'Ecolabel per gli edifici? In primo luogo l'Ecolabel Europeo considera gli aspetti ambientali e gli impatti lungo tutto il ciclo di vita di un prodotto o servizio, stabilendo criteri per il miglioramento delle prestazioni ambientali che vengono periodicamente aggiornati per garantirne l'eccellenza. La valutazione degli impatti ambientali con un approccio del ciclo di vita implica quindi la valutazione non solo di aspetti energetici, ma anche relativi all'uso di acqua, materiali da costruzione, qualità dell'aria, produzione di rifiuti, ecc. Considerando la crescita del settore edilizio e il suo peso in termini ambientali, questo tipo di approccio al livello europeo è divenuto assolutamente necessario.

L'industria dei materiali da costruzione, l'uso di acqua e energia del settore residenziale e la permanente occupazione dei suoli sono fattori legati alle fasi costruttiva e d'uso degli edifici che costituisce una parte consistente dell'impatto ambientale causato dalla società: infatti la domanda di energia del settore edilizio e residenziale corrisponde al 30-40% della domanda globale di energia e approssimativamente 44% della domanda di materiali. Di conseguenza è di prioritaria importanza fornire al settore edilizio la possibilità di incrementare la sua sostenibilità in tempi ragionevoli. La valutazione del ciclo di vita è applicabile in tutti i tipi di edifici ed esamina gli impatti ambientali di un edificio nella sua totalità; dunque vengono conteggiati i flussi di materia ed energia lungo tutta la vita dell'edificio: i flussi a monte relativi a estrazione delle materie prime, produzione, trasporto e costruzione, i flussi relativi alla fase d'uso, e i flussi a valle relativi a demolizione e smaltimento. Successivamente vengono calcolati gli impatti locali e globali in base alle diverse categorie di impatto (consumo di energia, produzione di rifiuti, riscaldamento globale, ...).

Il LCA nel settore edilizio è attualmente meno sviluppato rispetto ad altri settori, ma sembra crescere velocemente l'uso di tale strumento. Vi sono ad esempio studi su singoli materiali da costruzione e più di recente si stanno sviluppando studi con un approccio all'intero ciclo di vita degli edifici, supportati dall'emergere di software che tentano di

incorporare i metodi LCA nella progettazione e analisi degli edifici; tuttavia, a causa della limitata disponibilità di dati e della varietà di tecniche costruttive e materiali, nessuno di questi strumenti è in grado attualmente di modellare un intero edificio o di stimare gli impatti ambientali di tutte le fasi e i processi del ciclo di vita.

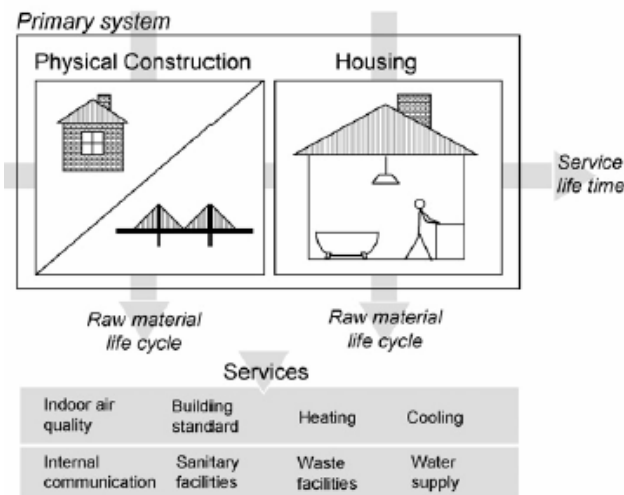
Due sono gli approcci principali utilizzati per lo sviluppo di studi LCA per edifici: un approccio *bottom-up*, incentrato sulla scelta dei materiali, e uno *top-down* che considera un edificio esistente, per valutarne i possibili miglioramenti.

Occorre dunque esaminare in modo accurato tutti gli aspetti ambientali legati alla vita di un edificio dal punto di vista fisico, del suo utilizzo, e quelli legati ai sistemi esterni adiacenti.

Quando devono essere valutate le prestazioni ambientali della fase di costruzione e uso di un edificio è necessario utilizzare un approccio metodologico flessibile; le valutazioni del ciclo di vita degli edifici sono spesso lineari, ovvero includono fasi quali costruzione, uso e manutenzione, demolizione, trattamento dei rifiuti. Questo tipo di approccio lineare non è valido per molti edifici e in particolare non può essere applicato al caso della ristrutturazione, che non viene così considerata fra le fasi del ciclo di vita.

Dunque un approccio “*sequenziale*” risulta più adeguato per lo sviluppo di un LCA per edifici, che terrà in considerazione tutte le fasi del ciclo di vita di un edificio: costruzione, manutenzione, ristrutturazione, estensione, uso e scenari di fine vita inclusa demolizione e riciclo dei materiali; il vantaggio dell’approccio sequenziale è che ciascuna fase del ciclo di vita può essere analizzata separatamente attraverso un proprio inventory. E’ sempre possibile aggiungere ulteriori fasi al ciclo di vita coerentemente con gli obiettivi e il campo di applicazione definiti.

Al fine di ottenere una struttura di modellazione flessibile per il settore edilizio viene introdotto un sistema primario, costituito da due sottosistemi corrispondenti rispettivamente alla fase di costruzione fisica e alla fase d’uso.



Due approcci di ciclo di vita sono validi in questo tipo di modellazione: uno relativo al servizio offerto dall'edificio durante tutto il ciclo di vita e uno relativo all'uso delle materie prime. I servizi considerate in ogni studio LCA verranno inclusi nella definizione di unità funzionale.

Risulta a volte complicate distinguere quail impatti vengono generati dale caratteristiche intrinseche della tipologia costruttiva, e quail dal comportamento degli utenti. Questo problema può essere ovviato se l'unità funzionale si basa sul concetto di "servizio edificio" piuttosto che su quello dell'edificio fisico in sè: dunque la prestazione ambientale di un'attività sarà necessariamente influenzata sia dalle modalità d'uso dell'edificio, che dalle sue caratteristiche costruttive.

Due approcci per lo sviluppo di LCA di edifici.

Un edificio è solitamente costruito con un finalità d'uso prestabilita. Poichè però sia la sua struttura costruttiva, che il suo utilizzo può cambiare nel corso del tempo, questo prodotto-servizio deve essere considerato come un sistema dinamico: occorre dunque definire un'unità funzionale che comprenda tutti i possibili servizi offerti dall'edificio lungo tutto il suo ciclo di vita. Per esempio il servizio che una costruzione può fornire è quello abitativo per il quale esisterà sempre una domanda; uno studio LCA in questo contesto potrebbe coprire la prestazione dell'edificio in relazione alla domanda abitativa, e l'edificio fisico in sè sarebbe trattato come un'entità separata. Diviene quindi logico distinguere fra due tipi di approcci per l'applicazione del LCA:

- L'approccio APE (*Alternative Product Evaluation*) corrisponde all'applicazione tradizionale del LCA descritta nelle ISO 14040, secondo la quale gli output di un prodotto/servizio vengono quantificati in base all'unità funzionale scelta; diversi

prodotti/servizi con la stessa unità funzionale vengono poi confrontati sulla base della loro prestazione ambientale.

- L'approccio EFD (*Environmental Functional Demand*) è basato su una quantità calcolata come rapporto fra impatto ambientale accettabile e output del prodotto/servizio considerato. Un certo numero di tali quantità, preventivamente calcolate, vengono poi stabilite come obiettivi, costituendo così il punto di partenza per la procedura di valutazione. Vengono identificate differenti soluzioni tecniche che soddisfano la quantità calcolata e ogni determinato inventario viene messo in relazione col profilo ambientale corrispondente.

APPENDICE 2: LA RETE ITALIANA LCA

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.

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.

La Rete Italiana LCA, promossa e coordinata dall'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie l'Energia e l'Ambiente), 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 della Rete Italiana LCA sono:

- promuovere lo **scambio di informazioni** e buone pratiche sullo stato dell'arte e le prospettive degli studi di LCA in Italia;
- 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.

Tra le attività della Rete LCA ci sono: *Servizi informativi* (Portale Internet, Newsletter e Mailing list), Gruppi di Lavoro, Workshop annuale della Rete Italiana LCA che l'anno prossimo giungerà alla terza edizione.

I gruppi di lavoro sono: alimentare e agroindustriale, technology assessment, prodotti chimici, servizi turistici, edilizia e climatizzazione, gestione e trattamento dei rifiuti. Le finalità di tali gruppi sono: 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

nell'applicazione degli strumenti di LCA, identificare linee di ricerca future e interazione con altri strumenti per settore.

BIBLIOGRAFIA

APAT, “Sviluppo della banca dati Italiana per la valutazione del ciclo di vita I-LCA v.3”, Servizio per le certificazioni ambientali, gennaio 2008.

Carlson R., Häggström S., Pålsson A.C., “LCA training package for users of LCA data and results”, Industrial Environmental Informatics, Chalmers University of Technology, November 2003.

Masoni P., “XXXII Convegno di Economia e Politica Industriale. La competitività nell’era della sfida ambientale. Strategie industriali e politiche pubbliche”. Università degli studi “G. D’Annunzio”, settembre 2008.

Erlandsson M., Borg M., “Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services—today practice and development needs”, Building and Environment 38, Pergamon 2003.

Asif M., Muneer T., Kelley R., “Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland”, Building and Environment 42, Elsevier 2007.

Scheuer C., Keoleian G. A., Reppe P., “Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications”, Energy and Buildings 35, Elsevier 2003.

Klunder G., “The search for the most eco-efficient strategies for sustainable housing construction; Dutch lessons”, Journal of Housing and the Built Environment 19: 111–126, Kluwer Academic Publisher 2004.

APAT, Manuale I-LCA v.2, Roma, 2000.

SITOGRAFIA

<http://lca.jrc.ec.europa.eu/>

<http://www.reteitalianalca.it/>