



Servizio Centrale
Ambiente

GUIDA ALL'ANALISI DEL CICLO DI VITA

LIFE CYCLE ASSESSEMENT

L
C
A

FEDERAZIONE
NAZIONALE IMPRESE
ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE

CONFINDUSTRIA



Guida all'Analisi Del
Ciclo di Vita

LIFE CYCLE ASSESSEMENT

LA FEDERAZIONE ANIE

La Federazione ANIE, aderente a Confindustria, rappresenta le imprese elettrotecniche ed elettroniche che operano in Italia.

Si tratta del quarto settore industriale in Italia, con un fatturato di oltre 75.000 miliardi di lire.

ANIE raggruppa 16 associazioni e riunisce 900 imprese con 155.000 addetti.

La struttura di ANIE si articola nella Direzione Generale, nella Direzione Affari Internazionali, nelle Segreterie delle Associazioni e in 7 servizi Centrali.

Un ufficio permanente a Bruxelles cura i contatti con le Istituzioni e gli organismi Europei.

Fanno capo ad ANIE due strutture operative: ANIE Promozione, che offre servizi alle imprese, e Associazione Intel, che opera con successo in campo fieristico.

IL SERVIZIO CENTRALE AMBIENTE

Il Servizio Centrale Ambiente segue l'evoluzione della legislazione nazionale e comunitaria di specifico interesse del settore elettronico ed elettrotecnico (rifiuti, imballaggi, sistemi di gestione ambientale, cambiamenti climatici, efficienza energetica, sostanze lesive dell'ozono) e tutela gli interessi delle Associazioni e delle Imprese Associate nei rapporti con le Istituzioni.

Il Servizio svolge attività di formazione organizzando seminari di aggiornamento e realizzando guide e documenti, tesi ad assicurare una corretta informazione su temi di particolare interesse.

RESPONSABILE

DANIELA CAPACCIOLI

PUBBLICAZIONI

BOLLETTINO DI INFORMAZIONE AMBIENTALE

COME RAGGIUNGERCI

TELEFONO +39-023264 317

FAX +39-023264 212

SITO [Http://www.anie.it](http://www.anie.it)

E-MAIL Ambiente@anie.it

AUTORI

GRUPPO DI LAVORO LCA

Hanno contribuito alla realizzazione di questa guida:

<i>Dr. A. Giacomucci</i>	ABB
<i>Sig. B. Bonanomi</i>	SCHNEIDER ELECTRIC
<i>Ing. G. Cordioli</i>	NUOVA MAGRINI GALILEO
<i>Ing. C. Ferraris</i>	GEWISS SPA
<i>Ing. F. Moretti</i>	WHIRLPOOL
<i>Ing Saul Fava</i>	ANIE
<i>Ing G. Di Renzo</i>	ASDE

In particolare, per l'ultima revisione, si ringraziano:

<i>Dr. A. Giacomucci</i>	ABB
<i>Sig. B. Bonanomi</i>	SCHNEIDER ELECTRIC
<i>Ing. G. Cordioli</i>	NUOVA MAGRINI GALILEO
<i>Ing R. Corridori</i>	ANIE - SERVIZIO CENTRALE AMBIENTE

INDICE

1	PERCHÉ QUESTA GUIDA	1
2	IL SISTEMA LCA: GENERALITÀ	3
2.1	INTRODUZIONE ALLA LCA	3
2.2	DEFINIZIONI	4
2.2.1	ALLOCAZIONE	4
2.2.2	ANALISI (VALUTAZIONE) DEGLI IMPATTI	4
2.2.3	ANALISI DEL CICLO DI VITA:	4
2.2.4	CONCENTRAZIONE EQUIVALENTE DI ANIDRIDE CARBONICA	5
2.2.5	CONFINI DEL SISTEMA	5
2.2.6	ENERGIA CUMULATA	5
2.2.7	ENERGIA DIRETTA O DI PROCESSO	6
2.2.8	ENERGIA DI FEEDSTOCK	6
2.2.9	ENERGIA INDIRETTA	6
2.2.10	INTERPRETAZIONE	6
2.2.11	INVENTARIO	6
2.2.12	PROCESSO UNITARIO	7
2.2.13	RIFIUTO	7
2.2.14	SISTEMA-PRODOTTO	7
2.2.15	UNITÀ FUNZIONALE	7
2.2.16	QUALITÀ DEI DATI	7
2.3	STRUTTURA DI UNO STUDIO LCA	7
2.4	FASI DELLO STUDIO	8
2.4.1	DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEGLI SCOPI	8
2.4.2	ANALISI DELL'INVENTARIO (LCI)	10
2.4.3	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	10
2.4.4	INTERPRETAZIONE E MIGLIORAMENTO	12
2.5	LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	12
2.5.1	LCA - QUALITATIVA	12
2.5.2	LCA – SEMPLIFICATA	12
2.5.3	LCA - DETTAGLIATA	13

2.6	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI E METODI DI VALUTAZIONE DI IMPATTI AMBIENTALI	13
2.6.1	METODO DEI VOLUMI CRITICI	15
2.6.2	EPS (ENVIRONMENTAL PRIORITY SYSTEM)	15
2.6.3	ECO-INDICATORI	15
2.7	CREDIBILITÀ DEI RISULTATI	16
2.7.1	REVISIONE CRITICA	16
2.7.2	CERTIFICAZIONE & DICHIARAZIONE AMBIENTALE DI PRODOTTO	17
3	<u>INTERAZIONE TRA LCA E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE</u>	19
4	<u>RIFERIMENTI</u>	22
4.1	RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI	22
4.2	ORGANIZZAZIONI ED ENTI ATTIVI NEL CAMPO LCA	23
4.2.1	AILCA	23
4.2.2	ANIE	23
4.2.3	ANPA	24
4.2.4	APME	24
4.2.5	CEI	25
4.2.6	ENEA	25
4.2.7	IEC	26
4.2.8	IEFE	26
4.2.9	IJLCA	26
4.2.10	ISO	26
4.2.11	LCANET	26
4.2.12	SETAC	27
4.2.13	SPOLD	27
4.2.14	UNEP	27
4.2.15	ALCUNE SEDI UNIVERSITARIE ATTIVE NELLO SVILUPPO DELLA LCA	27
4.3	SOFTWARES	27
5	<u>BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE</u>	28

6	ESEMPIO DI LCA APPLICATA AD UN MOTORE ELETTRICO	29
6.1	INTRODUZIONE	29
6.2	OBIETTIVO DELLO STUDIO	29
6.3	CAMPO DI APPLICAZIONE	29
6.3.1	PRODOTTO IN ESAME E SUE CARATTERISTICHE	29
6.3.2	UNITÀ FUNZIONALE	30
6.3.3	DESCRIZIONE DEL SISTEMA E DEI SUOI CONFINI	30
6.3.4	METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	31
6.4	ANALISI DI INVENTARIO DEL CICLO DI VITA	32
6.5	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	37
6.6	INTEGRAZIONE DELLA LCA NELLA FASE DI PROGETTO	40
7	BANCA DATI ANPA	42

La Life Cycle Assessment (Analisi del Ciclo di Vita) è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un prodotto, processo o attività, [...] La valutazione comprende l'intero ciclo di vita del prodotto, [...] (SETAC 1993)

1 PERCHÉ QUESTA GUIDA

Negli ultimi anni le preoccupazioni per le problematiche ambientali legate ai prodotti fabbricati e consumati, hanno favorito lo sviluppo di numerose iniziative finalizzate all'avviamento di piani e programmi per la riduzione e il contenimento degli impatti sull'ambiente.

Le due Direttive Comunitarie attualmente in discussione in sede europea (WEEE/ROS: relative ai rifiuti ed alla restrizione all'uso delle sostanze ed EEE: inerente gli impatti ambientali delle apparecchiature elettrotecniche ed elettroniche) aprono la strada ad apparecchiature pensate e realizzate per essere ambientalmente sostenibili sia durante il ciclo di vita utile, sia al momento della dismissione. Anche a livello normativo e legislativo, numerosi documenti fanno riferimento ad una metodologia di analisi di impatto ambientale che prenda in considerazione tutte le varie fasi di vita del prodotto

La tecnica LCA (Analisi del ciclo di vita) analizza in modo globale i sistemi prodotto, servizio e processo, nell'ottica del controllo e del miglioramento continuo delle prestazioni ambientali.

Lo strumento LCA permette quindi:

- di identificare le opportunità di miglioramento degli aspetti di impatto ambientale dei prodotti nei diversi stadi del ciclo di vita;
- di individuare gli indicatori di prestazione ambientale;
- di guidare la progettazione di nuovi prodotti/processi al fine di minimizzare l'impatto ambientale;
- di fornire una base informativa scientifica alla comunicazione esterna e all'informazione dei consumatori.

La maggior attenzione posta agli aspetti ambientali, che porta ad una visione completa delle problematiche di prodotto, può diventare fattore di differenziazione in un mercato di accresciuta competitività e quindi trasformarsi in fattore di successo. La metodologia LCA diventa così uno strumento per supportare la trasformazione che la variabile ambientale ha subito all'interno delle aziende: da "vincolo" ad "opportunità" di mercato.

Il Comitato Ambiente ha affidato ad un gruppo di esperti la realizzazione di questa guida che si basa sui riferimenti oggi esistenti per l'implementazione di un sistema LCA.

2 IL SISTEMA LCA: GENERALITÀ

2.1 INTRODUZIONE ALLA LCA

A partire dai primi anni '70 è possibile trovare i primi casi di analisi del ciclo di vita utilizzati da grandi aziende statunitensi e dall'agenzia per la protezione dell'ambiente americana (EPA). Si trattava di ricerche svolte sotto il nome di REPA, *Resources and Environmental Profile Analysis*, che avevano come obiettivo la caratterizzazione del ciclo di vita di alcuni materiali impiegati in importanti produzioni industriali. Nel contempo analisi del ciclo di vita venivano condotte anche in Europa, in primo luogo sugli imballaggi e successivamente estese ad altri campi. Mentre l'impostazione della REPA presentava una scarsa attenzione ai problemi valutativi degli impatti ambientali, elemento essenziale e caratteristico del contributo europeo alla LCA è stata l'attenzione alla loro valutazione.

In base alla definizione fornita dalla SETAC, la Life Cycle Assessment o "Valutazione del ciclo di vita, è *“ un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un prodotto, processo o attività, effettuato attraverso l'identificazione e la quantificazione dell'energia, dei materiali utilizzati e delle emissioni rilasciate nell'ambiente per valutarne l'impatto e per identificare e valutare le opportunità di miglioramento. La valutazione prende in considerazione l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, passando dall'estrazione e trasformazione delle materie prime, fabbricazione del prodotto, trasporto, uso, e dismissione finale.”*

La significatività degli impatti ambientali varia a seconda delle fasi del ciclo di vita che vengono considerate (confini del sistema); se lo studio venisse limitato ad una sola di esse, il suo esito potrebbe essere ingannevole.

Oggetto dello studio LCA non è tanto il prodotto fisico, quanto la sua funzione e cioè, il servizio o funzione utile che esso fornisce. Nel caso si volessero paragonare delle soluzioni alternative, come ad esempio un prodotto prima e dopo il suo re-design, si dovrebbero mettere a confronto gli impatti ambientali in un contesto di funzioni e servizi equivalenti. I risultati di uno studio LCA possono quindi prendere forma di raccomandazioni indirizzate a coloro che devono prendere decisioni.

2.2 DEFINIZIONI

Le definizioni riportate di seguito sono le stesse utilizzate dalle norme ISO relative alla LCA e dalla Guida CEI 0-8.

2.2.1 Allocazione

(Allocation or Partitioning - ISO 14040, par. 3.1): *ripartizione dei flussi in ingresso o uscita di un processo unitario appartenente al Sistema-prodotto studiato*. Attribuzione, nel presente contesto, secondo regole e metodologie particolari, del carico di energia, di materiali e di emissioni corrispondente ad un output del sistema produttivo in esame.

2.2.2 Analisi (Valutazione) degli impatti

(Life Cycle Impact Assessment, LCIA - ISO 14040, par. 3.10): *fase di una LCA destinata allo studio e alla valutazione del potenziale impatto ambientale provocato dal Sistema-prodotto in esame*, che ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni generate a seguito dei consumi di risorse e dei rilasci nell'ambiente calcolati nell'Inventario.

2.2.3 Analisi del ciclo di vita

(Life Cycle Assessment o Analysis, LCA - ISO 14040, par. 3.9): *raccolta e valutazione di ingressi, uscite ed impatti potenziali sull'ambiente di un Sistema-prodotto lungo il suo ciclo di vita*; è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativo ad un processo o una attività, effettuato attraverso l'identificazione e la quantificazione dell'energia e

dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale. Una LCA si compone delle seguenti quattro fasi principali: Definizione degli Scopi e degli Obiettivi, Inventario, Analisi degli Impatti, Interpretazione e Miglioramento. Le linee guida per elaborare una LCA sono state redatte dalla SETAC e sono ora disponibili nelle norme ISO della serie 14.040. In italiano il termine LCA viene comunemente tradotto in analisi del ciclo di vita dei processi produttivi.

2.2.4 Concentrazione equivalente

Esprime in maniera sintetica la capacità di alcuni gas a dar luogo a effetti ambientali noti (es effetto serra, acidificazione delle piogge, distruzione dell'ozono). Si ottiene convertendo la concentrazione di ciascun gas, che può contribuire a un determinato effetto, nella concentrazione di un gas di riferimento che darebbe lo stesso contributo a tale effetto (a parità di concentrazione, gas differenti danno contributi differenti). Ad esempio le concentrazioni di gas responsabili dell'effetto serra, come N₂O, CH₄, ...etc, vengono convertite in concentrazioni equivalenti di CO₂ attraverso un parametro detto GWP (Global Warming Potentials) riferito a diversi orizzonti temporali (in genere 50, 100, 500 anni)

2.2.5 Confini del sistema

(System boundary - ISO 14040, par. 3.17): interfaccia tra il sistema-prodotto in oggetto e l'ambiente o altri sistemi-prodotto.

2.2.6 Energia cumulata

E' l'energia complessiva che compete ad un sistema produttivo ed è costituita dalla somma delle energie corrispondenti a tutte le operazioni effettuate a partire dall'estrazione delle materie prime. L'energia cumulata può essere divisa in: energia diretta, energia di feedstock (feedstock energy) ed energia indiretta.

2.2.7 Energia diretta o di processo

(Direct energy o Process Energy - ISO 14041, par. 3.9): *energia richiesta per alimentare un processo unitario o un apparato all'interno del processo, con esclusione della produzione e distribuzione dell'energia stessa; è l'energia direttamente consumata nelle operazioni strettamente connesse con il processo in studio; coincide con il contenuto energetico della fonte di energia utilizzata.*

2.2.8 Energia di feedstock

(Feedstock energy - ISO 14041, par. 3.5): *contenuto energetico delle materie prime in ingresso al sistema-prodotto, non utilizzate come fonte di energia, espressa in termini di potere calorifico; è l'energia contenuta nei materiali in ingresso nel processo che potenzialmente potrebbero essere impiegati come combustibili: il loro contributo in termini energetici è esprimibile con il potere calorifico; il gas e l'olio impiegati nell'industria petrolchimica e il legno usato nell'industria cartaria costituiscono alcuni chiari esempi di energia di feedstock.*

2.2.9 Energia indiretta

E' costituita dalla somma dell'energia di produzione e trasporto dei combustibili e quella necessaria a rendere disponibili i materiali in ingresso nel processo.

2.2.10 Interpretazione

(Life Cycle Interpretation - ISO 14040, par. 3.11): *fase di una LCA in cui i risultati dell'Inventario e/o della Analisi degli impatti sono elaborati, in accordo con l'obiettivo e lo scopo dello studio, in modo tale da consentire conclusioni e raccomandazioni.*

2.2.11 Inventario

(Life Cycle Inventory Analysis, LCI - ISO 14040, par. 3.12): *fase della LCA che prevede la raccolta e la quantificazione degli ingressi e delle uscite per un dato sistema-prodotto lungo il suo ciclo di vita.*

2.2.12 Processo unitario

(Unit process - ISO 14040, par. 3.19): *la più piccola porzione in cui un Sistema-prodotto può essere suddiviso e per cui è possibile raccogliere i dati per redigere una LCA.*

2.2.13 Rifiuto

(Waste - ISO 14040, par. 3.20): *è l'uscita del sistema avviato a discarica; in Italia il riferimento legislativo in materia è il DLgs 22/97 e successive modifiche (Decreto Ronchi). Nel settore elettromeccanico è allo studio una direttiva comunitaria per la regolamentazione della gestione dei prodotti a fine vita.*

2.2.14 Sistema-Prodotto

(Product-System – ISO 14040, par. 3.15): *insieme di processi unitari connessi da flussi di materia ed energia, che adempie ad una o più funzioni definite.*

2.2.15 Unità funzionale

(Functional Unit, UF - ISO 14040, par. 3.5): *unità di riferimento per quantificare il rendimento in termini LCA di un Sistema-prodotto. Nella sua individuazione occorre tenere conto delle finalità del Sistema-prodotto in esame (ad esempio non sempre è possibile effettuare una analisi comparativa tra una bicicletta ed una autovettura, in quanto le finalità di trasporto sono differenti).*

2.2.16 Qualità dei dati

La qualità dei dati fa riferimento alla affidabilità dei dati utilizzati nello studio in funzione della provenienza, della rintracciabilità e della loro attualità.

2.3 STRUTTURA DI UNO STUDIO LCA

La procedura, di natura tipicamente iterativa come evidenziato anche dalla figura 1, in base alla quale condurre una LCA passa attraverso quattro fasi ben distinte:

1. Definizione degli scopi e degli obiettivi.
2. Analisi dell'inventario
3. Valutazione degli impatti
4. Interpretazione e miglioramenti

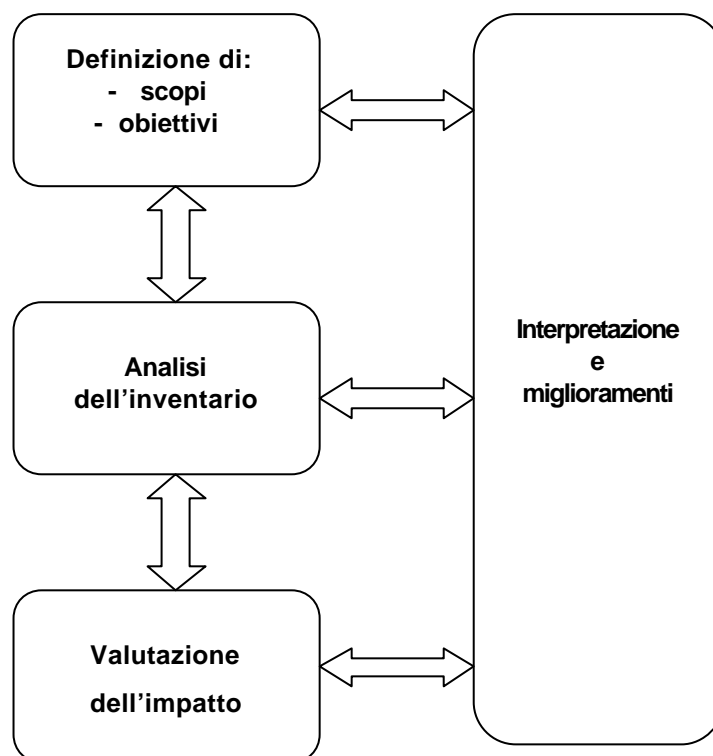


Figura 1 - Schema delle fasi di una LCA.

2.4 FASI DELLO STUDIO

2.4.1 Definizione degli obiettivi e degli scopi

E' la prima fase dello studio nella quale vengono definiti:

1. Obiettivi;

Devono essere inequivocabilmente fissate le intenzioni dello studio comprese le ragioni per cui è condotto ed il pubblico a cui è rivolto.

Fissare le finalità dello studio significa anche determinarne il livello di approfondimento ed i requisiti della presentazione dei risultati.

Esempio

Determinare tra le diverse soluzioni tecnologiche disponibili per la realizzazione di un manufatto, quale comporta un minor carico ambientale in funzione di parametri come consumo energetico diretto, tempo necessario per la produzione, costi diretti

2. Ambito dello studio (scopi);

si delineano le caratteristiche del sistema, il che significa individuare: prodotto/processo in esame e le sue caratteristiche;

- unità funzionale
- sistemi e/o processi alternativi
- confini del sistema analizzato
- qualità dei dati
- metodologia di valutazione degli impatti
- procedure di verifica

L'intera fase di descrizione degli scopi e degli obiettivi è critica vista la forte influenza che le assunzioni, qui poste, hanno sul risultato dello studio.

Esempio

Per lo studio del ciclo di vita di un'autovettura: l'unità funzionale per lo studio del ciclo di vita può essere il trasporto di 4 persone per 100 km in 1 ora in determinate condizioni di comfort.

2.4.2 Analisi dell'inventario (LCI)

Si tratta di ricostruire i flussi dell'energia e dei materiali che permettono il funzionamento del sistema produttivo in esame, tramite tutti i processi di trasformazione e di trasporto, attraverso la raccolta di dati e di procedimenti di calcolo che ne consentano la quantificazione.

Obiettivo di una LCI è quello di fornire dati oggettivi, che in seguito potranno essere oggetto di elaborazioni e di commenti, da cui trarre valutazioni e indicazioni utili a livello decisionale; questi dati diventano quindi la base per la valutazione dell'impatto sull'ambiente del ciclo di vita del prodotto / servizio in esame.

La redazione di un inventario deve essere effettuata seguendo uno schema ben definito e trasparente. Solo in questo modo i risultati di diversi inventari di ciclo di vita sono fra loro confrontabili e possono essere utilizzati per valutazioni attendibili.

2.4.3 Valutazione degli impatti

L'obiettivo è quello di imputare i consumi e le emissioni ottenute nella LCI a specifiche categorie di impatto riferibili ad effetti ambientali noti, tentando di quantificare, con opportuni metodi di caratterizzazione, l'entità del contributo complessivo che il prodotto arreca agli effetti considerati.

Si tratta di:

1. Imputare i consumi e le emissioni ottenute nella LCI a specifiche categorie di impatto riferibili ad effetti ambientali noti (*operazione di classificazione*);
2. Tradurre in effetti ambientali, grazie ad indicatori di categorie di impatto riconosciute, i dati risultanti dall'operazione di classificazione (*operazione di caratterizzazione*);

3. Aggregare tramite modelli di ponderazione i dati precedentemente elaborati al fine di disporre di una indicazione di potenziale impatto risultante (operazione di *ponderazione*).

La valutazione degli impatti non fornisce giudizi di valore assoluto sugli effetti ambientali, ma può dare giudizi relativi, ad esempio, indicando quale fra due o più prodotti porti ad un minore dispendio di risorse e a un minore impatto conseguente ai rilasci in ambiente. I risultati delle analisi comparative dipendono direttamente da come è stata effettuata l'operazione di ponderazione, che deve dunque essere spiegata e motivata.

Tra tutte le fasi della LCA quella della valutazione degli impatti è sicuramente la più complessa.

Non esiste una metodologia unica ma da più parti vengono sviluppati e proposti metodi diversi, i quali rispettano nella maggior parte dei casi la struttura di Figura 2.

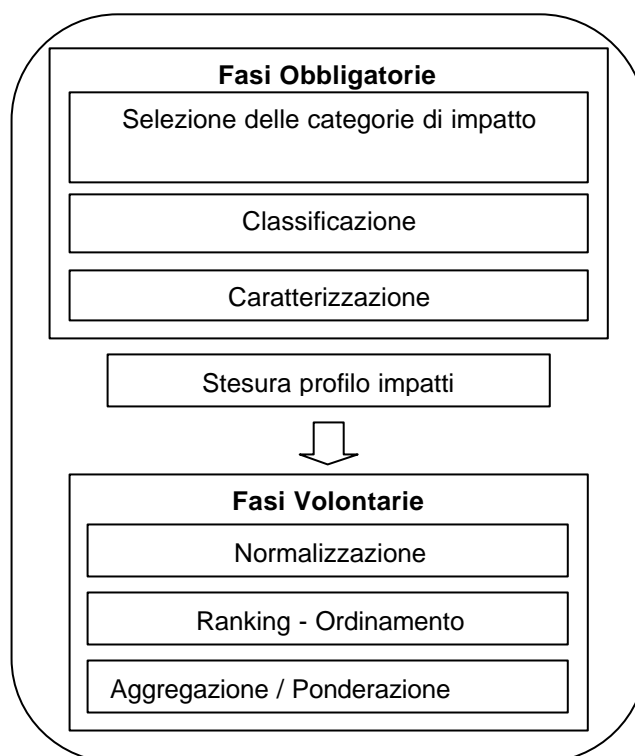


Figura 2 – Elementi di una LCA (ISO 14042)

2.4.4 Interpretazione e miglioramento

L'interpretazione è la fase della LCA nella quale i risultati ottenuti nell'analisi di inventario e nella valutazione d'impatto vengono combinati tra loro in coerenza con gli obiettivi e il campo di applicazione dello studio, al fine di trarne indicazioni e raccomandazioni

Le criticità emerse nella valutazione degli impatti possono portare a modifiche di prodotto e processo che, iterativamente, saranno valutate ai fini della riduzione degli impatti (fase di miglioramento) .

2.5 LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Ciascuna delle molteplici applicazioni della LCA può comportare un approccio diverso al problema ed una diversa esecuzione della LCA stessa. Differenti sono i modi di procedere a seconda che al centro della valutazione ci sia o l'analisi o la comparazione di tecnologie, di pianificazioni aziendali o di strategie da parte delle istituzioni.

Sostanzialmente si possono individuare tre differenti modi di condurre una LCA in funzione dello scopo e del livello di approfondimento.

2.5.1 LCA - qualitativa

E' il primo e più semplice livello di LCA, usato per effettuare valutazioni basate su un inventario limitato e di tipo qualitativo. Questo approccio non è adatto per LCA realizzate al fine di compiere operazioni di marketing o pubblicazioni, ha però il vantaggio di essere uno strumento snello ed efficace per orientare chi deve prendere decisioni verso prodotti aventi il vantaggio competitivo di essere a "ridotto impatto ambientale".

2.5.2 LCA – semplificata

Lo scopo di questo approccio è lo stesso di una LCA dettagliata ma in questo caso vengono praticate semplificazioni volte a ridurre sensibilmente il tempo necessario a compiere lo studio. Molta cautela va posta nelle semplificazioni

che possono compromettere la validità dello studio. Questo tipo di LCA è sicuramente il più diffuso visto che può essere utilizzato per la maggior parte degli scopi.

2.5.3 LCA - dettagliata

E' l'approccio più specialistico e scientifico, affrontabile in modo corretto solo da esperti del settore e con forte collaborazione da parte di tutti gli autori coinvolti. Ha il vantaggio di fornire dati molto affidabili ma comporta un grosso dispendio di tempo e di forze.

2.6 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI E METODI DI VALUTAZIONE DI IMPATTI AMBIENTALI

I risultati di uno studio LCA possono presentarsi sotto varie forme in accordo alla norma ISO 14042.

I dati, aggregati nella fase di classificazione degli impatti nella quale vengono raggruppati e ordinati i risultati di output dell'inventario secondo determinati indicatori, possono essere:

1. riportati integralmente relativamente all'Unità Funzionale (es: kg NO_x/UF);
2. tradotti negli indicatori delle categorie di impatto selezionate tra quelle riconosciute dagli Organismi competenti (es: GWP100 - kg CO₂ equiv./UF);
3. aggregati secondo modelli di valutazione degli impatti ambientali nei quali è introdotta una componente di valutazione "soggettiva" (es: Eco-indicator - mPt/UF).

Nel *primo caso* si riportano interamente i risultati dell'analisi dell'inventario relativamente all'unità funzionale (es: prodotto, servizio ecc.). In questo caso la

mole di dati riportati nelle conclusioni sarà elevata e difficilmente interpretabile dalle persone a cui è rivolto lo studio.

Nel *secondo caso* l'analisi è arrestata alla fase di caratterizzazione. La lettura dei risultati richiede una certa competenza, in quanto gli effetti ambientali sono numerosi, e occorre la giusta sensibilità necessaria a comprendere la rilevanza di questi numeri.

Le principali categorie di impatto internazionalmente riconosciute come rilevanti sono le seguenti:

Categorie di impatto	Indicatore
Uso di risorse non rinnovabili	Kg/anno
Uso di risorse rinnovabili	Kg/anno
Cambiamenti climatici (GWP100)	Kg CO ₂ equiv.
Acidificazione (AP)	Kg SO ₂ equiv.
Riduzione dello strato di ozono (ODP)	Kg CFC ₁₁ equiv.
Formazione di ossidanti fotochimici (POCP)	Kg C ₂ H ₄ equiv.
Eutrofizzazione (NP)	Kg PO ₄ equiv.
Ecotossicità (ECA)	m ³ /kg equiv.
Tossicità per l'uomo - aria (HCA)	Kg equiv.
Tossicità per l'uomo - acqua (HCW)	Kg equiv.
Rifiuti pericolosi	Kg _{rif. per.}
Rifiuti	kg _{rif.}
Uso di suolo	m ²
Rumore	Db

Nel *terzo caso* si procede o attraverso un'aggregazione di questi dati in base a criteri di ponderazione, o tramite un percorso che, partendo dalla fase di classificazione tramite modelli differenti, permette di ottenere un valore identificativo del potenziale impatto.

Alcuni metodi di aggregazione detti anche di "Valutazione degli impatti" sono descritti di seguito:

2.6.1 Metodo dei volumi critici

Il metodo definisce come potenziale di impatto ambientale il volume d'aria equivalente complessivo necessario a diluire le sostanze emesse fino a concentrazioni inferiori alle rispettive soglie critiche.

2.6.2 EPS (Environmental Priority System)

Il metodo consiste in un indicatore che tiene conto di:

- disponibilità, stimata a livello di crosta terrestre, delle risorse consumate: l'impatto ambientale associato è tanto maggiore quanto minore è la disponibilità della risorsa impiegata;
- il costo di ristabilimento delle condizioni antecedenti ai cambiamenti introdotti.

2.6.3 Eco-indicatori

E' il metodo più rispondente a quanto previsto dalle norme ISO in quanto basato sulla sequenza delle fasi di caratterizzazione, classificazione e ponderazione.

Nel caso di Eco-indicator il modello è riportato in figura 3

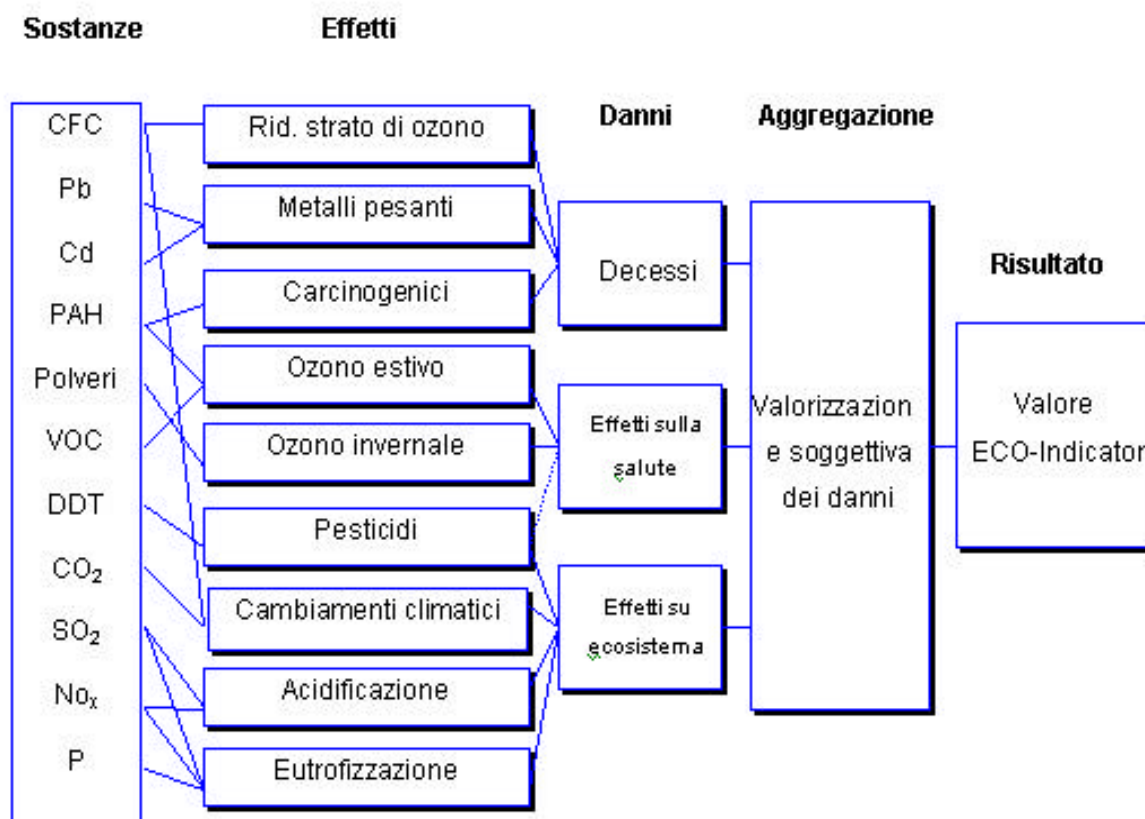


Figura 3 - Modello di valutazione di impatto ambientale

2.7 CREDIBILITÀ DEI RISULTATI

2.7.1 Revisione critica

Valutazioni LCA sviluppate indipendentemente presentano una serie di assunzioni, relative ad esempio alle modalità di raccolta dati, di definizioni dei confini del sistema, dell'unità funzionale, dei criteri di allocazione o elaborazione dei dati. Risulta evidente che il risultato dello studio, in termini quantitativi, è strettamente dipendente da tutta la serie di ipotesi preliminari che sono soggettivamente impostate dall'esecutore dello studio. Si pone dunque il problema di chiarire se le ipotesi fatte siano consistenti con lo studio, se i dati raccolti siano affidabili ed dunque se i risultati siano complessivamente attendibili. Si ricorre allora al processo di revisione critica. Tale processo può essere condotto internamente o esternamente

(ossia da un esperto di LCA indipendente dall'organizzazione che ha promosso lo studio in esame). La revisione critica esterna è raccomandata dalle norme ISO nel caso in cui lo studio sia finalizzato alla produzione di documenti pubblici. Il revisore critico, che non deve aver preso parte alla elaborazione dello studio di LCA, ha il compito di verificare che le assunzioni fatte siano corrette, coerenti con la normativa di riferimento e soprattutto valide dal punto di vista scientifico. Il processo di revisione critica dunque rappresenta l'elemento essenziale per la validità scientifica dei risultati dello studio; è dunque di fondamentale interesse in particolare per la comunità accademica.

2.7.2 Certificazione e Dichiarazione ambientale di prodotto

Il mondo industriale spesso è costretto a dover ricercare strumenti utili per comunicare risultati delle analisi condotte, caratterizzati da immediatezza e credibilità dell'informazione trasmessa. Un documento contenente i risultati dello studio LCA e le relative revisioni critiche, seppur valido dal punto di vista scientifico, è carente (in quanto dispersivo) dal punto di vista della comunicazione. Per far fronte a tale problematica esistono due possibilità, rappresentate dalla certificazione di terza parte dello studio e dalla dichiarazione ambientale di prodotto. Nel primo caso, l'organizzazione che ha sviluppato la LCA chiede ad un certificatore di controllare che lo studio (compresa la revisione critica interna e/o esterna) sia fedele ai requisiti espressi dalle norme di riferimento. Il certificatore ha il compito di verificare che ogni affermazione effettuata sia accompagnata da una evidenza oggettiva della correttezza della stessa. La certificazione può affermare che i risultati dello studio sono corretti sulla base delle ipotesi effettuate ed eventualmente che l'azienda ha avviato un percorso di miglioramento continuo delle prestazioni ambientali del prodotto, processo o attività oggetto dello studio LCA. Se la certificazione dello studio LCA garantisce credibilità allo studio ed immediatezza nella comunicazione (ad esempio mediante l'uso di un logo), comunque non risolve il problema della ripetibilità e confrontabilità dello studio con altri prodotti equifunzionali. La dichiarazione

ambientale di prodotto è finalizzata a risolvere quest'ultima problematica. Le ipotesi soggettive di partenza in questo caso sono definite (e registrate in Italia presso l'ANPA, Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale) pubblicamente. Tali ipotesi, che comprendono la definizione dei confini del sistema, l'unità funzionale, le procedure di allocazione eccetera, sono descritte in un documento denominato "Specifiche di prodotto per la dichiarazione ambientale". I risultati, anche questi certificabili, vengono sintetizzati in un breve documento che richiama le specifiche di prodotto di riferimento. I risultati presentati in tal modo sono credibili, corretti, riproducibili, confrontabili e facilmente analizzabili. L'ANPA ha redatto delle linee guida per la redazione di dichiarazioni ambientali di prodotto ed ha avviato un processo di coordinamento internazionale con l'obiettivo dell'estensione all'estero della validità di quelle realizzate in Italia.

3 INTERAZIONE TRA LCA E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE

Un sistema di gestione ambientale è costituito dall'insieme dei meccanismi organizzativi, degli strumenti, delle risorse, delle procedure necessarie per la gestione delle variabili ambientali e per il raggiungimento dei fini e degli obiettivi stabiliti dall'azienda. Rappresenta in un certo senso il nucleo tecnico-organizzativo predisposto dall'azienda per gestire le problematiche ambientali.

Un tipico sistema di gestione ambientale nelle sue attività principali è così composto:

- Attività di analisi e programmazione;
- Attività di strutturazione organizzativa e gestionale;
- Attività di controllo e misurazione delle prestazioni;
- Attività di comunicazione.

La LCA potrebbe già trovare applicabilità nell'analisi ambientale preliminare. Si tratta, infatti, di un'analisi conoscitiva volta a stabilire orientativamente gli impatti ambientali associabili alle attività dell'impresa, la sensibilità degli interlocutori esterni e interni e i margini di miglioramento delle prestazioni ambientali.

Nell'ipotesi poi che si voglia condurre un'analisi ambientale preliminare approfondita, anche in vista di una impostazione del sistema di gestione che porti alla registrazione EMAS o certificazione ISO, dovranno essere presi in considerazione più strumenti metodologici e tecniche tra cui, non ultima, l'analisi del ciclo di vita. In tal caso la LCA potrebbe trovare un utile ed efficace impiego:

- nella creazione di un sistema informativo che supporti il sistema di gestione ambientale, tenendo sotto controllo le emissioni, i consumi di risorse e gli effetti ambientali a partire dai Sistemi-prodotto di responsabilità aziendale;
- nell'individuazione dei punti critici all'interno del proprio ciclo produttivo o nel ciclo di vita dei prodotti;
- nella comparazione di bilanci ambientali di prodotti o processi alternativi, in fase di selezione dei propri fornitori e di scelte di integrazione/disintegrazione verticale;
- nella scelta delle linee guida per la progettazione di nuovi prodotti o processi, sempre in un'ottica di minimizzazione degli impatti ambientali;
- nella valutazione di tutti quegli aspetti indiretti che non vengono evidenziati da uno schema tradizionale di analisi ambientale del sito.

Un esempio di come un sistema di gestione ambientale e una analisi LCA possano interagire, è mostrato nella tabella seguente:

Attività gestionale	Contributo dell'attività allo sviluppo della LCA	Utilizzo della LCA nella attività di gestione ambientale
Analisi ambientale	Fornisce dati specifici del processo	Valutazione impatti al di fuori dei confini del sito
Politiche, obiettivi e programmi	Offrono riscontri per la fase di delimitazione dello studio e di valutazione finale	Supporto decisionale nella definizione del miglioramento
Progettazione	Inserire la LCA come passo preliminare	Informa la scelta di materiali e processi
Gestione del processo	Flusso continuo di dati dal monitoraggio	Identifica i punti critici da sorvegliare (per impatti non solo locali)
Gestione di specifici aspetti ambientali	Raccolta dati (ad es. dagli smaltitori di rifiuti)	Ottimizzazione delle procedure
Audit ambientale	Verifica, anche attraverso indicatori di prestazione, la validità degli input della LCA	Strumento utile per audit sui propri processi o su quelli di clienti e fornitori
Gestione dei clienti intermedi	Raccolta di dati su fasi non sotto controllo	Supporta la LCA del cliente; può rispondere alle richieste di compatibilità
Gestione dei rapporti coi fornitori	Raccolta di dati su fasi non sotto controllo	Criteri per la selezione dei fornitori
Comunicazione interna	Scambio di dati all'interno, cruciali per la LCA	Flussi informativi necessari per le diverse attività (progettazione, produzione, ecc...)
Comunicazione esterna	Raccogliere informazioni su scenari, aspettative e priorità ambientali	Conferisce credibilità e fondatezza scientifica alle informazioni per il pubblico

4 RIFERIMENTI

4.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

- Documenti ISO serie 14000
- GUIDA CEI 0-8: Guida introduttiva all'analisi del ciclo di vita nell'elettrotecnologia
- DECRETO RONCHI (dlgs. 5 febbraio 1997 n°22): l'articolo 3.b, inerente la prevenzione della produzione dei rifiuti, fa' esplicitamente riferimento all'analisi del ciclo di vita, come una delle possibili iniziative atte a prevenire e ridurre la produzione e la pericolosità dei rifiuti;
- IPP (politiche integrate di prodotto): definita come un approccio integrato alle politiche ambientali, rivolto al miglioramento continuo della prestazione ambientale dei prodotti nel contesto dell'intero ciclo di vita. La LCA è destinata a svolgere un ruolo fondamentale sia in modo diretto (strumento di analisi decisionale da parte delle amministrazioni) sia indiretto (etichette ecologiche, DFE);
- ISO GUIDA 64: Guida per l'inclusione degli aspetti ambientali negli standard dei prodotti;
- IEC GUIDE 109: Inclusione degli aspetti ambientali negli standard dei prodotti elettrotecnici
- Proposta di DIRETTIVA WEEE/ROS (Direttiva che regola i Rifiuti da apparecchiature elettrotecniche ed elettroniche): la proposta di Direttiva, allo stato attuale, prevede obiettivi di raccolta e di recupero che

presuppongono una progettazione che tenga conto del futuro disassemblaggio e recupero di materiale.

- Bozza di DIRETTIVA EEE (Direttiva sull'impatto ambientale delle apparecchiature elettrotecniche ed elettroniche): la bozza di Direttiva, allo stato attuale, menziona la tecnica LCA tra gli strumenti per la presunzione di conformità alla Direttiva stessa.

4.2 ORGANIZZAZIONI ED ENTI ATTIVI NEL CAMPO LCA

Sono di seguito riportati alcuni riferimenti a organizzazioni che si occupano di Life Cycle Assessment

4.2.1 AILCA

L'Associazione Italiana LCA è un organismo senza scopo di lucro, con sede in Torino presso Environment Park, nato per volontà di un gruppo di studio attivo sull'argomento che, attualmente, riunisce su scala nazionale dipartimenti ambiente di grandi imprese, Università e liberi professionisti. Lo scopo primario dell'Associazione è la diffusione e la promozione di studi ed esperienze sull'Analisi del Ciclo di Vita, sulla base dell'attività scientifica effettuata sia a livello aziendale sia in ambito universitario dai diversi membri. A tal fine essa si propone di realizzare studi e suggerire proposte di legge inerenti l'Analisi del Ciclo di Vita; stabilire contatti e instaurare rapporti di collaborazione con Enti che affrontano temi inerenti la disciplina in oggetto; organizzare congressi, incontri, conferenze, dibattiti e corsi, promuovere azioni di revisione critica, curare la pubblicazione di Atti di convegni, bollettini, periodici e riviste che abbiano attinenza con le finalità dell'Associazione.

4.2.2 ANIE

La Federazione ANIE (Federazione nazionale imprese elettrotecniche ed elettroniche), aderente a Confindustria, rappresenta 900 imprese operanti in Italia nell'industria elettrotecnica ed elettronica. Il Servizio Centrale Ambiente di ANIE segue l'evoluzione della legislazione ambientale in ambito nazionale

e internazionale; mantiene i rapporti con enti e istituzioni italiani e internazionali; coordina l'attività del Comitato Ambiente e dei relativi gruppi di lavoro, per definire le posizioni della Federazione ANIE sulle tematiche ambientali; svolge attività di consulenza a favore delle associazioni e delle imprese associate nell'interpretazione della normativa ambientale; organizza Seminari di formazione e aggiornamento sulle tematiche ambientali e incontri sui provvedimenti legislativi di più recente emanazione; cura la pubblicazione del Bollettino di Informazione Ambientale, periodico sulle novità legislative e la giurisprudenza nazionale ed internazionale in materia ambientale.

4.2.3 ANPA

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente è una struttura tecnico-scientifica (basata sul principio di autonomia, affidabilità tecnica, indipendenza e flessibilità organizzativa) avente personalità giuridica, ed è sottoposta alla vigilanza del Ministro dell'Ambiente e al controllo della Corte dei Conti. All'ANPA (istituita con legge n.61 del 21/1/94, a supporto dell'attività del Governo) sono affidati importanti compiti connessi alla protezione dell'ambiente: collaborare con le Istituzioni, in particolare con il Ministero dell'Ambiente, anche nella stesura di normative ambientali e nell'applicazione dei controlli; gestire i dati ambientali, diffondere l'informazione e sostenere la formazione in tale ambito; promuovere la ricerca per contribuire al miglioramento dell'ambiente; garantire la sicurezza nucleare e la radioprotezione. All'interno di ANPA, L'Unità per la Qualità Ecologica dei Prodotti contribuisce alla diffusione di prodotti (merci e servizi) che rispondano alle esigenze di un consumo rispettoso dell'ambiente ed agli obiettivi dello sviluppo sostenibile. Ha coordinato la realizzazione della banca dati per LCI, allegata a questo documento.

4.2.4 APME

E' l'associazione delle industrie produttrici di materie plastiche. Gli obiettivi statutari di APME sono di rappresentare gli interessi delle industrie associate, definire e comunicare le posizioni dell'industria della plastica sui temi relativi alla produzione uso e trattamento dei rifiuti, sviluppare e promuovere diffusione di informazioni oggettive su tutti gli aspetti delle

materie plastiche. Produce e diffonde i risultati di analisi LCI ed LCA delle principali materie plastiche diffuse.

4.2.5 CEI

Il Comitato Elettrotecnico Italiano, è l'ente istituzionale riconosciuto dallo Stato Italiano e dall'Unione Europea, preposto alla normazione e all'unificazione del settore elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni. Finalità istituzionale del CEI è la promozione e la diffusione della cultura tecnica e della sicurezza elettrica. A tale scopo il CEI sviluppa una serie di attività normative e pre-normative a livello nazionale e internazionale che includono, oltre alla redazione dei documenti normativi e al recepimento delle direttive comunitarie e dei documenti armonizzati, azioni di coordinamento, ricerca, sviluppo, comunicazione e formazione in sinergia con le parti coinvolte nel processo normativo. Il comitato ambiente del CEI si occupa di LCA ed ha prodotto la Guida 0-8 introduttiva alla LCA.

4.2.6 ENEA

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme agli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione quello della salvaguardia ambientale. L'ENEA svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica. Il Dipartimento Ambiente dell'ENEA ha il compito primario di promuovere ed effettuare attività di studio, ricerca, sperimentazione e dimostrazione in materia ambientale e di provvedere alla diffusione ed al trasferimento, alle amministrazioni pubbliche, agli operatori economici e alla collettività intera, delle conoscenze e dei risultati acquisiti. In questo ambito promuove e realizza anche interventi di consulenza tecnico-scientifica e iniziative a sostegno delle azioni della Pubblica Amministrazione in materia di difesa dell'ambiente, con particolare attenzione alle esigenze espresse dal sistema delle autonomie locali. In parallelo, il Dipartimento svolge una significativa azione a supporto delle imprese allo scopo di favorire la corretta gestione ambientale dei processi produttivi.

4.2.7 IEC

La Commissione Elettrotecnica Internazionale è l'organizzazione mondiale che prepara e pubblica le norme internazionali per le tecnologie connesse con l'elettronica e l'elettrotecnica. L'organizzazione ha la finalità di sviluppare normative con il massimo consenso internazionale, promuovere cooperazioni sugli aspetti connessi con la standardizzazione nei campi dell'elettronica, elettrotecnica, elettroacustica, telecomunicazioni, produzione e distribuzione dell'energia, terminologia e simboli, metodi di misura, progettazione e sviluppo, sicurezza ed ambiente.

4.2.8 IEFE

L'Istituto di Economia delle Fonti di Energia, dell'Università Bocconi – Milano si occupa dello studio dei problemi di economia e politica energetica, con una particolare attenzione agli aspetti tecnologici, all'economia e alla politica dell'ambiente dei servizi pubblici e di alcuni settori ad alto contenuto tecnologico. Organizza e gestisce un osservatorio sui sistemi di gestione ambientale ed un laboratorio sulle politiche integrate di prodotto.

4.2.9 IJLCA

L'International Journal of LCA è la prima rivista scientifica internazionale interamente dedicata alla pubblicazione di studi di LCA, sviluppo di metodologie ed informazioni connesse.

4.2.10 ISO

La International Organization for Standardization è la federazione delle organizzazioni nazionali di normalizzazione. E' una organizzazione non governativa finalizzata alla promozione dello sviluppo della normazione ed attività connesse, per la facilitazione degli scambi internazionali di beni e servizi. Le norme ISO relative alla gestione ambientale ed alla LCA sono tutte quelle della serie 14000.

4.2.11 LCANET

LCANet è una organizzazione finalizzata agli scambi culturali sulle tematiche connesse con la LCA.

4.2.12 SETAC

La Society of Environmental Chemistry And Toxicology è la prima organizzazione ad aver sviluppato scientificamente gli aspetti metodologici della LCA. Organizza gruppi di lavoro su diverse tematiche specifiche connesse con la LCA ed eventi culturali (seminari, conferenze e simposi) dedicati ai vari aspetti della LCA. I risultati delle indagini condotte dai gruppi di lavoro SETAC sono utilizzati da ISO come riferimenti per la produzione delle norme.

4.2.13 SPOLD

La Society for the Promotion of Life Cycle Development, è una associazione di industrie interessate allo sviluppo della LCA applicata come strumento di gestione e di organizzazione finalizzata allo sviluppo sostenibile. Uno dei principali aspetti seguiti dalla SPOLD è il formato dei dati da utilizzare negli studi LCA.

4.2.14 UNEP

Lo United Nations Environment Programme attua progetti e piani di protezione ambientale a livello globale.

4.2.15 Alcune sedi universitarie attive nello sviluppo della LCA

Presso le seguenti Università sono attivi degli studi sullo sviluppo dell'LCA: Bari, Bologna, Milano, Torino, Palermo, Pavia, Pescara, Barcellona (Spagna), Gotheborg (Svezia), Guildford (Inghilterra), Leiden (Olanda), Londra (Inghilterra), Lund (Svezia), Zurigo (Svizzera).

4.3 SOFTWARES

Gli strumenti informatici per la LCA oggi disponibili sul mercato sono molteplici ed offrono diverse tipologie di servizio. Dalla semplice gestione della banca dati (es: la banca dati ANPA allegata), alla computazione dei bilanci di massa ed energia fino a valutazioni più complesse che comprendono analisi di sensibilità, simulazioni ed ottimizzazioni.

5 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ◆ **Badino, V. Baldo, G** *Con metodo dalla culla alla tomba. L'impresa ambiente*, N. 6, 1996.
- ◆ **Boustead, Ian.** *From Cradle to Grave: an introduction to life-cycle analysis* (1933). IRS Bulletin N. 16. London. Feb. 1993.
- ◆ **Boustead, Ian.** *Ecobalance methodology for commodity thermoplastics* (Dic. 1993). Report del European Centre for Plastics in the Environment (PWMI). Bruxelles.
- ◆ **Consoli & al.** *Guidelines for Life Cycle Assessment: a code of practice.* SETAC 1993.
- ◆ **Federation of Swedish Industries:** *The product ecology project – Environmentally sound product development based on the EPS system* (Environmental Priority Strategies in product design) 1993.
- ◆ **Guinee, J.** *Environmental life cycle assessment of products – Guide.* Centre of Environmental Science, Leiden, 1992.
- ◆ **Nordic council of Ministers.** *Product life cycle assessment – principles and methodology* (1992).
- ◆ **SETAC.** *Conceptual framework for life cycle impact analysis.* 1993.
- ◆ **Udo de Haes, Helias.** *A general framework for environmental life cycle assessment.* TNO, Olanda 1991.
- ◆ **Gian Luca Baldo, V. Badino** . *LCA uno strumento di analisi energetica e ambientale.* IPASERVIZI EDITORE Italia 2000

6 ESEMPIO DI LCA APPLICATA AD UN MOTORE ELETTRICO

6.1 INTRODUZIONE

L'esempio descritto nei paragrafi seguenti rappresenta una sintesi delle fasi che vengono svolte nella esecuzione di uno studio di LCA. L'esempio è articolato attraverso lo sviluppo di capitoli e paragrafi in accordo alla norma ISO 14040; tuttavia alcuni paragrafi (es. procedure di allocazione, qualità dei dati ecc.) sono intenzionalmente tralasciati per non appesantire l'esercizio che ha puro scopo didattico

6.2 OBIETTIVO DELLO STUDIO

L'obiettivo dello studio è quello di scegliere i criteri e le soluzioni progettuali di un motore elettrico da 55 kW alimentato a 400 V, per uso continuativo, al fine di minimizzarne l'impatto ambientale nel ciclo di vita.

L'ipotesi di questo esempio è di indirizzare i risultati dello studio a:

- Responsabile del reparto progettazione motori
- Progettisti del reparto progettazione motori
- Responsabile sistema di gestione ambientale

6.3 CAMPO DI APPLICAZIONE

6.3.1 Prodotto in esame e sue caratteristiche

Il prodotto soggetto allo studio è un motore elettrico per applicazioni industriali avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Potenza	55 kW
Velocità rotazione	3000 giri/min
Vn	400 V

6.3.2 Unità funzionale

L'unità funzionale rispetto alla quale si valutano i potenziali impatti è costituita dal prodotto in esame, ovvero dal motore elettrico¹.

6.3.3 Descrizione del sistema e dei suoi confini

Il sistema in esame include l'intero ciclo di vita del motore, dalla estrazione delle materie prime, all'assemblaggio, utilizzo e dismissione a fine vita, includendo i trasporti e le attività di manutenzione.

I dati che si desidera acquisire sono relativi ai flussi di materia ed energia relativi a:

- Produzione dei componenti principali che costituiscono il motore; gli elementi principali da includere nel sistema vengono selezionati in base a metodologie di selezione (es. massa/energia/costo). In questo esempio solo gli elementi costituenti il rotore e lo statore vengono considerati.
- Funzionamento del motore per 10 anni in regime continuativo.

Si trascureranno per semplicità², nell'esempio qui riportato, i flussi di materia ed energia relativi a:

¹ L'unità funzionale dipende significativamente dall'obiettivo dello studio, per cui in taluni casi (es. Dichiarazioni Ambientali di Prodotto) può essere più significativo riferire lo studio ad un servizio piuttosto che a un prodotto. Nel caso del motore il servizio è la capacità di effettuare un lavoro, quindi, come unità funzionale si può definire l'erogazione continua di un kW per un'ora di funzionamento (1 kWh).

² E' possibile trascurare aspetti del ciclo di vita del prodotto, e questo dipende da quanto pesano in termini di impatti le varie fasi nel computo del ciclo di vita. In particolare, nel caso del motore molti aspetti sono irrilevanti a causa del contributo dominante della fase di esercizio. In generale, comunque, è

- Trasporti dal sito produttivo a quello di esercizio;
- Assemblaggio nel sito produttivo;
- Smaltimento dei materiali a fine vita.

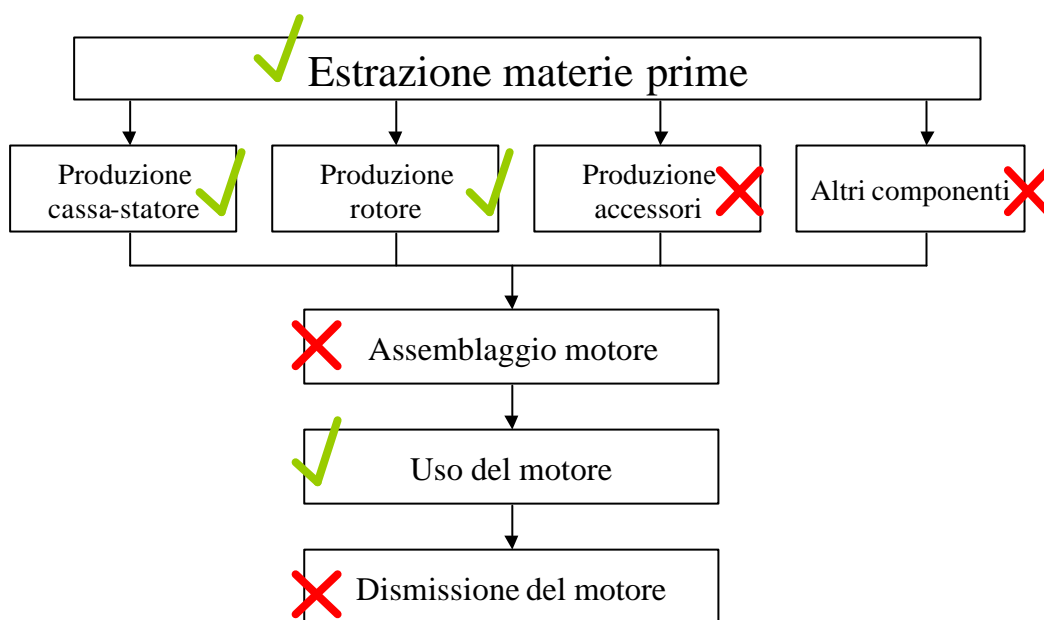


Figura 4 - Fasi del ciclo di vita (includere ✓ e non includere ✗)

6.3.4 Metodologia di valutazione degli impatti

La valutazione degli impatti³ traduce i risultati dell'analisi dell'inventario in categorie di impatto sull'ambiente ritenute rilevanti dalla Comunità.

Nel caso specifico le categorie di impatto selezionate sono:

1. Cambiamenti climatici (GWP 100)
2. Acidificazione (AP)

sempre possibile partire con uno studio semplificato, e successivamente, a seguito di analisi di sensibilità, estendere i confini del sistema fin quando la variazione apportata al risultato diventi trascurabile quanto basta per le finalità dello studio.

³ Le norme ISO suggeriscono di arrestare la valutazione degli impatti alla fase di caratterizzazione in quanto le successive fasi di normalizzazione e aggregazione (weighting) introducono elementi di soggettività i quali inficiano sulla autorevolezza scientifica del risultato. Ciò nondimeno, la presentazione dei risultati attraverso una fase di weighting, effettuata con le dovute accortezze e con la necessaria

3. Eutrofizzazione (NEP)
4. Consumo di risorse non rinnovabili (Abiotic Depletion)
5. Formazione di ossidanti fotochimici (POCP)

Ad ognuna di queste categorie di impatto contribuiscono in modo differente emissioni e materie prime. E' quindi utile, già in fase di prestudio, conoscere quali sono i principali responsabili.

Categoria di impatto	Indicatore unità di misura	Principali responsabili
Uso di risorse non rinnovabili (ADP)	kg/anno	Metalli preziosi, metano
Cambiamenti Climatici (GWP)	kg CO ₂ eq. (100 anni)	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ ,
Acidificazione (AP)	kg SO ₂ eq.	SO ₂ , NO _x , HCl
Formazione di ossidanti fotochimici (POCP)	kg C ₂ H ₂ eq.	Aromatici, metano, etano
Eutrofizzazione (NP)	kg PO ₄ eq.	NO _x , NH ₃ , N in acqua

Tabella 1 - Principali responsabili degli effetti ambientali

6.4 ANALISI DI INVENTARIO DEL CICLO DI VITA

Con riferimento allo schema di figura 4 si procede all'inventario delle emissioni e del consumo di materie prime relative al sistema definito. In questo esempio non verrà contabilizzata l'energia cumulata, in quanto non è ritenuta significativa alla fine della valutazione degli impatti. Qualora si volesse ritenere significativo

trasparenza, offre una più semplice interpretazione del risultato laddove una comparazione delle proprietà ambientali di più prodotti o versioni è richiesta.

ottenere il valore relativo all'energia cumulata spesa, anche questa voce andrebbe tenuta in considerazione.

Si procede quindi ad un primo inventario dei componenti inclusi nel sistema con informazioni relative a:

- Il materiale di cui sono costituiti
- I processi di lavorazione a cui sono stati sottoposti al termine della filiera
- Il loro peso

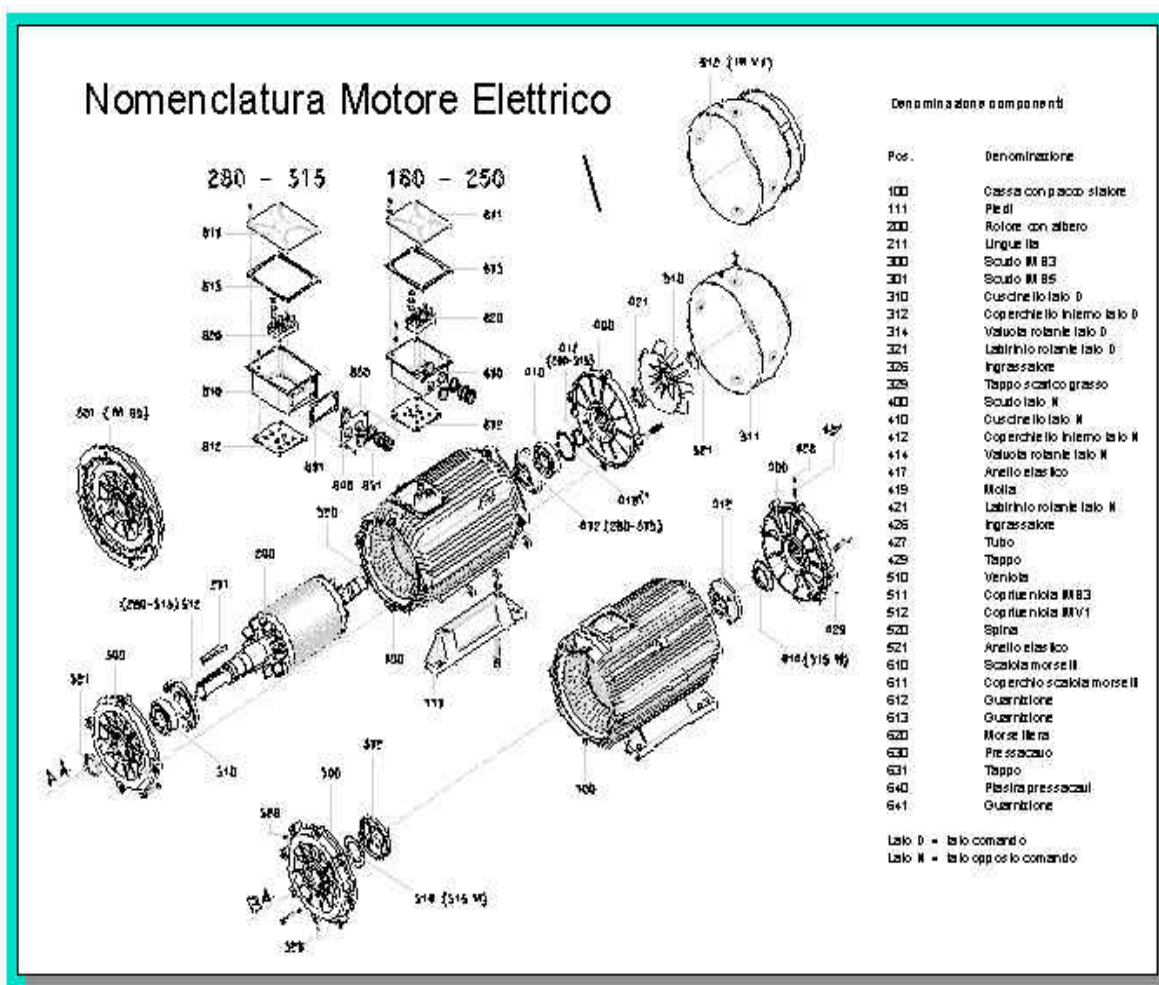


Figura 5 - Componenti del motore elettrico

Si elaborerà quindi una tabella come la seguente :

Componente	Materiale	Processi	Peso [kg]
Rotore	Acciaio	Laminazione	80
Cassa - statore	Acciaio	Laminazione	100
Avvolgimento rotore	Rame	Trafilatura	30
Avvolgimento statore	Rame	Trafilatura	20

Tabella 2 - Elementi motore

I dati relativi ai processi di produzione di questi materiali e ad alcune lavorazioni sono disponibili in banche dati specializzate, come ad esempio quella allegata, prodotta da ANPA.

Da questa banca dati si ottengono, relativamente alla produzione di un kg di acciaio, le informazioni riportate nelle tabelle alla pagina successiva.

Input Natura		
Flusso	UM	Qty
Acqua	l	16400
Calcare	kg	283
Carbone fossile	kg	1190
Ferro	kg	950
Gas naturale	kg	104
Legno	kg	14,3
Lignite	kg	106
Petrolio	kg	86,8
Uranio	kg	0,00536

Input Tecnosfera		
Flusso	UM	Qty
Materie prime (non specificate)	kg	5516
Rottami ferrosi	kg	122

Output Acqua		
Flusso	UM	Qty
Ammoniaca come N	g	6,17556
Azoto Ntot	g	5,52
BOD5	g	170
Carbonio organico disciolto DOC	g	1,67
Carbonio organico totale TOC	g	149
Cianuri CN-	g	0,0294

Cloruri Cl-	g	14200
COD	g	465
Output Acqua		
Flusso	UM	Qty
Fenoli	g	0,645
Fosforo Ptot	g	47,6421
Grassi e oli	g	119
HC aromatici	g	3,9
Ioni Al	g	1920
Ioni As	g	3,85
Ioni Ba	g	165
Ioni Cd	g	0,102
Ioni Cr III	g	23,3
Ioni Cu	g	9,61
Ioni Fe	g	790
Ioni Hg	g	0,0156
Ioni metallici totali	g	223
Ioni Ni	g	9,69
Ioni Pb	g	9,74
Ioni Zn	g	19,3
Nitrati NO ₃ -	g	6,04
Organici Alogenati Adsorbibili AOX	g	0,516
PAH policiclici aromatici	g	0,0567
Sali (non specificati)	g	7820
Solfati SO ₄ --	g	8950
Solfuri S--	g	0,138
Sostanze clorurate	g	0,0058
Sostanze radioattive	kBq	4300

Sostanze sospese	g	392
Toluene	g	0,533

Output Aria		
Flusso	UM	Qty
Acido cloridrico HCl	g	86,3
Acido fluoridrico HF	g	11
Acido solfidrico H ₂ S	g	9,9
Ammoniaca NH ₃	g	1,97
Benzene C ₆ H ₆	g	2,27
Biossido di carbonio CO ₂ (foss)	g	295000 0
Cadmio Cd	g	0,107
COV non metanici	g	1000
Cromo Cr	g	0,14
Halon-1301	g	0,0207
HC alogenati	g	0,0001
HC aromatici	g	5,23
Manganese Mn	g	1,74
Mercurio Hg	g	0,0157
Metalli totali	g	25,5
Metano CH ₄	g	10800
Monossido di carbonio CO	g	18500
Nichel Ni	g	1,76
Ossidi di azoto NOx	g	4540
Ossidi di zolfo SO ₂	g	6180
PAH policiclici aromatici	g	0,0277

Piombo Pb	g	4,58
Polveri	g	1410
Protossido di azoto N ₂ O	g	9,52
Rame Cu	g	0,26
Sostanze radioattive	kBq	466000

Output Aria		
Flusso	UM	Qty
Tallio Tl	g	0,04
Vanadio V	g	0,01
Zinco Zn	g	0,266

Output Suolo		
Flusso	UM	Qty
-		

Output Tecnosfera		
Flusso	UM	Qty
Materie Recuperate	kg	33
Materie Recuperate	kg	518,1
Rifiuti Inerti	kg	67

Tabella 3 - LCI produzione di 1 kg di acciaio in lamiera (banca dati ANPA)

Il bilancio di massa del motore è il seguente:

Acciaio	180 kg
Rame	50 kg

Per cui è necessario moltiplicare tutti i valori di LCI riportati nella Tabella 3 per il peso dell'acciaio laminato che costituisce il motore, ovvero 180 kg.

Lo stesso procedimento si effettua per tutti gli altri materiali elencati nel bilancio di massa (solo il rame nel nostro caso).

A questo punto si effettua la sommatoria degli inventari per tipologia di materiale, per cui si ottiene il risultato della LCI relativa alla produzione dei componenti costituenti il motore.

Per quanto riguarda la fase di esercizio e la sua contabilizzazione, bisogna valutare l'energia dissipata dal motore durante l'arco di vita. E' quindi necessario stabilire uno scenario di esercizio.

Nell'ipotesi di funzionamento continuativo per 10 anni, si suppone che il motore dissipi 18.800 GJ.

Ogni MJ di energia elettrica si traduce ancora in una tabella LCI contenente materie prime ed emissioni i cui quantitativi dipendono dal mix energetico del Paese in cui l'energia viene dissipata.

Solitamente non è noto a priori la destinazione del prodotto, per cui è consigliabile utilizzare i dati relativi al mix energetico europeo.

Effettuata la sommatoria di tutti i contributi della LCI per tutte le fasi del ciclo di vita esaminate si procede alla valutazione degli impatti.

6.5 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Il contributo delle diverse emissioni tradotte dalla LCI, e quindi l'impatto, viene quantificato in base all'attuale conoscenza scientifica.

Una stessa sostanza può contribuire a più fenomeni d'impatto, provocando effetti a catena spesso di difficile interpretazione, mentre ognuno dei potenziali

effetti ambientali è caratterizzato da una sfera d'influenza che può essere globale, regionale oppure locale.

I valori dei potenziali effetti ambientali sono ottenuti utilizzando i fattori di caratterizzazione che in questo esempio sono tratti da:

- "Environmental life cycle assessment of products, Guide - October 1992", R. Heijungs (ed.), Centre of Environmental Science, Leiden, 1992
- "Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment", L-G Lindfors & al, Nord 1995:20
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change), 1996

Il potenziale impatto "PI" sulla specifica categoria viene calcolato tramite la sommatoria dei contributi delle "i" sostanze (emissioni) derivanti dall'analisi dell'inventario.

$$PI = \sum_i PI_i$$

dove il contributo della sostanza i-esima è dato dal prodotto del quantitativo di tale emissione (M_i), associato al ciclo di vita del prodotto, moltiplicato per il suo fattore di caratterizzazione rispetto all'indicatore (es. CO2 per il GWP).

$$PI_i = M_i * \textit{equivalente}$$

Un caso a parte è il consumo di risorse non rinnovabili per cui si è utilizzato come fattore di AD l'inverso dei rimanenti anni di disponibilità della materia prima i-esima, ottenuti come rapporto tra le riserve (R_i) e la produzione annua (P_i).

$$ADF_i = \frac{1}{R_i/P_i}$$

$$Abiotic\ Depletion = \sum_i ADF_i * m_i \quad kg/anno$$

dove con m_i si indica la massa consumata.

In seguito sono riportati i potenziali impatti ambientali per kg relativi ai materiali utilizzati nell'esempio del motore⁴. E' riportato, in tabella, anche il potenziale impatto associato all'utilizzo di 1 MJ prodotto con il mix energetico europeo.

Categoria	1 kg di Rame in filo	1 kg di Acciaio	1 MJ di Elettricit� europea
ADP (kg/anno)	5,57E-02	1,13E-02	4,85E-04
AP (kg/SO ₂ eq.)	4,01E-02	3,13E-02	8,80E-04
GWP 100 (kg/CO ₂ eq.)	6,65E+00	3,94E+00	1,41E-01
NP (kg PO ₄ eq.)	5,08E-03	1,11E-03	3,78E-05
POCP (kg/C ₂ H ₂ eq.)	3,75E-03	5,49E-03	3,12E-05

Tabella 4 - Contributi unitari agli impatti

Quindi suddividendo i contributi agli impatti nelle voci produzione ed esercizio si ottiene:

⁴ Non sono stati utilizzati i dati di LCI provenienti dalla banca dati ANPA. Qualora questo esempio venga svolto come esercizio la verifica dei risultati pu  essere comunque fatta in quanto il risultato non dovrebbe discostarsi del 10%.

Categoria	Produzione	Esercizio	Totale
ADP (kg/anno)	4,81E+00	9,12E+03	9,12E+03
AP (kg/SO ₂ eq.)	7,65E+00	1,65E+04	1,66E+04
GWP 100 (kg/CO ₂ eq.)	1,04E+03	2,65E+06	2,65E+06
NP (kg PO ₄ eq.)	4,53E-01	7,11E+02	7,11E+02
ODP (kg/CFC ₁₁ eq.)	5,60E-05	1,64E-01	1,64E-01
POCP (kg/C ₂ H ₂ eq.)	1,18E+00	5,87E+02	5,88E+02

Tabella 5 - Contributi per fase agli impatti

Esprimendo i risultati in termini percentuali si evidenzia il preponderante contributo ai potenziali impatti dovuto alla fase di esercizio superiore al 99% in tutte le categorie.

Risultati	Produzione	Esercizio	Totale
ADP	0,05%	99,95%	100,00%
AP	0,05%	99,95%	100,00%
GWP 100	0,04%	99,96%	100,00%
NP	0,06%	99,94%	100,00%
ODP	0,03%	99,97%	100,00%
POCP	0,20%	99,80%	100,00%

Tabella 6 - Risultati in termini percentuali

6.6 INTEGRAZIONE DELLA LCA NELLA FASE DI PROGETTO

Il dimensionamento del motore è solitamente effettuato in modo da minimizzare una funzione costo che tiene conto del:

- Costo dei materiali (Cs)
- Costo di assemblaggio (Cm)

a queste voci è possibile aggiungere un costo ambientale (C_a), per cui la funzione da ottimizzare sarà del tipo:

$$F = a * C_s + b * C_m + c * C_a$$

è chiaro che il peso dei coefficienti (a , b , c) dipende dalla sensibilità del produttore ed ancor più dei clienti alle problematiche ambientali.

Il costo ambientale non è semplicemente quantificabile ma è possibile stimarlo qualitativamente traducendo i dati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita del prodotto in "unità di costo ambientale". Allo scopo si possono utilizzare metodi di aggregazione quali il "Environmental Priority Strategies in Design - EPS" o il "Tellus"¹.

I contributi dei termini della funzione costo al variare delle grandezze di progetto del motore sono del tipo illustrato in figura 6

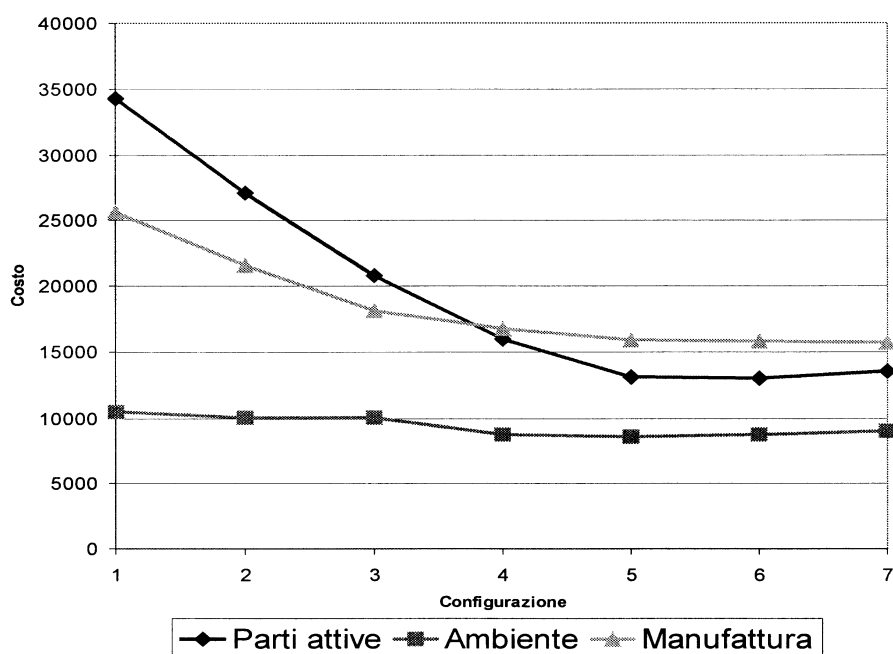


Figura 6- Ricerca del minimo della funzione costo per il dimensionamento di un motore.

¹ Questi metodi attraverso modelli traducono i potenziali danni all'ambiente prodotti da emissioni e consumi di materie prime in costi. L'elemento di soggettività che introducono è relativo alla disponibilità della Comunità di pagare più un tipo di risanamento piuttosto che un altro. In particolare EPS dà molto peso al consumo di risorse mentre Tellus attribuisce più importanza alle emissioni

Come emerge dalla figura, in questo modo, il contributo del costo ambientale influisce nella scelta della soluzione ottimale. L'attesa crescita della sensibilità alle problematiche ambientali da parte di produttori, clienti e istituzioni causerà l'incremento della costante "c" e quindi un futuro sviluppo di prodotti sempre più ambientalmente sostenibili.

7 BANCA DATI ANPA

ANPA ha coordinato lo sviluppo di una banca dati nazionale per le analisi di ciclo di vita, denominata I-LCA, allegata al presente documento. Si tratta di una banca dati pubblica che fornisce dati sugli impatti ambientali dei prodotti e dei servizi, con riferimento alla realtà italiana.

Essa si rivolge:

- al mondo delle imprese,
- ai decisori e pianificatori pubblici,
- a coloro che sviluppano studi e ricerche, quindi Università, Enti di ricerca, organizzazioni non governative (ambientalisti, consumatori).

I dati possono essere impiegati per:

- studi di LCA comparativi per l'individuazione di materiali e tecnologie più rispettosi dell'ambiente,
- individuazione di indicatori di performance che permettano di controllare nel tempo l'evoluzione delle prestazioni ambientali dei diversi comparti produttivi,
- supporto alla diffusione di valutazioni sulle prestazioni ambientali dei prodotti (es. Dichiarazioni Ambientali di Prodotto),

- esecuzione di valutazioni per la predisposizione di Piani territoriali per la gestione del fine vita dei prodotti,
- supporto a studi ambientali di varia tipologia.

La banca dati I-LCA (struttura e contenuti) è ampliata ed aggiornata periodicamente, in funzione della disponibilità di nuovi dati e secondo il principio del miglioramento continuo.



FEDERAZIONE
NAZIONALE IMPRESE
ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE

GUIDA ALL'ANALISI DEL CICLO DI VITA

Soprattutto in questi ultimi anni si avverte sempre più pressante il bisogno di adeguare la realtà produttiva ai principi dello sviluppo sostenibile. In questa nuova ottica sorge l'esigenza per le aziende di strumenti d'indagine sempre più approfonditi che servano da supporto al processo decisionale. L'Analisi del Ciclo di Vita nasce appunto con questo scopo. Questa guida, creata in collaborazione coi rappresentanti del mondo produttivo, si propone di fornire alle aziende e agli attori interessati una descrizione generale di cosa sia LCA, dei suoi ambiti e limiti di applicazione anche attraverso la presentazione di un esempio pratico. Sono inoltre riportati vari riferimenti per chiunque volesse approfondire la conoscenza di questo strumento che è destinato a diventare una parte fondamentale dei nostri processi gestionali e decisionali.

SERVIZIO CENTRALE AMBIENTE

Via Gattamelata 34
20149 Milano
Tel: +39-02 3264275 Fax: +39-02 3664247
<http://www.anie.it>
e-mail: ambiente@anie.it